

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2000

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30. – COEFFICIENT 1

L'usage des calculatrices est **AUTORISÉ**

Les données sont en italique



Obligatoire

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Le grand accélérateur national d'ions lourds (GANIL).
- II. Histoire de pendules.
- III. Synthèse d'un savon.
- IV. Solubilité du phénol.

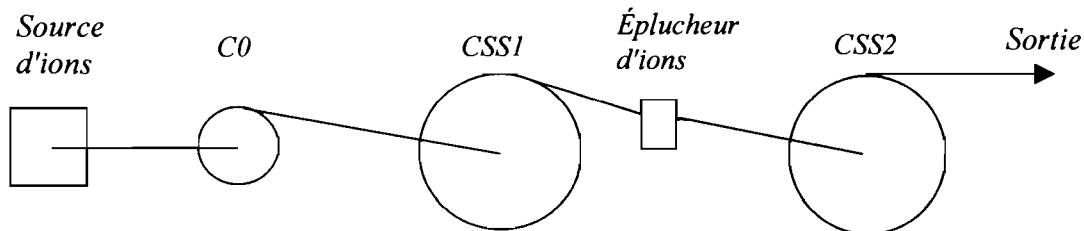
I. LE GRAND ACCÉLÉRATEUR NATIONAL D'IONS LOURD

(5,5 points)

Le Grand Accélérateur National d'Ions Lourds GANIL permet d'accélérer des ions lourds **fortement** chargés.

Le GANIL comporte :

- un cyclotron injecteur (C0) relié à une source d'ions ;
- deux cyclotrons identiques (CSS1) et (CSS2) qui accélèrent les ions fournis par le cyclotron injecteur (C0) ;
- un "éplucheur" d'ions situé entre les cyclotrons (CSS1) et (CSS2), dont le rôle sera étudié dans la partie 2 de cet exercice. On considère qu'il ne modifie pas l'énergie cinétique des ions le traversant.



1. Étude du cyclotron injecteur (C0).

Dans cette partie, on considère un ion de charge q **positive** et de masse m arrivant dans le cyclotron (C0) au point A, centre du dispositif, avec une vitesse considérée comme nulle : voir schéma de la feuille annexe page 10. Le poids de l'ion est négligeable devant les autres forces.

Le cyclotron (C0) est constitué de deux demi-cylindres D_1 et D_2 en forme de "D" séparés par un espace étroit.

À l'intérieur de chaque "D" règne un champ magnétique \vec{B} , uniforme et constant, de direction parallèle à l'axe Oz (de vecteur unitaire \vec{k}) et de valeur constante B . Dans l'intervalle situé entre les deux "D" règne un champ électrique \vec{E} associé à la tension u (voir schéma de la feuille annexe page 10). Sous l'action de ces deux champs \vec{E} et \vec{B} , le mouvement de l'ion dans le cyclotron a une trajectoire dont une partie (de A à A_6) a été représentée sur le schéma de la feuille annexe.

1.1. Action du champ magnétique.

1.1.a. Représenter, en justifiant, sur le schéma de la feuille annexe page 10 (**À RENDRE AVEC LA COPIE**), au point A_2 de la trajectoire de l'ion dans le cyclotron, le vecteur vitesse \vec{v}_2 de l'ion et la force magnétique \vec{f}_m qui s'exerce sur l'ion. En déduire le sens du champ magnétique \vec{B} , le représenter sur le schéma.

1.1.b. Montrer que l'action du champ \vec{B} ne permet pas d'accroître l'énergie cinétique de l'ion de vecteur vitesse \vec{v} .

1.1.c. On précise que dans un "D", le mouvement de l'ion est circulaire uniforme et on rappelle que dans un "D" le rayon de la trajectoire est $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$.

Montrer que la durée de passage, notée t_p , dans un demi-cylindre ne dépend pas de la valeur v de la vitesse de l'ion.

1.2. Étude de la tension u .

Pour accroître l'énergie cinétique de l'ion, on utilise l'action du champ électrique \vec{E} résultant de la tension u appliquée entre les deux "D". On considère que pendant la durée très courte de passage de l'ion d'un "D" à l'autre, la tension u reste constante.

II. HISTOIRE DE PENDULES (5,5 points)

On appelle pendule simple un système constitué d'un objet dense, de masse m , suspendu à un fil inextensible, de longueur l et de masse négligeable devant m , accroché à une extrémité fixe ; la taille de l'objet est négligeable devant l .

On se propose dans cet exercice d'étudier différents aspects de ce modèle physique.

1. Aperçu historique.

Extrait de « Discours et démonstrations » de Galilée (1564-1642).
 Il s'agit d'une discussion entre Salviati (Galilée) et Sagrédo (l'un de ses élèves).
Salviati : Pour obtenir un premier pendule dont la durée d'oscillation soit le double de celui d'un second pendule, il convient de donner au premier une longueur quadruple de celle du second.
Sagédo : Si j'ai bien compris, je pourrais donc aisément connaître la longueur d'une corde, quand bien même son point de suspension serait invisible et que l'on apercevrait seulement son extrémité inférieure. Si en effet j'attache en cette partie de la corde, une « masse » fort lourde, à laquelle je communique un mouvement de va et vient, et si un ami compte le nombre de ses oscillations pendant que moi-même je compte les oscillations effectuées par un autre pendule suspendu à un fil mesurant exactement une coudée, alors grâce au nombre des oscillations de ces deux pendules pendant une même durée, je trouverai la longueur de la corde ; supposons par exemple que mon ami ait compté vingt oscillations de la grande corde, dans la même durée où j'en comptais deux cent quarante pour mon fil long d'une coudée ...

1.1. L'affirmation de Salviati.

On considère qu'une oscillation correspond à un mouvement d'aller et de retour du pendule.

1.1.a. Quelle grandeur physique est désignée par l'expression « la durée d'une oscillation » ?

1.1.b. Montrer qu'une seule des propositions suivantes satisfait à l'affirmation de Salviati :

Proposition n°	1	2	3
La durée d'oscillation est proportionnelle à	$\frac{1}{l}$	\sqrt{l}	l^2

1.2. La réponse de Sagrédo.

On note respectivement l_1 et T_1 la longueur et la durée d'une oscillation du pendule de Sagrédo, l_2 et T_2 la longueur et la durée d'une oscillation du pendule de l'ami de Sagrédo.

On admet qu'une coudée équivaut à 50 cm : $l_1 = 50$ cm.

1.2.a. En utilisant la réponse de Sagrédo, déterminer la valeur numérique du rapport $\frac{T_2}{T_1}$.

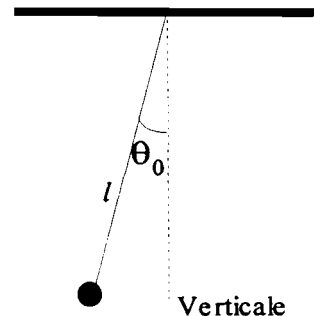
1.2.b. Calculer la longueur l_2 à partir des réponses aux questions 1.1.b. et 1.2.a.

2. Étude expérimentale.

On se propose maintenant d'étudier expérimentalement l'influence de différents paramètres sur la durée d'une oscillation d'un pendule simple. Pour cela, on utilise un fil inextensible de longueur l et de masse considérée comme nulle. Les objets denses de masse m , suspendus au fil, sont suffisamment petits pour que leur taille soit négligeable devant l .

Le pendule ainsi constitué est écarté de sa position d'équilibre d'un angle θ_0 petit (inférieur à 10°) puis lâché sans vitesse initiale. On obtient alors des oscillations libres amorties dont la durée d'une oscillation ou pseudo-période est notée T . On mesure à l'aide d'un chronomètre la durée Δt nécessaire au pendule pour réaliser 20 oscillations.

2.1. Influence de la masse.



On réalise une série de mesures de Δt avec un fil de longueur $l = 24,4 \text{ cm}$ et différents objets de masse m . On obtient les mesures suivantes :

m (en g)	60	125	160	200
Δt (en s)	19,9	19,8	19,9	19,9

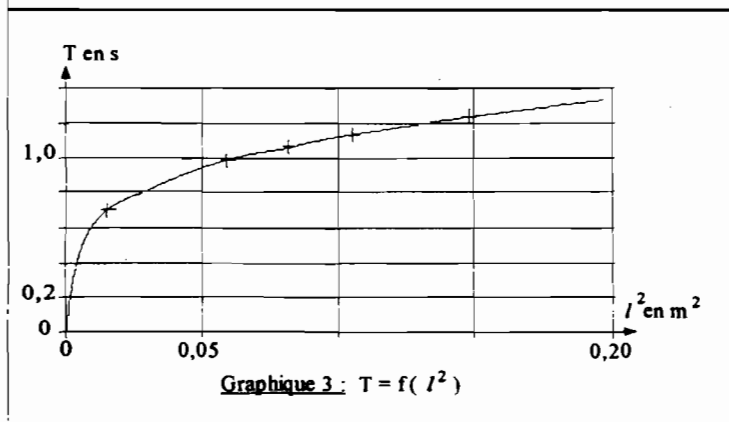
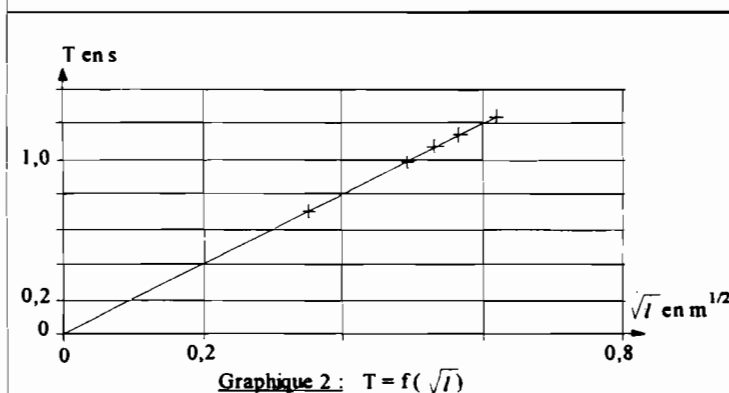
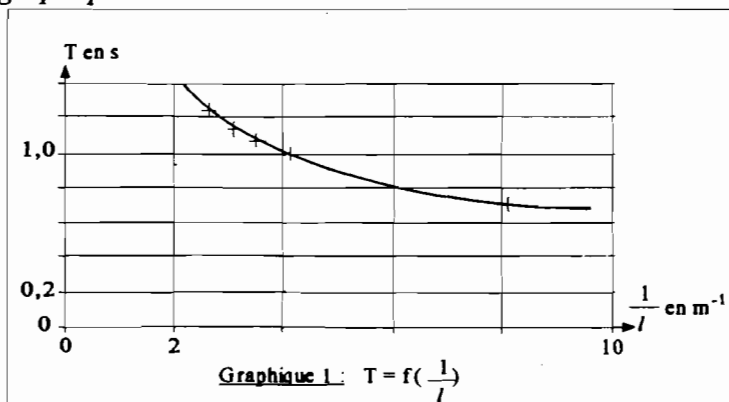
Que peut-on en déduire quant à l'influence de la masse sur la pseudo-période du pendule ?

2.2. Influence de la longueur.

On suspend maintenant un objet de masse $m = 125 \text{ g}$ et on fait varier la longueur du fil. On obtient les mesures suivantes :

l (en cm)	12,3	24,4	28,6	32,4	38,5
Δt (en s)	14,1	19,8	21,4	22,8	24,9

On trace alors trois graphiques :



2.2.a. Quel est le graphique le plus simple à exploiter ?

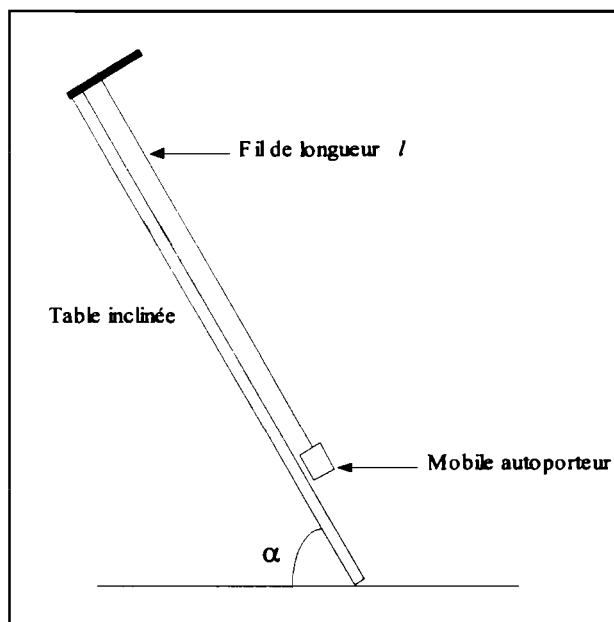
2.2.b. La relation littérale entre T et l peut alors s'écrire $T = k \cdot l^a$. Donner les valeurs de a et k.

2.3. Influence de la valeur du champ de pesanteur.

On ne peut pas modifier la valeur g du champ de pesanteur. Toutefois, grâce au dispositif représenté ci-contre, tout se passe comme si le pendule était vertical et placé dans un champ de pesanteur de valeur g' tel que :

$$g' = g \cdot \sin \alpha \text{ avec } g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Description du dispositif : sur une table inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale, un petit mobile autoporteur de masse $m = 125 \text{ g}$ est suspendu à un point fixe, par un fil de longueur $l = 24,4 \text{ cm}$.



Pour différentes valeurs de α (on modifie alors la valeur de g'), on mesure la durée Δt de 20 oscillations de faible amplitude. On obtient les mesures suivantes :

α (en °)	90	70	50	30	20	10
Δt (en s)	19,9	20,6	22,6	28,2	33,9	46,5
$\left(\frac{1}{\sqrt{g'}}\right)$ (en $\text{m}^{-1/2} \cdot \text{s}$)	0,32	0,33	0,36	0,45	0,55	0,77

2.3.a. Tracer, sur papier millimétré, la courbe représentative des variations de T en fonction

de $\left(\frac{1}{\sqrt{g'}}\right)$ (Échelles : en abscisses 1 cm pour $0,05 \text{ m}^{-1/2} \cdot \text{s}$ et en ordonnées 1 cm pour 0,2 s).

2.3.b. Donner, sous forme littérale, l'équation de cette courbe.

3. Conclusion.

3.1. La pseudo-période peut se mettre sous la forme : $T = C \sqrt{\frac{l}{g}}$ où C est une constante. Montrer que C est une grandeur sans dimension.

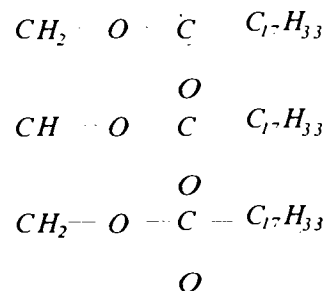
3.2. Déterminer la valeur de C à partir de la valeur de k obtenue au 2.2.b.

III. SYNTHÈSE D'UN SAVON (1 point)

Pour réaliser la synthèse d'un savon, on fait réagir de l'huile alimentaire avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) en présence de chlorure de tétrabutylammonium. Le mélange est chauffé modérément. Le chlorure de tétrabutylammonium n'apparaît pas dans l'équation-bilan de la réaction.

1. Étude de la réaction de saponification.

Une huile alimentaire est constituée de triglycérides. On considère le triglycéride appelé oléine, dont la formule semi-développée est donnée ci-contre.



1.1. Donner la formule, le nom et le nombre des groupes fonctionnels (ou caractéristiques) oxygénés présents dans la molécule d'oléine.

1.2. Donner le schéma de Lewis de l'ion hydroxyde.

1.3. Écrire l'équation-bilan de la réaction de saponification de l'oléine.

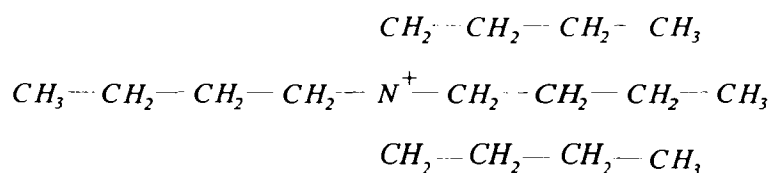
1.4. Qu'appelle-t-on site électrophile ? site nucléophile ? Identifier, dans les réactifs de la saponification, les sites électrophile(s) et nucléophile(s) qui interviennent.

1.5. Quelle(s) est (ou sont) la (ou les) caractéristique(s) de la réaction de saponification ?

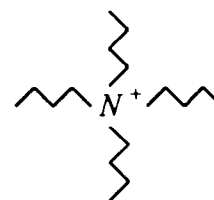
2. Rôle du chlorure de tétrabutylammonium.

Une des difficultés rencontrées lors de la saponification provient du fait que l'huile n'est pas miscible à l'eau : on est en présence d'une phase aqueuse contenant l'ion hydroxyde et d'une phase organique contenant le triglycéride. On cherche donc à « transférer » l'ion hydroxyde en phase organique. Pour cela, on ajoute du chlorure de tétrabutylammonium.

La formule semi-développée de l'ion tétrabutylammonium et sa représentation sont données ci-dessous :



Formule semi-développée (1)



Représentation (2)

2.1. Reproduire la représentation (2). Entourer, sur cette représentation, la (ou les) partie(s) hydrophobe(s) de l'ion tétrabutylammonium.

2.2. Après le passage de l'ion tétrabutylammonium dans la phase organique, la neutralité électrique de cette phase doit être maintenue.

Indiquer, parmi les espèces chimiques suivantes : Cl^- , H_3O^+ , H_2O , Na^+ , HO^- , celles qui sont susceptibles d'être entraînées dans la phase organique.

L'une des espèces chimiques entraînées dans la phase organique est indispensable à la réaction de saponification.

2.3. En présence de chlorure de tétrabutylammonium, on réalise la saponification plus rapidement et avec un chauffage plus doux.

Justifier le nom de catalyseur de transfert de phase que l'on donne au chlorure de tétrabutylammonium.

IV. SOLUBILITÉ DU PHÉNOL (5 points)

Pour une température de 25 °C et sous une pression de 1 bar, le phénol est un solide faiblement soluble dans l'eau. Il est irritant pour la peau. Sa formule est C_6H_5OH . Sa masse molaire moléculaire est : $M = 94 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

En solution aqueuse, le phénol est un monoacide faible dont la base conjuguée est l'ion phénolate de formule $C_6H_5O^-$.

On se propose de déterminer expérimentalement, à 25 °C, la solubilité du phénol dans l'eau c'est-à-dire la masse maximale de phénol dissoute dans un litre de solution aqueuse.

Dans tout l'exercice les solutions étudiées sont à 25 °C.

1. Dans un erlenmeyer, on introduit 10 g de phénol solide et environ 100 mL d'eau distillée. Le mélange est longuement agité. On constate alors qu'il reste un dépôt solide au fond de l'erlenmeyer. On filtre et on obtient une solution aqueuse (S) de phénol de concentration molaire volumique inconnue c .

1.1. Comment peut-on expliquer la présence du dépôt solide malgré la longue agitation ?

1.2. Indiquer, parmi la verrerie proposée ci-dessous, celle qui convient le mieux pour le prélèvement d'environ 100 mL d'eau distillée.

Verrerie : ballon de 250 mL ; becher de 100 mL ; pipette jaugée de 50 mL ; burette graduée de 50 mL ; fiole jaugée de 100 mL ; éprouvette graduée de 100 mL.

2. Pour déterminer la concentration molaire volumique c de la solution aqueuse (S) de phénol, on réalise le dosage d'un volume $V_a = 10,0 \text{ mL}$ de la solution aqueuse (S) par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire volumique $c_b = 1,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le dosage est suivi par pH-métrie ; on en déduit les courbes $\text{pH} = f(V)$ et $\frac{d\text{pH}}{dV} = g(V)$ données sur la **feuille annexe page 11 (À RENDRE AVEC LA COPIE)**, V représentant le volume de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ajouté.

2.1. Le dosage est réalisé avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $c_b = 1,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Quelles précautions doit-on prendre lors de la préparation de la solution (S) et lors de son dosage par la solution d'hydroxyde de sodium indiquée ci-dessus ?

2.2. Réaction du dosage.

2.2.a. Écrire l'équation-bilan de la réaction chimique entre la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium et le phénol.

2.2.b. Exprimer puis calculer la constante K_r de cette réaction.

On donne les $\text{p}K_a$ à 25 °C : couple $C_6H_5OH / C_6H_5O^-$: $\text{p}K_{a1} = 9,9$;

couple H_3O^+ / H_2O : $\text{p}K_{a2} = 0$; couple H_2O / HO^- : $\text{p}K_{a3} = 14$.

2.2.c. Pourquoi cette réaction peut-elle servir de support à un dosage ?

2.2.d. Définir en une phrase l'équivalence acido-basique.

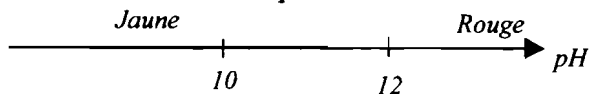
2.3. Exploitation du dosage.

2.3.a. À partir de l'une des courbes données sur la **feuille annexe page 11 (À RENDRE AVEC LA COPIE)**, déterminer le volume V_E de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ajouté à l'équivalence.

2.3.b. En déduire la concentration molaire volumique c de la solution aqueuse (S) de phénol.

2.3.c. Déterminer la solubilité du phénol dans l'eau (à 25 °C).

3. Le dosage précédent a été réalisé par pH-métrie. Or on sait qu'il est possible de réaliser un dosage acido-basique uniquement en présence d'un indicateur coloré judicieusement choisi. On dispose du jaune d'alizarine dont les caractéristiques sont:



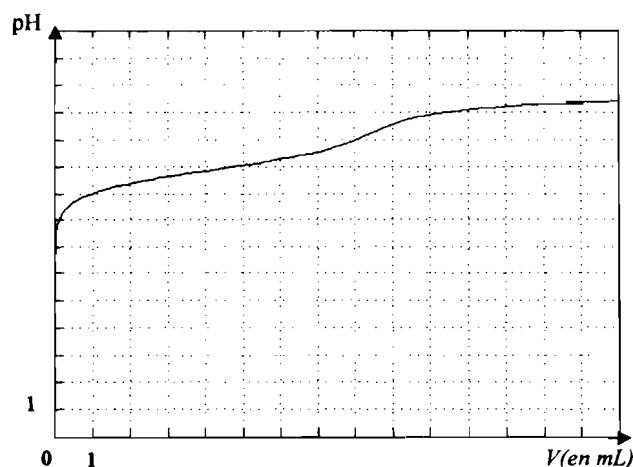
Justifier que l'emploi du jaune d'alizarine **ne permet pas** de repérer avec précision l'équivalence lors du dosage de la solution aqueuse (S).

4. La manipulation de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $c_b = 1,00 \text{ mol.L}^{-1}$ nécessite des précautions (voir 2.1.). On va étudier la possibilité de réaliser le dosage avec des solutions plus diluées. Pour chaque cas envisagé, un logiciel de simulation permet d'obtenir la courbe $\text{pH} = f(V)$.

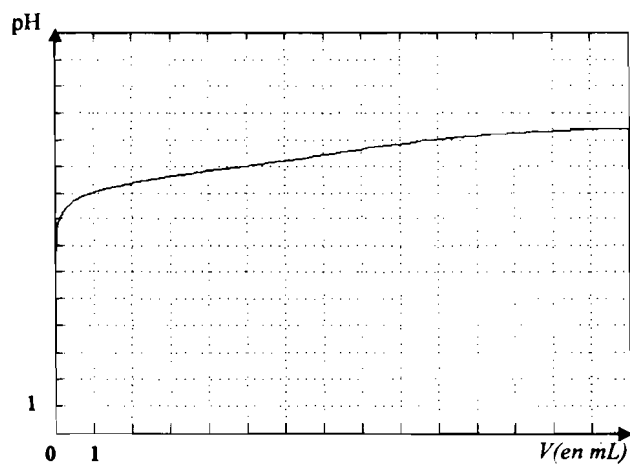
Solution aqueuse de phénol			solution aqueuse d'hydroxyde de sodium	courbe
solution	concentration molaire volumique	volume de la prise d'essai	concentration molaire volumique	numéro
(S ₁)	$c / 10$	10,0 mL	$c_b / 10$	(1)
(S ₂)	$c / 100$	10,0 mL	$c_b / 100$	(2)

4.1. Montrer que, pour chaque cas, le volume de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium correspondant à l'équivalence est le même que celui trouvé expérimentalement au 2.3.a.

4.2. Les courbes (1) et (2) obtenues par simulation, sont reproduites ci-dessous.



courbe (1) : $\text{pH} = f(V)$

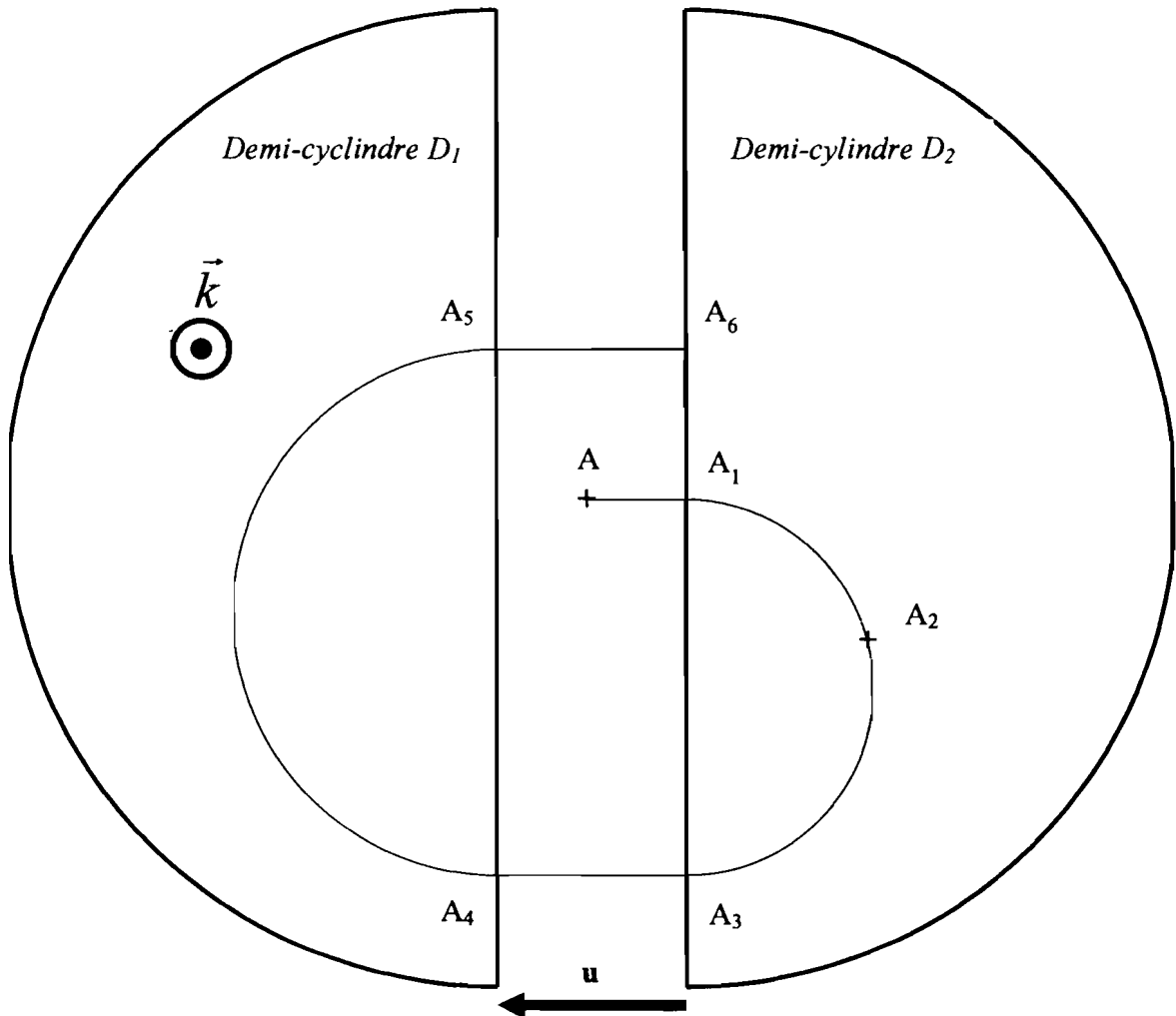


courbe (2) : $\text{pH} = f(V)$

Expliquer pourquoi il n'était pas judicieux d'utiliser des solutions diluées pour réaliser le dosage.

Annexe relative à l'exercice I (À RENDRE AVEC LA COPIE)

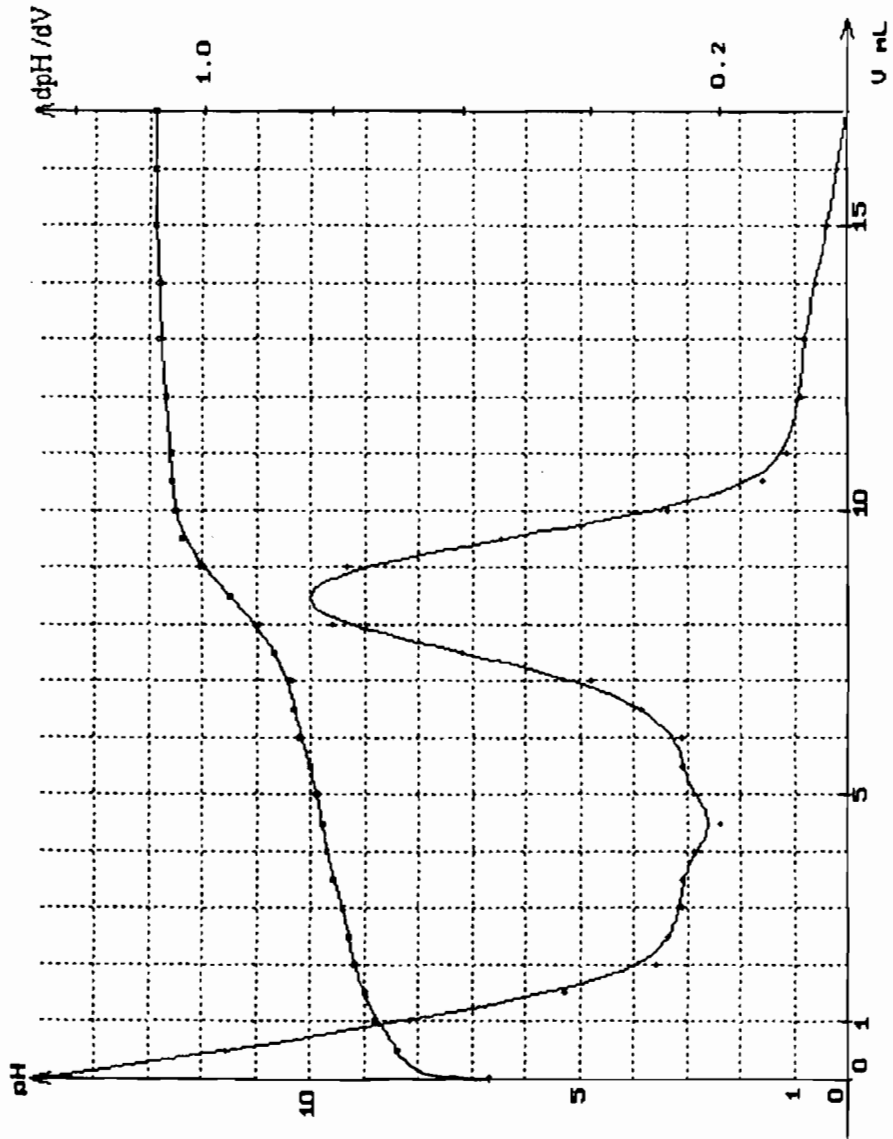
Cyclotron (C0) (vue de dessus)



Par souci de clarté, l'espace entre les deux demi-cylindres a été augmenté.

Annexe relative à l'exercice IV (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Dosage de la solution de phénol (S) par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium :
 $c_b = 1,00 \text{ mol.L}^{-1}$



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2000

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30. – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices est **AUTORISÉ**

Les données sont en italique



Le sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

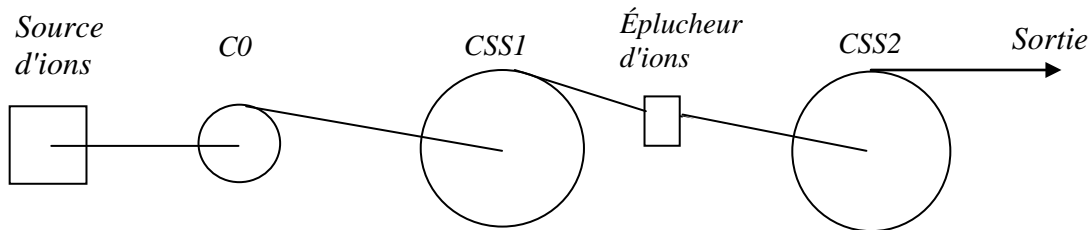
- I. Le grand accélérateur national d'ions lourds (G.A.N.I.L.).
- II. Histoire de pendules.
- III. Synthèse d'un savon.
- IV. Les eaux minérales.

I. LE GRAND ACCÉLÉRATEUR NATIONAL D'IONS LOURDS (G.A.N.I.L.) (5,5 points)

Le Grand Accélérateur National d'Ions Lourds GANIL permet d'accélérer des ions lourds **fortement** chargés.

Le GANIL comporte :

- un cyclotron injecteur (C0) relié à une source d'ions ;
- deux cyclotrons identiques (CSS1) et (CSS2) qui accélèrent les ions fournis par le cyclotron injecteur (C0) ;
- un "éplucheur" d'ions situé entre les cyclotrons (CSS1) et (CSS2), dont le rôle sera étudié dans la partie 2 de cet exercice. On considère qu'il ne modifie pas l'énergie cinétique des ions le traversant.



1. Étude du cyclotron injecteur (C0).

Dans cette partie, on considère un ion de charge q **positive** et de masse m arrivant dans le cyclotron (C0) au point A, centre du dispositif, avec une vitesse considérée comme nulle : **voir schéma de la feuille annexe page 10**. Le poids de l'ion est négligeable devant les autres forces.

Le cyclotron (C0) est constitué de deux demi-cylindres D_1 et D_2 en forme de "D" séparés par un espace étroit.

À l'intérieur de chaque "D" règne un champ magnétique \vec{B} , uniforme et constant, de direction parallèle à l'axe Oz (de vecteur unitaire \vec{k}) et de valeur constante B . Dans l'intervalle situé entre les deux "D" règne un champ électrique \vec{E} associé à la tension u (**voir schéma de la feuille annexe page 10**). Sous l'action de ces deux champs \vec{E} et \vec{B} , le mouvement de l'ion dans le cyclotron a une trajectoire dont une partie (de A à A₆) a été représentée sur le schéma de la feuille annexe.

1.1. Action du champ magnétique.

1.1.a. Représenter, en justifiant, sur le schéma de la feuille annexe page 10 (**À RENDRE AVEC LA COPIE**), au point A₂ de la trajectoire de l'ion dans le cyclotron, le vecteur vitesse \vec{v}_2 de l'ion et la force magnétique \vec{f}_m qui s'exerce sur l'ion. En déduire le sens du champ magnétique \vec{B} , le représenter sur le schéma.

1.1.b. Montrer que l'action du champ \vec{B} ne permet pas d'accroître l'énergie cinétique de l'ion de vecteur vitesse \vec{v} .

1.1.c. On précise que dans un "D", le mouvement de l'ion est circulaire uniforme et on rappelle que dans un "D" le rayon de la trajectoire est $R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$.

Montrer que la durée de passage, notée t_p , dans un demi-cylindre ne dépend pas de la valeur v de la vitesse de l'ion.

1.2. Etude de la tension u .

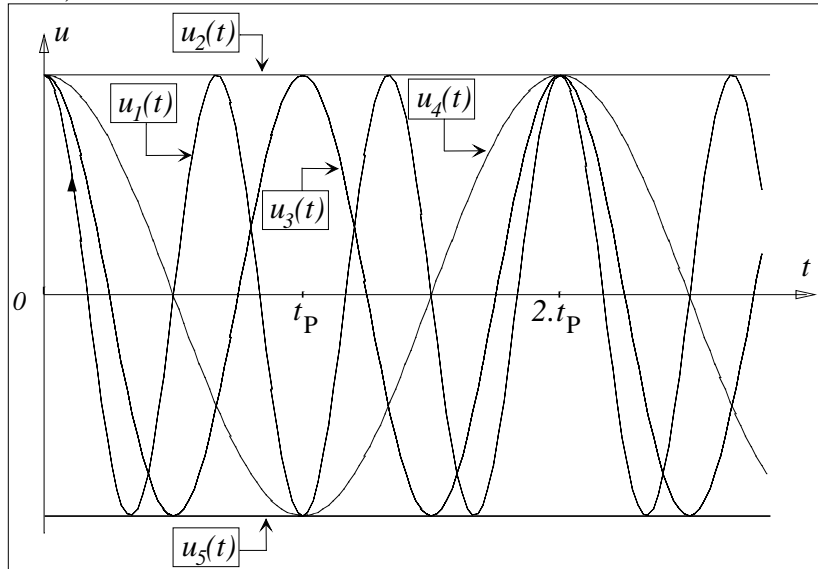
Pour accroître l'énergie cinétique de l'ion, on utilise l'action du champ électrique \vec{E} résultant de la tension u appliquée entre les deux "D". On considère que pendant la durée très courte de passage de l'ion d'un "D" à l'autre, la tension u reste constante.

1.2.a. Déterminer, en fonction de q et u (voir schéma de la feuille annexe), les expressions des variations de l'énergie cinétique de l'ion respectivement entre A_3 et A_4 puis entre A_5 et A_6 .

1.2.b. En déduire si la tension u doit être alternative ou continue. Justifier la réponse.

1.2.c. On peut négliger la durée de passage de l'ion dans l'intervalle entre les deux "D" devant la durée t_P de passage de l'ion dans un demi-cylindre (voir 1.1.c.).

Parmi les tensions représentées indiquer, en justifiant votre réponse, la ou les tensions permettant d'obtenir une accélération de l'ion à chaque passage dans l'intervalle entre les deux "D" (à $t_0 = 0$, l'ion passe au point A_1).



1.3. Ejection.

Après chaque passage dans l'intervalle entre les deux "D", le rayon R de la trajectoire de l'ion dans un "D" augmente. On considèrera que lorsque ce rayon finit par atteindre le rayon R_0 d'un "D" du cyclotron (C0), l'ion est alors éjecté du cyclotron (C0).

1.3.a. Exprimer en fonction de m , q , B et R_0 l'énergie cinétique $E_{C(0)}$ de l'ion lors de son éjection du cyclotron (C0).

1.3.b. Calculer, en MeV, l'énergie cinétique $E_{C(0)}$ d'un ion zinc Zn^{11+} (onze plus) sachant que : $B = 1,67$ T ; $m = 1,06 \times 10^{-25}$ kg ; $R_0 = 0,465$ m ; $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C ; 1 eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J.

2. Rôle de "l'éplucheur" d'ions.

Dans la suite, on admet que le principe de fonctionnement des cyclotrons CSS1 et CSS2 est identique à celui du cyclotron (C0). Par conséquent, la relation établie au 1.3.a. pour l'énergie cinétique de l'ion en fonction de q , m , B et R (rayon de la trajectoire circulaire de l'ion dans un "D") reste valable pour le mouvement de l'ion dans les cyclotrons CSS1 et CSS2.

Pour que le cyclotron CSS2, identique au cyclotron CSS1, joue son rôle d'accélérateur des ions zinc, il faut modifier une caractéristique de l'ion zinc. Un moyen économiquement rentable consiste à modifier la charge de l'ion zinc : c'est le rôle de l'éplucheur.

2.1. Indiquer, en justifiant la réponse, si la charge de l'ion zinc doit diminuer ou augmenter lors de son passage dans l'éplucheur situé entre les cyclotrons CSS1 et CSS2.

2.2. A la sortie du cyclotron CSS1, l'ion Zn^{11+} , d'énergie cinétique $E_{C(1)} = 310$ MeV, traverse l'éplucheur d'ions dans lequel sa charge est modifiée. Puis il pénètre avec l'énergie cinétique $E_{C(1)}$ dans le cyclotron CSS2 identique à CSS1 (même valeur du champ magnétique et même rayon des "D"). Dans CSS2 l'ion zinc, de masse $m = 1,06 \times 10^{-25}$ kg, est accéléré et sort du cyclotron CSS2 avec une énergie cinétique $E_{C(2)} = 1,60 \times 10^3$ MeV.

Déterminer la formule de l'ion zinc qui pénètre dans le cyclotron CSS2 après passage par l'éplucheur d'ions.

II. HISTOIRE DE PENDULES (5,5 points)

On appelle pendule simple un système constitué d'un objet dense, de masse m , suspendu à un fil inextensible, de longueur l et de masse négligeable devant m , accroché à une extrémité fixe ; la taille de l'objet est négligeable devant l .

On se propose dans cet exercice d'étudier différents aspects de ce modèle physique.

I. Aperçu historique.

Extrait de « Discours et démonstrations » de Galilée (1564-1642).

Il s'agit d'une discussion entre Salviati (Galilée) et Sagrédo (l'un de ses élèves).

Salviati : Pour obtenir un premier pendule dont la durée d'oscillation soit le double de celui d'un second pendule, il convient de donner au premier une longueur quadruple de celle du second.

Sagédo : Si j'ai bien compris, je pourrais donc aisément connaître la longueur d'une corde, quand bien même son point de suspension serait invisible et que l'on apercevrait seulement son extrémité inférieure. Si en effet j'attache en cette partie de la corde, une « masse » fort lourde, à laquelle je communique un mouvement de va et vient, et si un ami compte le nombre de ses oscillations pendant que moi-même je compte les oscillations effectuées par un autre pendule suspendu à un fil mesurant exactement une coudée, alors grâce au nombre des oscillations de ces deux pendules pendant une même durée, je trouverai la longueur de la corde ; supposons par exemple que mon ami ait compté vingt oscillations de la grande corde, dans la même durée où j'en comptais deux cent quarante pour mon fil long d'une coudée ...

1.1. L'affirmation de Salviati.

On considère qu'une oscillation correspond à un mouvement d'aller et de retour du pendule.

1.1.a. Quelle grandeur physique est désignée par l'expression « la durée d'une oscillation » ?

1.1.b. Montrer qu'une seule des propositions suivantes satisfait à l'affirmation de Salviati :

Proposition n°	1	2	3
La durée d'oscillation est proportionnelle à	$\frac{1}{l}$	\sqrt{l}	l^2

1.2. La réponse de Sagrédo.

On note respectivement l_1 et T_1 la longueur et la durée d'une oscillation du pendule de Sagrédo, l_2 et T_2 la longueur et la durée d'une oscillation du pendule de l'ami de Sagrédo.

On admet qu'une coudée équivaut à 50 cm : $l_1 = 50$ cm.

1.2.a. En utilisant la réponse de Sagrédo, déterminer la valeur numérique du rapport $\frac{T_2}{T_1}$.

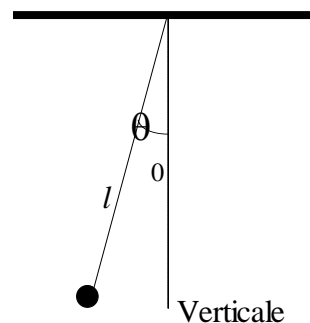
1.2.b. Calculer la longueur l_2 à partir des réponses aux questions 1.1.b. et 1.2.a.

2. Étude expérimentale.

On se propose maintenant d'étudier expérimentalement l'influence de différents paramètres sur la durée d'une oscillation d'un pendule simple. Pour cela, on utilise un fil inextensible de longueur l et de masse considérée comme nulle. Les objets denses de masse m , suspendus au fil, sont suffisamment petits pour que leur taille soit négligeable devant l .

Le pendule ainsi constitué est écarté de sa position d'équilibre d'un angle θ_0 petit (inférieur à 10°) puis lâché sans vitesse initiale. On obtient alors des oscillations libres amorties dont la durée d'une oscillation ou pseudo-période est notée T . On mesure à l'aide d'un chronomètre la durée Δt nécessaire au pendule pour réaliser 20 oscillations.

2.1. Influence de la masse.



On réalise une série de mesures de Δt avec un fil de longueur $l = 24,4 \text{ cm}$ et différents objets de masse m . On obtient les mesures suivantes :

m (en g)	60	125	160	200
Δt (en s)	19,9	19,8	19,9	19,9

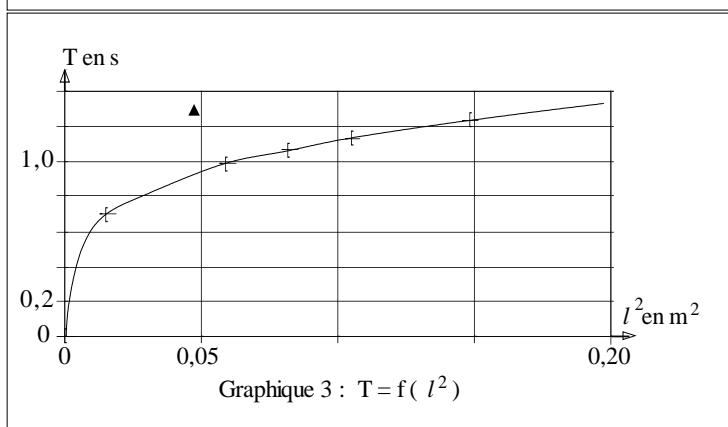
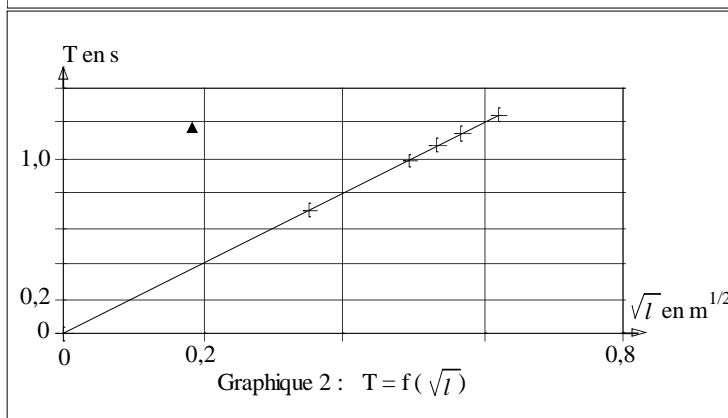
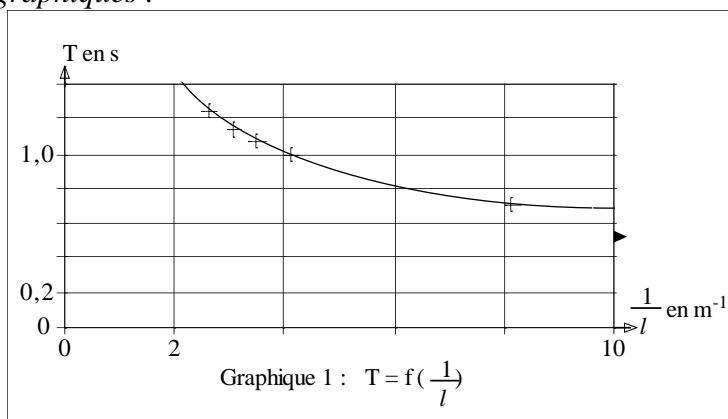
Que peut-on en déduire quant à l'influence de la masse sur la pseudo-période du pendule ?

2.2. Influence de la longueur.

On suspend maintenant un objet de masse $m = 125 \text{ g}$ et on fait varier la longueur du fil. On obtient les mesures suivantes :

l (en cm)	12,3	24,4	28,6	32,4	38,5
Δt (en s)	14,1	19,8	21,4	22,8	24,9

On trace alors trois graphiques :



2.2.a. Quel est le graphique le plus simple à exploiter ?

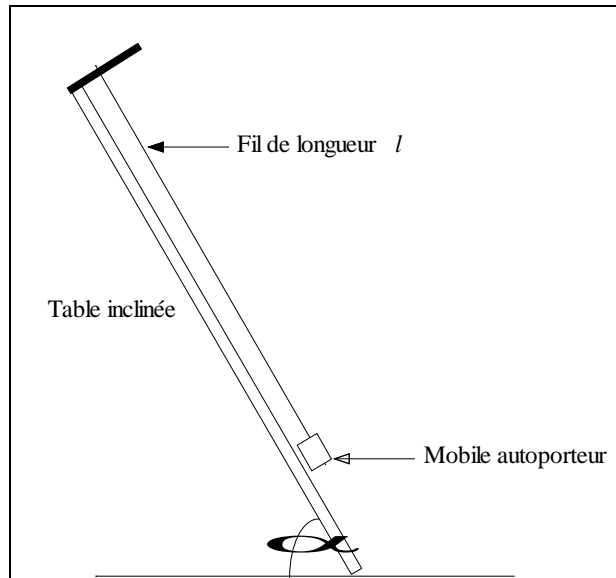
2.2.b. La relation littérale entre T et l peut alors s'écrire $T = k \cdot l^a$. Donner les valeurs de a et k.

2.3. Influence de la valeur du champ de pesanteur.

On ne peut pas modifier la valeur g du champ de pesanteur. Toutefois, grâce au dispositif représenté ci-contre, tout se passe comme si le pendule était vertical et placé dans un champ de pesanteur de valeur g' tel que :

$$g' = g \cdot \sin \alpha \text{ avec } g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

Description du dispositif : sur une table inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale, un petit mobile autoporteur de masse $m = 125 \text{ g}$ est suspendu à un point fixe, par un fil de longueur $l = 24,4 \text{ cm}$.



Pour différentes valeurs de α (on modifie alors la valeur de g'), on mesure la durée Δt de 20 oscillations de faible amplitude. On obtient les mesures suivantes :

α (en $^\circ$)	90	70	50	30	20	10
Δt (en s)	19,9	20,6	22,6	28,2	33,9	46,5
$\left(\frac{1}{\sqrt{g'}}\right)$ (en $\text{m}^{-1/2} \cdot \text{s}$)	0,32	0,33	0,36	0,45	0,55	0,77

2.3.a. Tracer, sur papier millimétré, la courbe représentative des variations de T en fonction

de $\left(\frac{1}{\sqrt{g'}}\right)$ (Échelles : en abscisses 1 cm pour $0,05 \text{ m}^{-1/2} \cdot \text{s}$ et en ordonnées 1 cm pour 0,2 s).

2.3.b. Donner, sous forme littérale, l'équation de cette courbe.

3. Conclusion.

3.1. La pseudo-période peut se mettre sous la forme : $T = C \sqrt{\frac{l}{g}}$ où C est une constante. Montrer que C est une grandeur sans dimension.

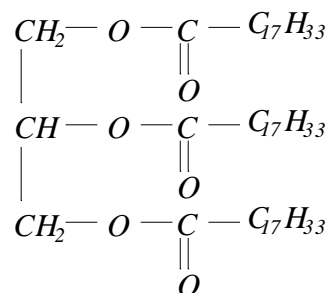
3.2. Déterminer la valeur de C à partir de la valeur de k obtenue au 2.2.b.

III. SYNTHÈSE D'UN SAVON (4 points)

Pour réaliser la synthèse d'un savon, on fait réagir de l'huile alimentaire avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) en présence de chlorure de tétrabutylammonium. Le mélange est chauffé modérément. Le chlorure de tétrabutylammonium n'apparaît pas dans l'équation-bilan de la réaction.

1. Étude de la réaction de saponification.

Une huile alimentaire est constituée de triglycérides. On considère le triglycéride appelé oléine, dont la formule semi-développée est donnée ci-contre.



1.1. Donner la formule, le nom et le nombre des groupes fonctionnels (ou caractéristiques) oxygénés présents dans la molécule d'oléine.

1.2. Donner le schéma de Lewis de l'ion hydroxyde.

1.3. Ecrire l'équation-bilan de la réaction de saponification de l'oléine.

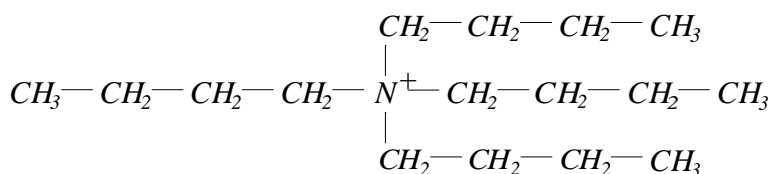
1.4. Qu'appelle-t-on site électrophile ? site nucléophile ? Identifier, dans les réactifs de la saponification, les sites électrophile(s) et nucléophile(s) qui interviennent.

1.5. Quelle(s) est (ou sont) la (ou les) caractéristique(s) de la réaction de saponification ?

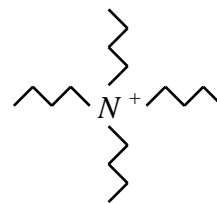
2. Rôle du chlorure de tétrabutylammonium.

Une des difficultés rencontrées lors de la saponification provient du fait que l'huile n'est pas miscible à l'eau : on est en présence d'une phase aqueuse contenant l'ion hydroxyde et d'une phase organique contenant le triglycéride. On cherche donc à « transférer » l'ion hydroxyde en phase organique. Pour cela, on ajoute du chlorure de tétrabutylammonium.

La formule semi-développée de l'ion tétrabutylammonium et sa représentation sont données ci-dessous :



Formule semi-développée (1)



Représentation (2)

2.1. Reproduire la représentation (2). Entourer, sur cette représentation, la (ou les) partie(s) hydrophobe(s) de l'ion tétrabutylammonium.

2.2. Après le passage de l'ion tétrabutylammonium dans la phase organique, la neutralité électrique de cette phase doit être maintenue.

Indiquer, parmi les espèces chimiques suivantes : Cl^- , H_3O^+ , H_2O , Na^+ , HO^- , celles qui sont susceptibles d'être entraînées dans la phase organique.

L'une des espèces chimiques entraînées dans la phase organique est indispensable à la réaction de saponification.

2.3. En présence de chlorure de tétrabutylammonium, on réalise la saponification plus rapidement et avec un chauffage plus doux.

Justifier le nom de catalyseur de transfert de phase que l'on donne au chlorure de tétrabutylammonium.

IV. LES EAUX MINÉRALES (5 points)

On se propose, au cours d'une séance d'activités expérimentales, d'identifier trois eaux minérales et de réaliser le dosage des ions chlorure d'une des eaux minérales.

Données :

Les tests, utilisés dans la question 1, permettant l'identification des ions chlorure, sulfate, hydrogénocarbonate (ou bicarbonate) et calcium, présents en concentration suffisante, sont donnés dans le tableau suivant : tableau n° I.

Test : réactif et observation	Nom de l'ion identifié	Test complémentaire éventuel : nature du test et observation
Réactif : nitrate d'argent. Observation : précipité blanc .	Ion chlorure ou ion sulfate	Ajout d'acide nitrique afin d'avoir un pH < 3 : dissolution du précipité de sulfate d'argent ; le précipité de chlorure d'argent persiste.
Réactif : chlorure de baryum. Observation : précipité blanc .	Ion sulfate	
Réactif : acide chlorhydrique. Observation : dégagement gazeux.	Ion hydrogénocarbonate	
Réactif : oxalate d'ammonium. Observation : précipité blanc .	Ion calcium	

Masse molaire atomique : $M_{Cl} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

Couples acide-base : $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$: $pK_{a1} = 6,2$;

$\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$: $pK_{a2} = 10,2$.

Le tableau n° II ci-dessous donne, pour trois eaux minérales, la concentration massique volumique exprimée en mg/L pour les ions étudiés ainsi que le pH de l'eau (indications lues sur les étiquettes).

	eau minérale n° 1	eau minérale n° 2	eau minérale n° 3
Ion chlorure		8,4	235
Ion sulfate	1479	6,9	138
Ion hydrogénocarbonate	403	65,3	2989
Ion calcium	555	9,9	103
pH	7,0	7,0	6,8

Lors de la séance d'activités expérimentales, on dispose de trois flacons identifiés A, B et C, et contenant chacun l'une des eaux minérales du tableau n° II. On se propose de retrouver, pour chaque flacon, l'eau minérale qu'il contient. Pour cela on effectue différents tests pour chacune des eaux contenues dans les flacons.

Les tests sont réalisés en prenant 3 mL d'eau minérale et 1 mL de réactif. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant : tableau n° III.

Réactif	Flacon A : observations	Flacon B : observations	Flacon C : observations
Solution de nitrate d'argent (0,1 mol.L ⁻¹)	abondant précipité blanc	abondant précipité blanc	très léger précipité blanc
Test complémentaire : ajout d'acide nitrique	précipité moins abondant.	disparition du précipité.	pas de modification.
Solution de chlorure de baryum (0,5 mol.L ⁻¹)	léger précipité blanc	abondant précipité blanc	pas de précipité visible
Solution d'acide chlorhydrique (5 mol.L ⁻¹)	dégagement gazeux	pas de dégagement gazeux visible	pas de dégagement gazeux visible
Solution d'oxalate d'ammonium (0,1 mol.L ⁻¹)	précipité blanc en quantité moyenne	abondant précipité blanc	pas de précipité visible

1. Identification des eaux minérales.

1.1. Placer, sur un axe des pH, les domaines de prédominance des acides et des bases des deux couples faisant intervenir l'ion hydrogénocarbonate HCO₃⁻. Justifier le fait que, dans le tableau n° II, l'ion carbonate CO₃²⁻ n'apparaisse pas.

1.2. Lorsque le test des ions hydrogénocarbonate est positif, on a un dégagement gazeux (voir tableau n° I).

Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit. Nommer le gaz formé.

1.3. Déduire du tableau n° III, en justifiant les réponses, la nature des ions ayant été mis en évidence dans chacun des flacons A, B et C.

1.4. Identifier, en justifiant les réponses, l'eau minérale présente dans chacun des flacons A, B et C (on utilisera le tableau II, les résultats de la question précédente et les commentaires du tableau n° III relatifs à l'abondance des précipités ou du dégagement gazeux observés).

2. Dosage des ions chlorure dans l'eau minérale n° 3.

2.1. L'eau minérale n° 3 est une eau gazeuse. Avant de réaliser le dosage des ions chlorure, il faut dégazer cette eau.

Nommer un procédé permettant de réaliser cette opération (aucun schéma n'est demandé).

2.2. Le dosage des ions chlorure est réalisé par la méthode de Mohr :

- on introduit, dans un erlenmeyer, un volume $V_0 = 50,0$ mL de l'eau minérale n° 3 et 10 gouttes d'une solution aqueuse de chromate de potassium ;

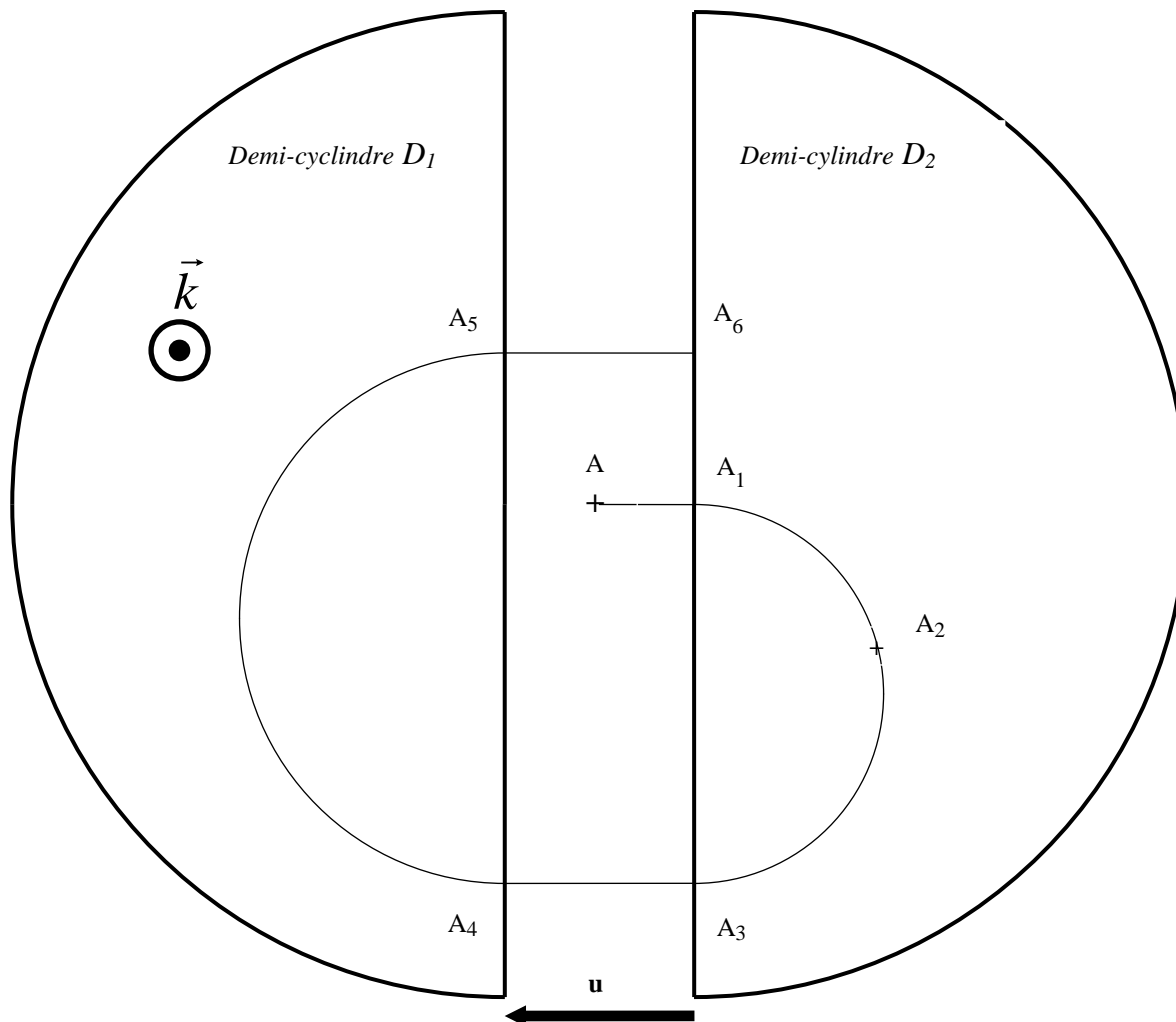
- on ajoute, peu à peu, dans l'erlenmeyer, une solution aqueuse de nitrate d'argent de concentration molaire volumique $c = 2,5 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹. Le mélange est en agitation permanente, un précipité blanc se forme, de plus en plus abondant, puis on observe la formation d'un précipité rouge persistant ; on relève alors le volume de la solution aqueuse de nitrate d'argent ajouté : $V = 13,3$ mL. À l'apparition du précipité rouge (chromate d'argent), dû à la réaction entre les ions argent et les ions chromate (CrO₄²⁻), on considère que tous les ions chlorure, initialement présents dans le volume V_0 de l'eau minérale, ont réagi avec tous les ions argent introduits en versant le volume V de la solution de nitrate d'argent.

2.2.a. Ecrire l'équation-bilan de la réaction donnant le précipité blanc.

2.2.b. Déterminer la concentration massique volumique des ions chlorure dans l'eau n° 3.

Annexe relative à l'exercice I (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Cyclotron (C0) (vue de dessus)



Par souci de clarté, l'espace entre les deux demi-cylindres a été augmenté.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2000

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30. – COEFFICIENT : 6



L'usage des calculatrices n'est pas autorisé

L'épreuve a été conçue pour être traitée sans calculatrice

Les données sont en italique

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Altération des huiles
- II. Décomposition d'une eau oxygénée
- III. Éphémérides
- IV. Suspension d'un véhicule

I. ALTÉRATION DES HUILES (4 points)

Les huiles utilisées comme liant en peinture par les artistes peintres sont des triglycérides. Ces triglycérides réagissent au cours du temps avec l'eau pour donner du glycérol et les acides gras correspondants.

Dans cet exercice, on se propose d'étudier l'altération au cours du temps d'une huile de lin et de caractériser son vieillissement par son indice d'acide noté I.A. La connaissance de cet indice permet de mieux préserver les tableaux réalisés à la peinture à l'huile.

Un triglycéride est un triester du glycérol ou propan-1,2,3-triol et d'un acide gras.

Un acide gras est un acide carboxylique, noté RCO_2H à longue chaîne carbonée notée R.

Les principaux acides gras constituant l'huile de lin étudiée ici sont l'acide oléique ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{CO}_2\text{H}$) et l'acide linoléique ($\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{CO}_2\text{H}$).

La potasse solide a pour formule KOH ; sa masse molaire vaut $M = 56 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$. Sa solution alcoolique contient notamment les ions potassium K^+ et hydroxyde HO^- .

1. Origine de la dégradation d'un triglycéride

- 1.1. Comment nomme-t-on la réaction entre un ester et l'eau ? Citer deux caractéristiques de cette réaction.
- 1.2. Écrire l'équation-bilan de la réaction d'un ester avec l'eau dans le cas général (on utilise des formules semi-développées).
- 1.3. Dans le cas général, écrire l'équation-bilan de la réaction d'un triglycéride avec l'eau quand elle produit du glycérol (on utilise les formules semi-développées). Les caractéristiques de cette réaction sont les mêmes que celles de la réaction précédente.

2. Détermination de l'indice d'acide d'une huile de lin partiellement dégradée

L'huile de lin partiellement dégradée contient donc une certaine quantité d'acides gras libres provenant de sa dégradation par l'eau.

On se propose de déterminer la quantité d'acide gras dans une vieille huile de lin.

Une solution est préparée en introduisant, dans un becher $m_1 = 10,0 \text{ g}$ d'huile dissoute dans de l'éthanol.

On dose à froid les acides gras libres, contenus dans cette solution, par une solution de potasse alcoolique de concentration $C_b = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, en présence de phénolphthaléine.

La réaction de dosage en solution alcoolique a les mêmes propriétés qu'en solution aqueuse.

Le volume de la solution de potasse nécessaire pour obtenir l'équivalence est $V_b = 15,2 \text{ mL}$.

On néglige les autres réactions qui pourraient avoir lieu dans le milieu.

- 2.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction support du dosage d'un acide gras par l'ion hydroxyde.
- 2.2. Définir, en une phrase, l'équivalence acido-basique et exprimer la quantité (en mol) d'acide gras libre contenue dans $m_2 = 1,0 \text{ g}$ de cette huile.
- 2.3. L'indice d'acide noté I.A. d'une huile est la masse de potasse (exprimée en mg) nécessaire au dosage de tous les acides gras libres contenus dans $1,0 \text{ g}$ d'huile.
Calculer la valeur de cet indice.
- 2.4. Quel est le nom de la réaction qui peut avoir lieu entre un acide gras et l'éthanol ? Est-il légitime de négliger cette réaction pendant la durée du dosage ? Justifier la réponse.

II. DÉCOMPOSITION D'UNE EAU OXYGÉNÉE (5 points)

L'eau oxygénée ou solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 est une espèce oxydante utilisée au laboratoire. Il s'agit aussi d'une espèce chimique utilisée dans la vie courante : décoloration des cheveux, désinfection des plaies.

Sa décomposition, qui produit un dégagement de dioxygène, est accélérée par certains facteurs comme l'exposition à la lumière, l'ion fer (II), l'ion fer (III), le platine...

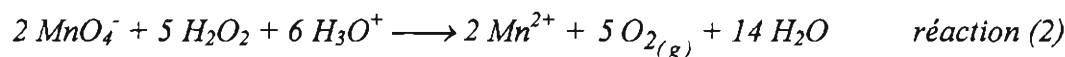
On se propose d'étudier la cinétique de la réaction de décomposition du peroxyde d'hydrogène réalisée en présence de l'ion fer (II).

L'équation-bilan de cette réaction est : $2 H_2O_2 \longrightarrow O_{2(g)} + 2 H_2O$ réaction (1)

On réalise le protocole expérimental suivant :

- On prépare huit bechers contenant chacun $V_0 = 10,0$ mL d'une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène de concentration $[H_2O_2]_0 = 5,8 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- On les place dans une enceinte thermostatée qui maintient la température à la valeur $\theta_1 = 20$ °C.
- À la date $t_0 = 0$ s, on ajoute dans chaque becher quelques gouttes d'une solution contenant des ions fer (II). Il se produit alors la réaction (1).
- À la date t , on prend un des huit bechers. On ajoute une grande quantité d'eau glacée dans celui-ci. On acidifie le contenu de ce becher en ajoutant quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.
- À l'aide d'une solution aqueuse de permanganate de potassium fraîchement préparée, de concentration $C_{KMnO_4} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, on dose le peroxyde d'hydrogène restant dans le becher. On note V le volume versé de solution aqueuse de permanganate de potassium pour obtenir l'équivalence d'oxydoréduction.

L'équation-bilan de la réaction de dosage est :



Données :

Espèce chimique	Couleur de l'espèce chimique en solution
Ion fer (II)	Vert
Ion fer (III)	Brun clair
Ion manganèse	Incolore
Ion permanganate	Violet

1. À propos du protocole

- 1.1. Quel est le rôle des ions fer (II) ?
- 1.2. Quelle verrerie utilise-t-on pour prélever 10,0 mL de solution de peroxyde d'hydrogène ? Justifier.
- 1.3. Quel est le rôle de l'ajout d'eau glacée ?
- 1.4. Faire un schéma légendé du montage utilisé pour doser la solution de peroxyde d'hydrogène par la solution de permanganate de potassium.
- 1.5. Quel changement de teinte observe-t-on dans le becher à l'équivalence ?

1.6. Préparation préalable de la solution de permanganate de potassium

Un élève doit préparer 200,0 mL de solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration $C_{KMnO_4} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ à partir d'une solution (notée S) de permanganate de potassium de concentration $C_S = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

Pour réaliser cette opération, il prélève 10,0 mL de solution S contenue dans un verre à pied, à l'aide d'une pipette jaugée. Il verse le prélèvement dans un becher et complète avec de l'eau distillée jusqu'à la graduation 200 mL.

Cet élève a commis deux erreurs. Lesquelles ? Comment les corriger ?

2. Étude de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée à la température $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$

Sur le graphe page 5, on a représenté la concentration en peroxyde d'hydrogène restant en fonction du temps (courbe 1).

On mesure la vitesse instantanée volumique aux instants de dates $t_1 = 12 \text{ min}$ et $t_2 = 20 \text{ min}$. On trouve :

$$v_{H_2O_2} = 1,1 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1} \text{ et } v'_{H_2O_2} = 1,6 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}.$$

- 2.1. Définir la vitesse instantanée volumique de disparition du peroxyde d'hydrogène à une date t . Comment peut-on la déterminer graphiquement ?
- 2.2. Attribuer à chaque date la vitesse instantanée volumique qui lui correspond. Justifier.
- 2.3. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction τ_1 , durée nécessaire pour que la moitié du peroxyde d'hydrogène initialement présent ait disparu.

3. Étude de la réaction de décomposition de l'eau oxygénée à la température $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$. Influence de la température.

On recommence les mêmes expériences que précédemment mais l'enceinte thermostatée est maintenue à la température $\theta_2 = 40^\circ\text{C}$. On obtient la courbe 2 (voir graphe page 5).

Déterminer graphiquement le nouveau temps de demi-réaction τ_2 . Comparer les valeurs de τ_1 et τ_2 . Interpréter.

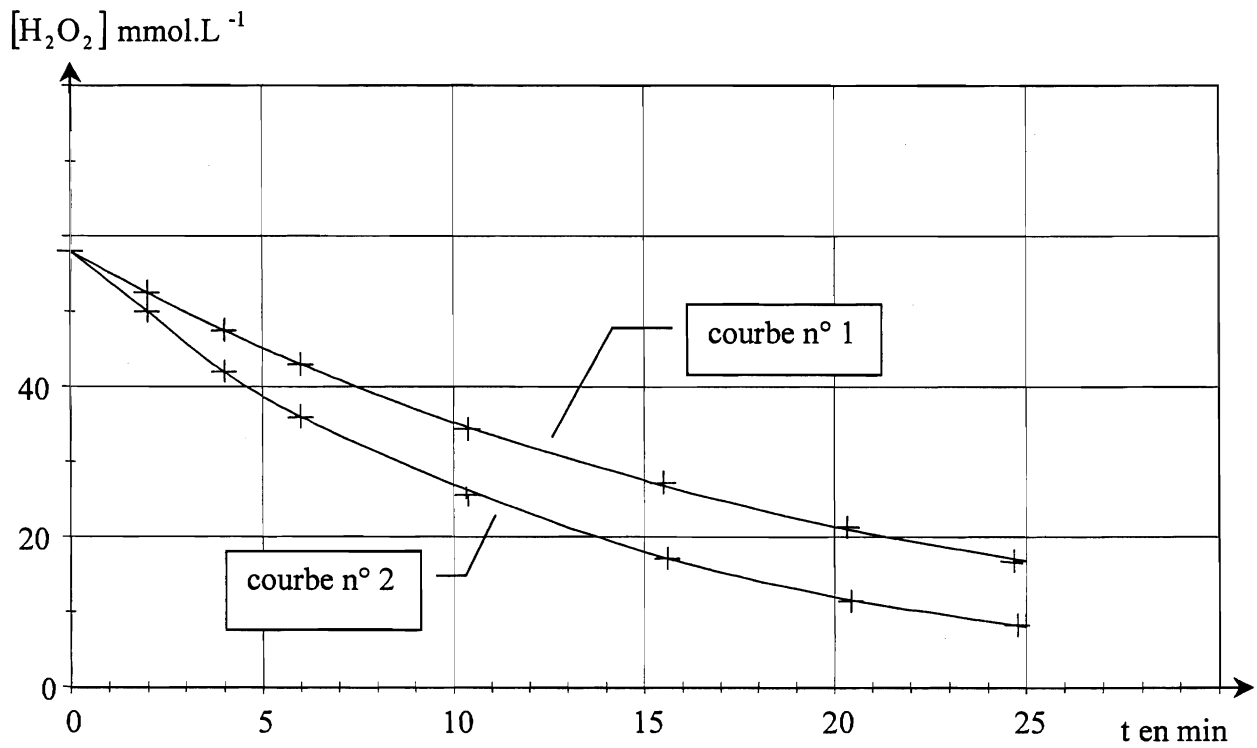
4. Expression de la concentration en $[H_2O_2]$ restant en fonction du temps

Pour tracer les courbes 1 et 2, on a dû calculer la concentration $[H_2O_2]$ en peroxyde d'hydrogène restant à chaque instant de date t .

Établir l'expression de la concentration $[H_2O_2]$ en peroxyde d'hydrogène restant à une date t en fonction de C_{KMnO_4} , V et V_0 .

À NE PAS rendre avec la copie

Évolution de la concentration en peroxyde d'hydrogène au cours du temps



III. ÉPHÉMÉRIDES (6 points)

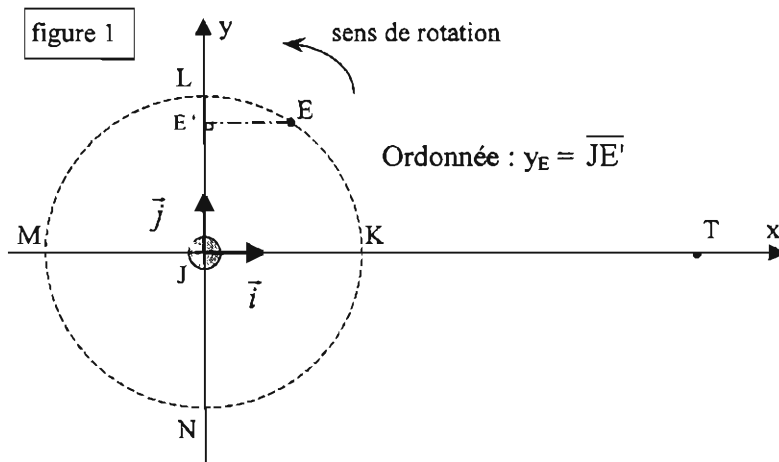
*Les deux parties sont INDÉPENDANTES.
Il est néanmoins conseillé de lire l'intégralité de l'énoncé*

Autour de la planète Jupiter gravitent des satellites naturels. Les quatre plus gros sont Io, Europe, Ganymède et Callisto.

Dans un référentiel centré sur Jupiter supposé galiléen, on considère que le centre de chacun des satellites est animé d'un mouvement circulaire uniforme autour du centre J de Jupiter. Sur la figure 1 (ci-dessous), on a représenté uniquement la trajectoire du centre d'inertie E d'Europe. Les trajectoires des autres satellites appartiennent sensiblement à ce même plan qui contient aussi le centre T de la Terre.

Une revue d'astronomie a publié les courbes donnant les variations, en fonction du temps, de l'ordonnée y de chacun des quatre satellites dans le repère orthonormé (J, \vec{i}, \vec{j}) lié au référentiel choisi.

Les courbes ou éphémérides obtenues entre le 21 avril 1997 à 00 h 00 et le 2 mai 1997 sont données en annexe 1 à rendre avec la copie (document 1 page 11).



Pendant la durée de l'observation, la Terre sera considérée comme immobile par rapport au référentiel choisi. On prend l'axe (J, \vec{i}) passant par le centre T de la Terre.

La distance TJ est très grande devant le rayon des trajectoires des satellites. La figure n'est pas à l'échelle.

1. Exploitation des courbes publiées par la revue

- 1.1. Sur la figure 1 ci-dessus, on a noté K, L, M et N les positions particulières d'Europe quand sa trajectoire coupe les axes Jx et Jy. Sur le document 1 fourni en annexe 1 (page 11) à rendre avec la copie, on a placé un point K' qui correspond à un passage du satellite Europe au point K de sa trajectoire. Placer sur le document 1, les points L', M' et N' qui correspondent respectivement aux passages successifs du satellite Europe par les points L, M et N.
- 1.2. Sur cette courbe $y_E = f(t)$, quel couple de points permet de déterminer la demi-période de révolution du satellite Europe. Donner sa période de révolution en jours.
- 1.3. De même, quel couple de points permet de déterminer le diamètre de la trajectoire du satellite Europe. Donner ce diamètre en km.
- 1.4. Identifier le satellite le plus proche de Jupiter puis le satellite ayant la plus grande période de révolution.

2. Détermination de la masse de Jupiter

On considère que chaque satellite de masse m n'est soumis qu'à la seule force gravitationnelle de la part de Jupiter de masse M et que les astres ont une répartition de masse à symétrie sphérique.

On note r le rayon de la trajectoire circulaire décrite par les satellites autour de Jupiter. r représente la distance entre le centre de Jupiter et le centre du satellite étudié.

- 2.1. Donner l'expression vectorielle de la force de gravitation $\vec{F}_{J/S}$ exercée par Jupiter sur un satellite. Représenter cette force sur un schéma.
- 2.2. Montrer qu'un satellite est animé d'un mouvement uniforme et que l'expression de sa vitesse est : $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. G représente la constante universelle de gravitation.

Une démonstration rigoureuse est attendue.

- 2.3. Choisir parmi les quatre propositions ci-dessous celle qui correspond au satellite le plus rapide. Justifier.

- le plus proche de Jupiter
- le plus loin de Jupiter
- le plus léger
- le plus lourd

- 2.4. À partir de l'expression de la vitesse, établir l'expression de la période de révolution T d'un satellite autour de Jupiter en fonction de r et des grandeurs de l'exercice.

- 2.5. Établir la troisième loi de Kepler : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$.

- 2.6. L'étude des mouvements des satellites de Jupiter, réalisée dans la partie 1, permet de déterminer la période et le rayon de l'orbite de chaque satellite. Sur le graphe ci-dessous, on a représenté pour chaque satellite, les valeurs des couples (r^3, T^2) .

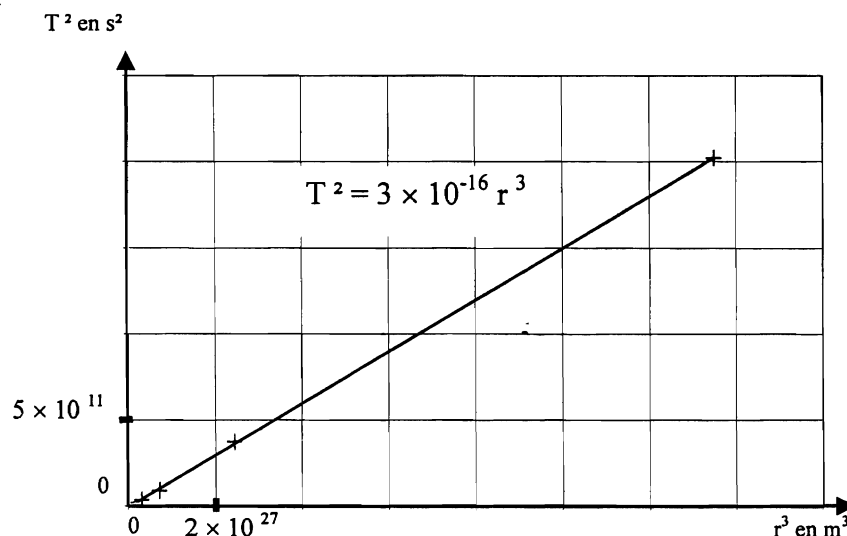
- a. En observant ce graphe, pourquoi peut-on dire que la troisième loi de Kepler est vérifiée ?

- b. L'équation de la meilleure droite passant par les points obtenus est :

$$T^2 = 3 \times 10^{-16} r^3.$$

En déduire l'ordre de grandeur de la masse de Jupiter.

On prend $\pi^2 = 10$ et $G = 1 \times 10^{-10}$ unité SI.



IV. SUSPENSION D'UN VÉHICULE (5 points)

La suspension d'un véhicule permet d'atténuer les vibrations verticales qui nuisent au confort et à la sécurité des passagers, par exemple lors du passage du véhicule dans un trou sur une route.

Elle est constituée au niveau de chaque roue d'un ressort et d'un amortisseur (voir figure 1). On note G le centre d'inertie du véhicule. Lorsqu'on écarte le véhicule de sa position d'équilibre G_0 et qu'on le lâche, il oscille autour de cette position. L'amplitude des oscillations décroît suivant le degré d'amortissement de la suspension. L'ensemble du véhicule est équivalent à un oscillateur mécanique **unique** vertical amorti de masse m , de raideur k .

On étudie le mouvement du centre d'inertie G seulement suivant la verticale. On repère son ordonnée y sur un axe Oy orienté vers le haut. La position du centre d'inertie du système à l'équilibre G_0 (ressorts comprimés) est prise pour origine O de l'axe.

Données :

- Masse : $m = 1,5 \times 10^3$ kg.
- Constante de raideur du ressort équivalent $k = 6,0 \times 10^5$ N.m⁻¹.
- La force de frottement qui s'exerce sur la masse m est opposée à la vitesse du point G suivant la verticale, on peut l'écrire $\vec{F} = -\lambda v_y \vec{j}$.

v_y est la composante verticale de la vitesse du point G par rapport à l'axe de la roue.

λ est une constante positive appelée coefficient d'amortissement ou de frottement.

On s'intéresse par la suite à l'influence de ce coefficient d'amortissement sur la qualité de la suspension.

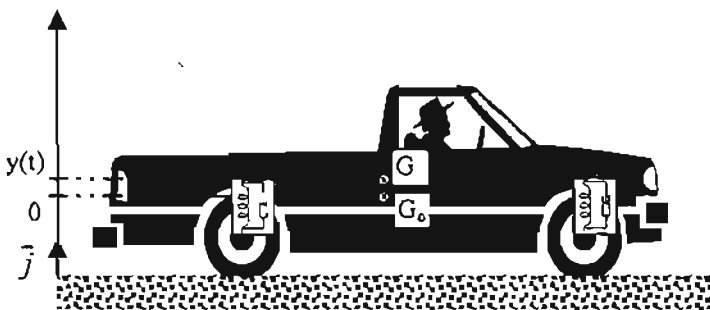


figure 1

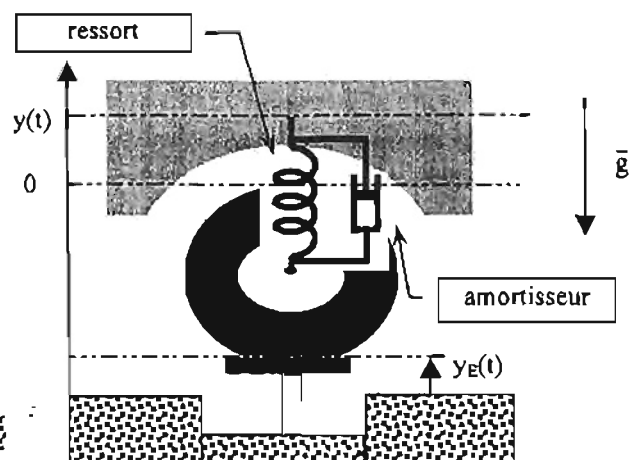


figure 2

1. Oscillations libres de la suspension

1.1. Le document 1 (page 10) donne trois courbes représentant $y = g(t)$ pour trois véhicules dont seules les valeurs du coefficient d'amortissement sont différentes :

Courbe n°1	Courbe n°2	Courbe n°3
$\lambda_1 = 1,5 \times 10^4 \text{ kg.s}^{-1}$	$\lambda_2 = 5,0 \times 10^4 \text{ kg.s}^{-1}$	$\lambda_3 = 1,5 \times 10^5 \text{ kg.s}^{-1}$

Expliquer pourquoi les courbes n°1 et n°3 correspondent respectivement aux coefficients d'amortissement λ_1 et λ_3 .

1.2. L'une des courbes du document 1 est une sinusoïde amortie dont on définit la pseudo-période comme étant la durée entre deux maxima consécutifs. Déterminer graphiquement la valeur de cette pseudo-période T.

1.3. Le régime critique est le meilleur pour le confort et la sécurité des passagers. Quelle valeur du coefficient d'amortissement convient le mieux parmi les trois valeurs proposées ?

2. Test des amortisseurs, oscillations forcées

Pour tester chacun des amortisseurs, on soumet les roues à une même excitation sinusoïdale produite par un support placé sous chaque roue (figure 2 page 8). L'amplitude Y_m des oscillations du centre d'inertie G du véhicule dépend alors de deux facteurs : l'amplitude Y_E et la fréquence f_E de l'excitation sinusoïdale.

La résolution des questions suivantes ne demande aucune mise en équation. On admettra que le comportement qualitatif du système s'apparente à celui d'un oscillateur amorti soumis à une force excitatrice sinusoïdale.

2.1. L'amplitude Y_E de l'excitation sinusoïdale est maintenue constante.

Le document 2 (page 10) donne les courbes représentant $Y_m = g(f_E)$ pour les trois valeurs du coefficient d'amortissement du paragraphe 1.1.

a. Pourquoi est-il important de préciser que l'amplitude Y_E de l'excitation est maintenue constante ?

b. Que peut-on dire de l'amplitude Y_m à la résonance ?

c. Pour le véhicule équipé de l'amortisseur de coefficient le plus faible, déterminer graphiquement la fréquence de résonance f_r . Comparer sa valeur à la fréquence propre

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ de l'oscillateur mécanique \{masse, ressort\}. On prend } \frac{1}{\pi} \approx 0,3.$$

d. Préciser à l'aide des courbes du document 2 (page 10) si la fréquence de résonance est fonction du coefficient d'amortissement.

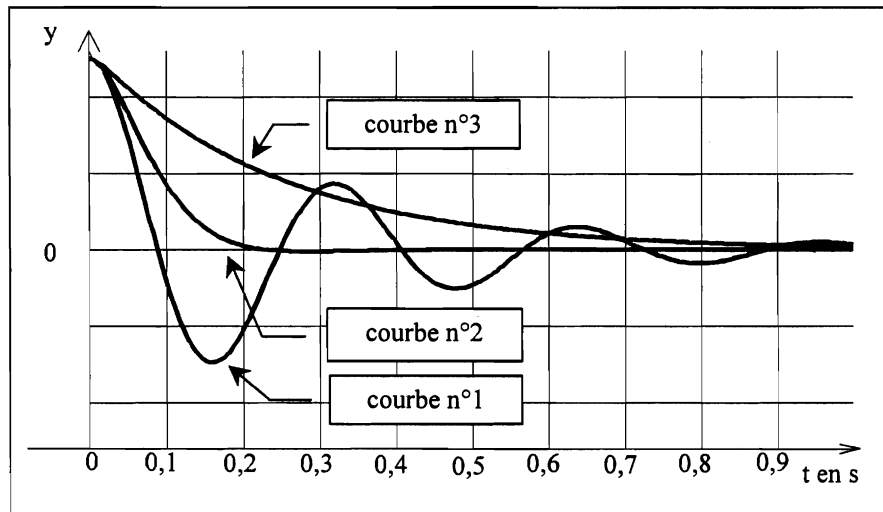
2.2. À la fréquence excitatrice $f' = 4,5 \text{ Hz}$, l'amplitude des oscillations Y_m est la même pour les trois oscillateurs.

Quel amortisseur faut-il choisir pour équiper le véhicule sachant que plus l'amplitude des oscillations est faible, meilleure est la qualité des amortisseurs :

- pour les fréquences excitatrices f_E telles que $f_E < f'$?
- pour des fréquences excitatrices $f_E > f'$?

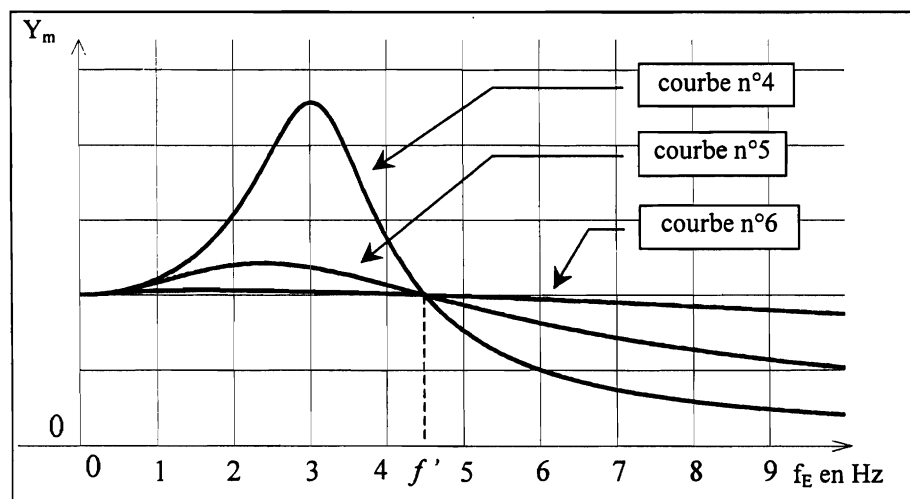
Quel amortisseur donne le meilleur compromis quelle que soit la fréquence excitatrice ? (Justifier chaque réponse)

document 1 : oscillations libres de la suspension



Courbe n°1 : associée au coefficient d'amortissement λ_1
Courbe n°2 : associée au coefficient d'amortissement λ_2
Courbe n°3 : associée au coefficient d'amortissement λ_3

document 2 : oscillations forcées de la suspension



Courbe n°4 : associée au coefficient d'amortissement λ_1
Courbe n°5 : associée au coefficient d'amortissement λ_2
Courbe n°6 : associée au coefficient d'amortissement λ_3

ANNEXE 1
à rendre avec la copie

Remplissez
très lisiblement
le talon ci-dessous

NOM : _____

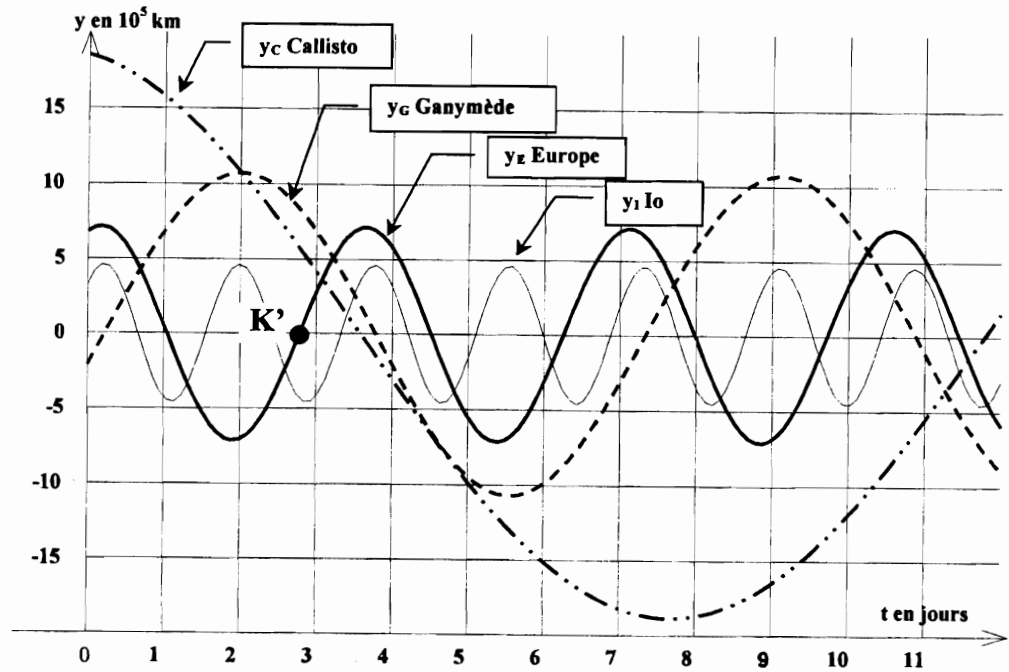
Prénoms : _____

N° D'INSCRIPTION
OU DE TABLE

CENTRE D'EXAMEN : _____

IMP. TRACOL ST-ÉTIENNE

document 1



La date $t_0 = 0$ correspond au 21 avril 1997 à 00 h 00.

IV. QUALITÉ D'UNE IMAGE (5 points)

Le but de cet exercice est d'illustrer les difficultés à obtenir une image de bonne qualité. Pour cela, on dispose d'extraits d'un compte-rendu de travaux pratiques de deux élèves. Leurs formulations et leurs représentations ne sont pas toujours rigoureuses. On se propose de commenter leurs résultats et d'approfondir leurs conclusions.

1. Influence de la position et de l'ouverture du diaphragme Δ sur la qualité de l'image

Données :

Extrait n°1

<p>The top diagram shows an optical axis with a lens O. An object AB of height 1 cm is placed at distance d=60 cm to the left of O. A diaphragm Δ is placed between the object and the lens. The image A'B' of height 2 cm is formed on a screen at distance D=180 cm to the right of O. The focal points F and F' are marked. To the right, a circular grid image is shown.</p> <p>The bottom diagram shows the same setup but with the diaphragm Δ placed against the lens. The image A'B' on the screen is distorted. A label below it reads 'image déformée de la mire sur l'écran'.</p>	<p>a) <i>Expérience</i></p> <p>Après avoir réalisé l'image réelle notée A'B' de la mire (ou quadrillage) notée AB à travers la lentille convergente, nous avons placé un diaphragme sur le trajet suivi par la lumière. La figure ci-contre montre les réglages qui nous ont donné la meilleure image et comment cette image peut-être déformée en déplaçant seulement le diaphragme.</p>
<p>b) <i>Conclusion :</i></p> <p>Pour avoir la meilleure image, il faut placer le diaphragme contre la lentille ainsi elle est utilisée dans les conditions de Gauss.</p>	

Dans tout l'exercice, on appelle C l'intersection de la mire avec l'axe optique et C' son image. On note $p = \overline{OC}$ et $p' = \overline{OC'}$ l'axe étant orienté dans le sens de propagation de la lumière.

1.1. Énoncer les conditions de Gauss.

1.2. Pourquoi les élèves n'ont-ils pas placé la mire entre F et O ?

1.3. A propos du grandissement :

- a. rappeler la définition du grandissement ;
- b. vérifier la cohérence des quatre valeurs numériques indiquées sur le schéma.

1.4. La profondeur de champ est la distance, mesurée sur l'axe optique, qui sépare les positions extrêmes de l'objet pour lesquelles on peut considérer que l'image qui se forme sur un écran fixe est nette. La profondeur de champ augmente quand l'ouverture du diaphragme diminue. Proposer un protocole opératoire pour le vérifier.

2. Irisation de l'image

Données :

L'image d'un objet en lumière blanche peut être colorée sur son contour. Ceci est dû à la décomposition de la lumière : on dit que l'image est irisée.

extrait n°2

a) Observation en lumière bleue et en lumière rouge

- Détermination des distances focales en lumière bleue et en lumière rouge :

On a réalisé l'image de la mire sur le mur de la classe suffisamment éloigné de la lentille pour être considéré à l'infini. On a trouvé ainsi les distances focales $f'_b = 39,0$ cm en lumière bleue et $f'_r = 40,5$ cm en lumière rouge.

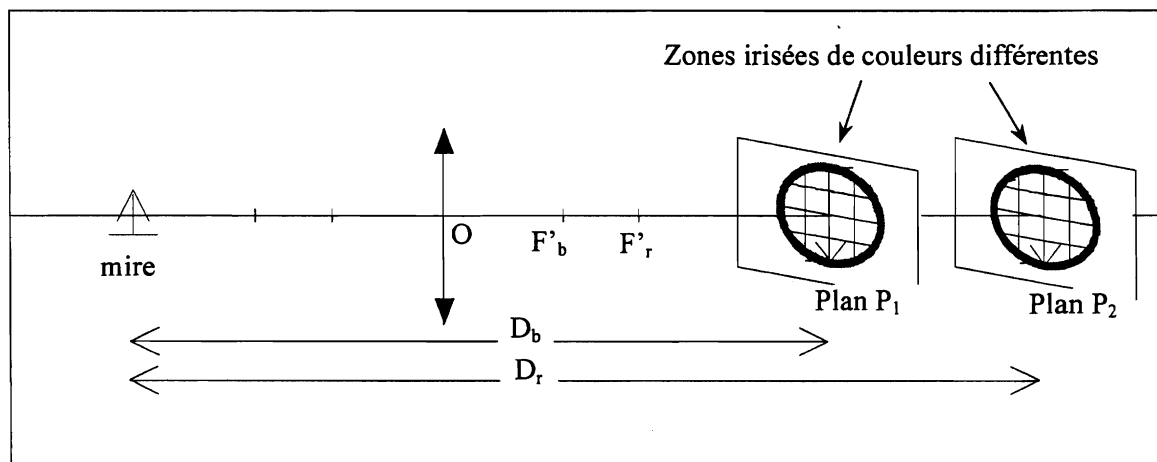
- Application :

On a placé la mire à $d = 60,0$ cm de la lentille. On a déterminé les positions où devraient se former les images en lumière bleue et en lumière rouge.

On a trouvé en lumière bleue que l'image se forme dans un plan P_1 situé à la distance $D_b = 161,4$ cm et en lumière rouge dans un plan P_2 à $D_r = 184,6$ cm (voir schéma ci-dessous).

b) Observation en lumière blanche

En déplaçant l'écran, on a obtenu une image tantôt irisée en rouge, tantôt irisée en bleu comme montré sur le schéma ci-dessous.



2.1. Rappeler la relation de conjugaison des lentilles minces en utilisant les notations de l'énoncé.

2.2. À l'aide de la relation de conjugaison, expliquer la méthode de détermination des distances focales utilisée par les élèves.

2.3. Sur la figure de l'annexe 2 À RENDRE AVEC LA COPIE (page 11), on a représenté deux rayons lumineux issus du point objet B , permettant de tracer son image B'_b en lumière bleue. Sur ce schéma, construire l'image de la mire $A'_r B'_r$ lorsqu'on travaille en lumière rouge.

Remplissez
très lisiblement
le talon ci-dessous

NOM : _____

Prénoms : _____

N° D'INSCRIPTION
OU DE TALE

CENTRE D'EXAMEN : _____

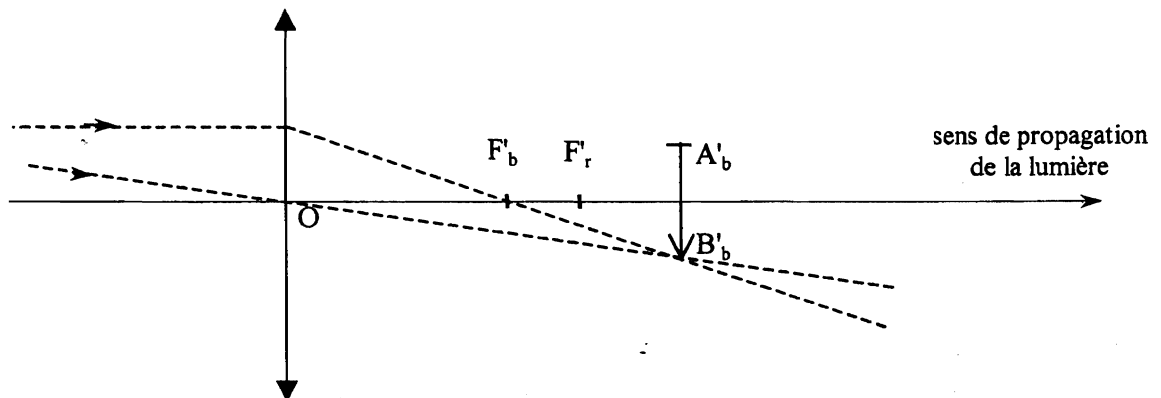
IMP. TRACOL ST-ÉTIENNE

ANNEXE 2
À RENDRE AVEC LA COPIE

La figure n'est pas à l'échelle.

Les foyers et images en lumière bleue sont repérés par la lettre b en indice et ceux en lumière rouge par la lettre r en indice.

Figure



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2001

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci. Les annexes 1 relative à l'exercice II (page 9) et 2 relative à l'exercice III (page 10) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Hydrodistillation de l'estragon
- II. Acides et bases en questions
- III. Une application industrielle du champ électrostatique
- IV. Étude de la décharge d'un condensateur

Questions

- 2.1. Quel est le rôle de l'eau introduite dans le ballon ?
- 2.2. Dans le schéma du montage d'hydrodistillation, nommer les différentes parties numérotées de 1 à 5 et préciser la fonction des tubulures latérales du dispositif 4.
- 2.3. Justifier l'ajout du chlorure de sodium au distillat en utilisant les données.
- 2.4.
 - 2.4.1. Faire le schéma de l'ampoule à décanter, après agitation et décantation. Préciser les positions de la phase aqueuse et de la phase organique. Justifier à partir des données.
 - 2.4.2. Quelle précaution liée à la sécurité doit-on prendre lors de l'agitation de l'ampoule à décanter ?
 - 2.4.3. Pourquoi après décantation récupère-t-on la phase organique plutôt que la phase aqueuse ?
- 2.5. Quel est le rôle du sulfate de magnésium anhydre ?

3. Chromatographie sur couche mince (CCM)

On se propose de vérifier la présence d'estragole dans l'essence d'estragon obtenue par hydrodistillation, ainsi que dans des essences d'estragon, de basilic et d'anis vert du commerce. On souhaite vérifier simultanément la présence d'anéthole dans l'essence d'anis.

Mode opératoire

On réalise les six solutions suivantes dans le cyclohexane :

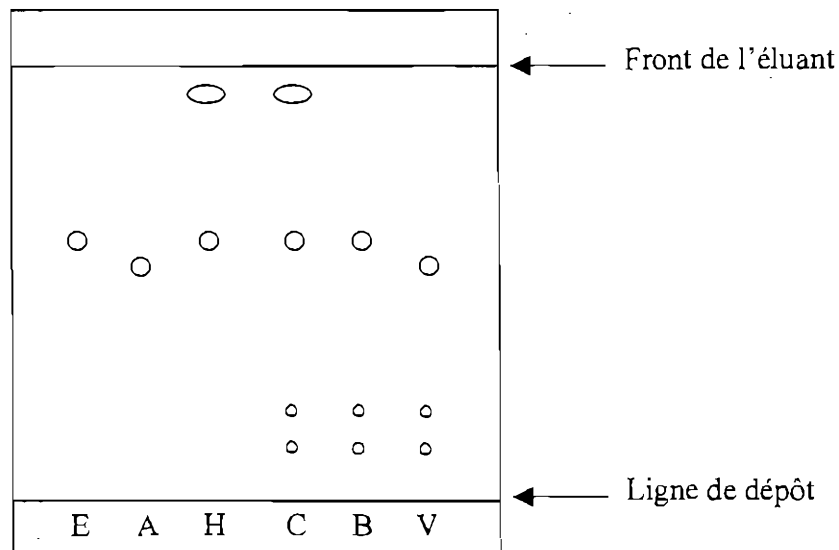
- | | |
|---------------------------|--|
| - une d'estragole pur : E | - une d'essence d'estragon du commerce : C |
| - une d'anéthole pur : A | - une d'essence de basilic du commerce : B |
| - une de la solution H | - une d'essence d'anis vert du commerce : V. |

Sur une plaque de silice sensible au rayonnement ultra-violet, on effectue les dépôts de chacune de ces six solutions.

L'éluant est un mélange de cyclohexane à 97,5% et d'acétate d'éthyle à 2,5% en volume.

La plaque est révélée avec une lampe émettant des radiations ultraviolettes.

Le chromatogramme est reproduit ci-après :



Le chromatogramme permet-il toutes les vérifications attendues ? Justifier.

L'exercice est un **QUESTIONNAIRE À CHOIX MULTIPLES**. À chaque question peuvent correspondre aucune, une ou plusieurs propositions exactes.

Pour chacune des questions, chaque proposition doit être étudiée ; inscrire **EN TOUTES LETTRES "VRAI" ou "FAUX"** dans la case correspondante du tableau donné dans l'annexe 1 de la page 9/10 (**À RENDRE AVEC LA COPIE**). Les réponses fausses et l'absence de réponses seront pénalisées. Aucune justification n'est demandée.

Les solutions aqueuses sont à 25 °C et ont toutes une concentration égale à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le logarithme décimal est noté \lg .

Question 1 :

Parmi les couples acide/base ci-dessous, quel est ou quels sont, celui ou ceux correctement écrit(s) ?

- a) $\text{H}_2\text{O} / \text{H}_3\text{O}^+$;
- b) $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$;
- c) $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{HO}^-$;
- d) $\text{HO}^- / \text{H}_3\text{O}^+$.

Question 2 :

La relation qui relie le pH d'une solution d'acide faible HA au pK_a du couple HA/A⁻ peut s'écrire :

- a) $pK_a = \text{pH} + \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$;
- b) $\text{pH} = pK_a - \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$;
- c) $pK_a = \text{pH} + \lg \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$;
- d) $\text{pH} = pK_a + \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$.

Question 3 :

Une base est une espèce chimique capable :

- a) d'accepter un proton ;
- b) de céder un électron ;
- c) de céder un proton ;
- d) d'accepter un électron.

Question 4 :

Une solution aqueuse d'un monoacide a pour concentration $c = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$:

- a) si $[\text{H}_3\text{O}^+] < c$, alors l'acide est faible ;
- b) si $[\text{H}_3\text{O}^+] > c$, alors l'acide est fort ;
- c) si $\text{pH} = 2$, alors l'acide est fort ;
- d) si $\text{pH} = 3$, alors la réaction de l'acide avec l'eau est totale.

Question 5 :

Soient deux monobases faibles différentes. En solution aqueuse, à la même concentration et à la même température, la base la plus forte des deux est celle :

- a) dont la solution possède le pH le plus élevé ;
- b) dont la solution possède le pH le moins élevé ;
- c) dont le rapport $\frac{K_a}{K_e}$ est le plus petit ;
- d) dont le rapport $\frac{K_a}{K_e}$ est le plus grand.

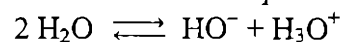
Question 6 :

Soit une solution d'acide HA dont le pK_a du couple associé vaut 4,2 :

- a) l'espèce A⁻ prédomine pour $\text{pH} = 6,2$;
- b) l'espèce HA prédomine pour $\text{pH} = 5,5$;
- c) les espèces A⁻ et HA sont en quantité égale pour $\text{pH} = 4,2$;
- d) aucune des espèces A⁻ et HA ne prédomine à $\text{pH} = 7,0$.

Question 7 :

Soit la réaction d'équation-bilan :



- a) elle correspond à la réaction entre un acide fort et une base forte ;
- b) la constante associée vaut 10^{-14} à 25°C ;
- c) elle est appelée réaction d'autoprotolyse de l'eau ;
- d) n'a lieu que dans l'eau pure.

Question 8 :

On réalise le dosage d'une solution d'acide éthanoïque ou acétique (le pK_a du couple associé vaut 4,8) par une solution de soude :

- a) le pH à l'équivalence est égal à 4,8 ;
- b) le pH à l'équivalence est égal à 7,0 ;
- c) à la demi-équivalence, le pH est égal à 2,4 ;
- d) à la demi-équivalence, le pH est égal à 3,5.

III. UNE APPLICATION INDUSTRIELLE DU CHAMP ÉLECTROSTATIQUE (6 points)

Présentation du dispositif :

La précipitation électrostatique est pratiquement la seule utilisable pour traiter les fumées rejetées par les centrales thermiques.

Les gaz passent dans des canaux métalliques verticaux.

Sur la figure 1 ci-dessous, un canal métallique est représenté par deux parois métalliques (C) et (C'), planes, verticales, parallèles et reliées à la terre, de potentiel électrique nul ($V_C = V_{C'} = 0 \text{ V}$). La distance entre ces plaques (C) et (C') est $D = 2d = 40 \text{ cm}$, leur hauteur H est de plusieurs mètres.

Dans le plan de symétrie vertical des canaux, sont tendus, à intervalles réguliers, des fils verticaux notés F, très rapprochés et isolés, maintenus chacun à un potentiel électrique $V_F = -50 \text{ kV}$.

Sur la figure 2 ci-dessous, l'ensemble de ces fils est modélisé, dans une première approximation, par une plaque (F) verticale, parallèle à (C) et (C'), équidistante de (C) et (C') et portée au potentiel $V_F = -50 \text{ kV}$. L'ensemble ainsi modélisé est équivalent à deux condensateurs plans :

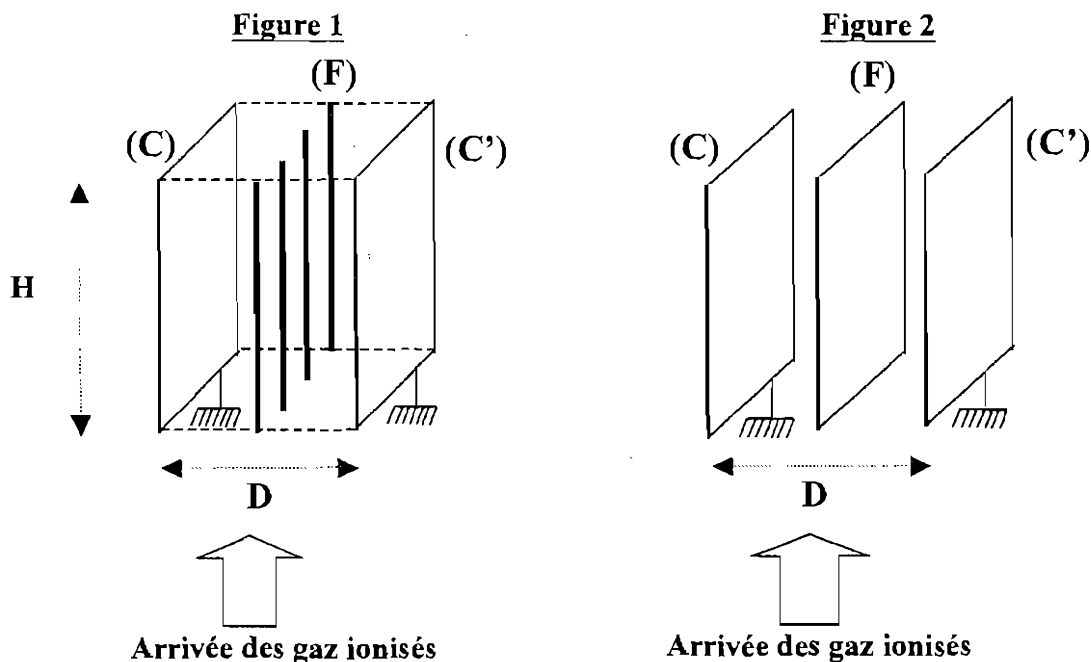
- l'un, formé par les plaques (C) et (F),
- l'autre, par les plaques (C') et (F).

Juste à l'entrée de ces canaux, un dispositif ionisant permet de charger négativement les particules en suspension dans les gaz.

Les particules chargées sont déviées par les forces électrostatiques (ou électriques) vers les parois verticales reliées à la terre.

Par vibration, on provoque la chute des particules qu'on récupère pour les éliminer.

De telles installations de précipitation des fumées sont très coûteuses et peuvent représenter près de 10 % du prix de fabrication de la centrale thermique.



Données supplémentaires :

On considère que l'action d'une force de valeur F_1 peut être négligée par rapport à celle d'une force de valeur F_2 si $F_2 > 100 F_1$.

Intensité du champ de pesanteur $g \approx 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

Le référentiel terrestre d'étude est supposé galiléen.

1. Trajectoire d'une particule

Une particule ponctuelle, de masse m et de charge q **négative**, pénètre avec une vitesse de valeur v_0 , en un point O situé entre les plaques (C) et (F) ; O est équidistant de ces plaques (C) et (F).

Le vecteur \vec{v}_0 est parallèle à l'axe vertical Oz représenté sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/10 (À RENDRE AVEC LA COPIE)**.

La trajectoire de la particule se trouve dans le plan contenant le repère (O, \vec{i}, \vec{k}) .

L'origine des dates est choisie lorsque la particule pénètre en O entre les plaques.

On suppose, dans cette question, que la particule n'est soumise, entre les deux plaques, qu'à l'action de la force électrostatique (ou électrique) notée \vec{F} .

1.1.

1.1.1. Exprimer la valeur E du vecteur champ électrostatique (ou électrique) \vec{E} créé entre les deux plaques (C) et (F) en fonction de la tension $U = V_C - V_F$.

1.1.2. Représenter ce vecteur \vec{E} sans souci d'échelle sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/10 (À RENDRE AVEC LA COPIE)**.

1.2. Écrire la relation entre le vecteur force électrostatique \vec{F} et le vecteur champ électrostatique \vec{E} . Représenter le vecteur force sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/10** lorsque la particule est en O .

1.3. Écrire, en nommant la loi utilisée, la relation vectorielle entre l'accélération \vec{a} de la particule et la force électrostatique \vec{F} .

1.4. Compléter le tableau **de l'annexe 2 de la page 10/10** en donnant les expressions littérales de chacune des coordonnées sur les axes Ox et Oz des différentes grandeurs (champ électrostatique, force électrostatique, accélération, vitesse initiale) en fonction de U , d , m , q et v_0 ainsi que leurs unités dans le système international.

1.5. Établir les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement de la particule.

1.6. L'équation de la trajectoire de la particule est de la forme : $x = Kz^2$.

1.6.1. Établir l'équation de la trajectoire à partir des équations horaires.

1.6.2. Identifier et donner le signe de la constante K .

1.6.3. Représenter, sans souci d'échelle, l'allure de cette trajectoire sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/10**.

2. Application au traitement des fumées

2.1. Sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/10**, représenter, sans justification :

2.1.1. le vecteur champ électrostatique \vec{E}' entre les plaques (F) et (C') ;

2.1.2. l'allure de la trajectoire d'une particule chargée négativement arrivant en O' avec un vecteur vitesse \vec{v}'_0 .

2.2. L'ordre de grandeur de la charge électrique de la particule est le nanocoulomb.

Évaluer la masse maximale d'une particule pour que l'action de son poids soit négligeable devant celle de la force électrostatique.

2.3. Justifier alors brièvement et sans calcul la phrase de l'énoncé « *Présentation du dispositif* » qui est soulignée dans l'encadré.

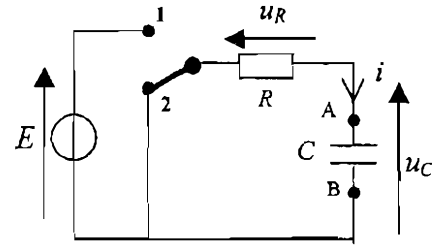
2.4. Quel est l'intérêt du traitement des fumées malgré le surcoût de fabrication de la centrale ?

IV. ETUDE DE LA DÉCHARGE D'UN CONDENSATEUR (5 points)

Le montage ci-contre permet d'étudier l'évolution de la tension u_C aux bornes d'un condensateur de capacité C en série avec une résistance R .

Le commutateur (interrupteur à plusieurs positions) a deux positions possibles repérées par 1 et 2.

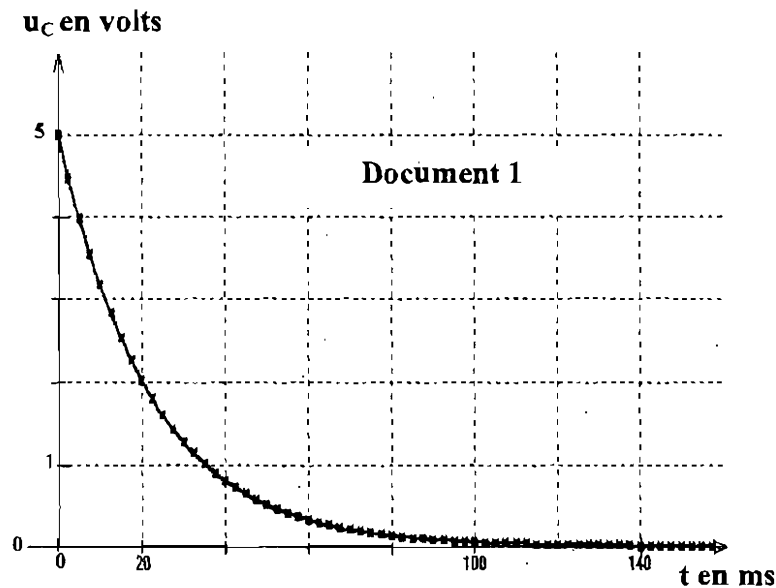
Une interface, reliée à un ordinateur, permet de saisir les valeurs instantanées de cette tension u_C .



Initialement, le commutateur est depuis longtemps en position 2 et le condensateur est déchargé.

Donnée : $E = 5,0 \text{ V}$.

1. Dès lors, comment faut-il manipuler le commutateur pour obtenir la courbe du **document 1** ci-dessous donnant l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps ?



- 2.
- 2.1. En respectant les conventions d'orientations du schéma du circuit :
- 2.1.1. préciser le signe de l'intensité i du courant lors de la décharge ;
 - 2.1.2. écrire la relation entre l'intensité i du courant et la tension u_R ;
 - 2.1.3. écrire la relation entre la charge q de l'armature A du condensateur et la tension u_C ;
 - 2.1.4. écrire la relation entre l'intensité i et la charge q ;
 - 2.1.5. écrire la relation entre les tensions u_R et u_C lors de la décharge.
- 2.2. En déduire que, lors de la décharge, l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C est de la forme :

$$u_C + \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{du_C}{dt} = 0$$

- 2.3. Identifier le rapport $\frac{1}{\alpha}$.
- 2.4. Ce rapport est appelé constante de temps τ du dipôle RC.
En recherchant son unité, justifier cette appellation.

3. La solution de l'équation différentielle précédemment établie est de la forme :

$$u_C = E \cdot e^{-\alpha t}$$

3.1. La tension u_C est exprimée en volts. Établir l'expression du logarithme népérien de sa valeur, notée $\ln u_C$.

On rappelle que $\ln ab = \ln a + \ln b$;

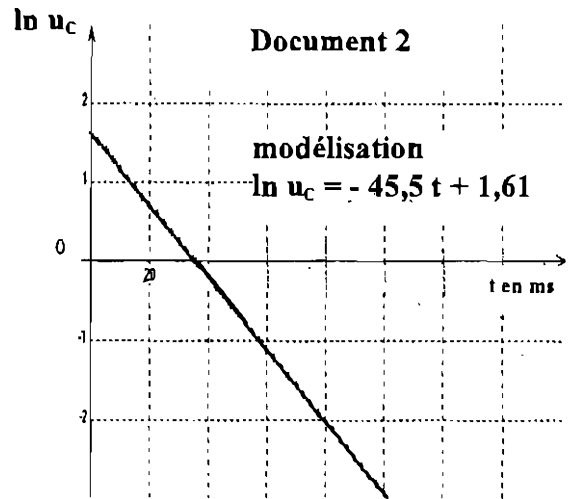
$\ln a^x = x \cdot \ln a$; $\ln e = 1$.

3.2. On a tracé, à l'aide d'un logiciel, la courbe représentant $\ln u_C$ en fonction du temps (document 2 ci-contre)

3.2.1. Montrer que l'allure de cette courbe est en accord avec l'expression obtenue en 3.1.

3.2.2. Avec laquelle des trois valeurs proposées pour la constante de temps τ , les résultats de la modélisation vous semblent-ils en accord ?

$\tau = 0,46 \text{ ms}$; $\tau = 2,2 \text{ ms}$; $\tau = 22 \text{ ms}$



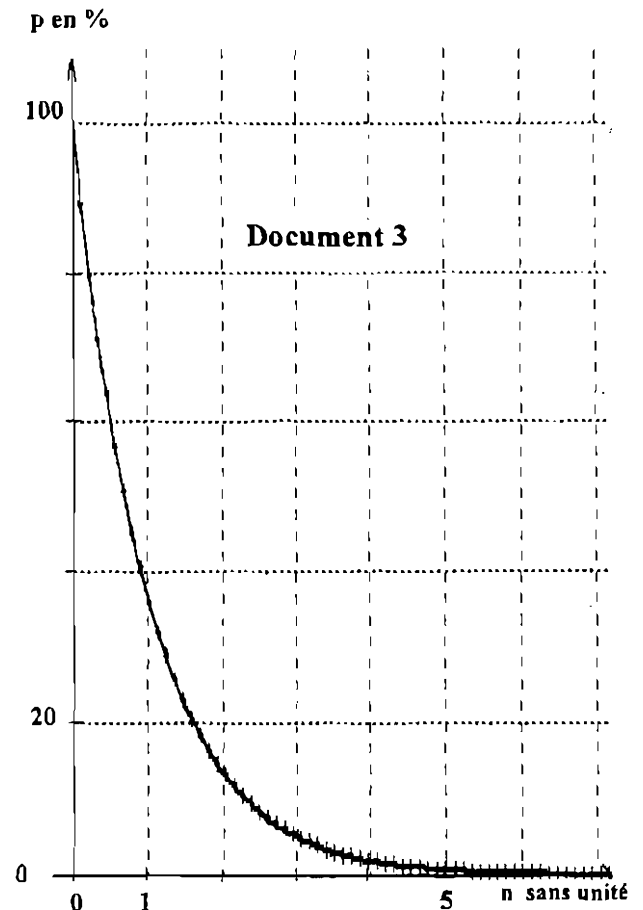
4. Le logiciel permet de créer deux nouvelles grandeurs :

$p = 100 \frac{u_C}{E}$ représentant le pourcentage de charge restant à la date t

$n = \alpha t = \frac{t}{\tau}$ représentant la durée de la décharge en unités de constante de temps (c'est à dire quand $t = \tau$, $n = 1$; $t = 2\tau$, $n = 2$, etc ...).

La courbe du document 3 ci-contre représente p en fonction de n .

- 4.1. Pour $n = 1$, déterminer graphiquement le pourcentage de charge restante.
- 4.2. Pour quelle valeur de n , la décharge peut-elle être considérée comme terminée ?
- 4.3. Quelle est la durée minimale pendant laquelle le commutateur doit rester dans la position convenable pour que la charge du condensateur puisse être considérée comme totale ?

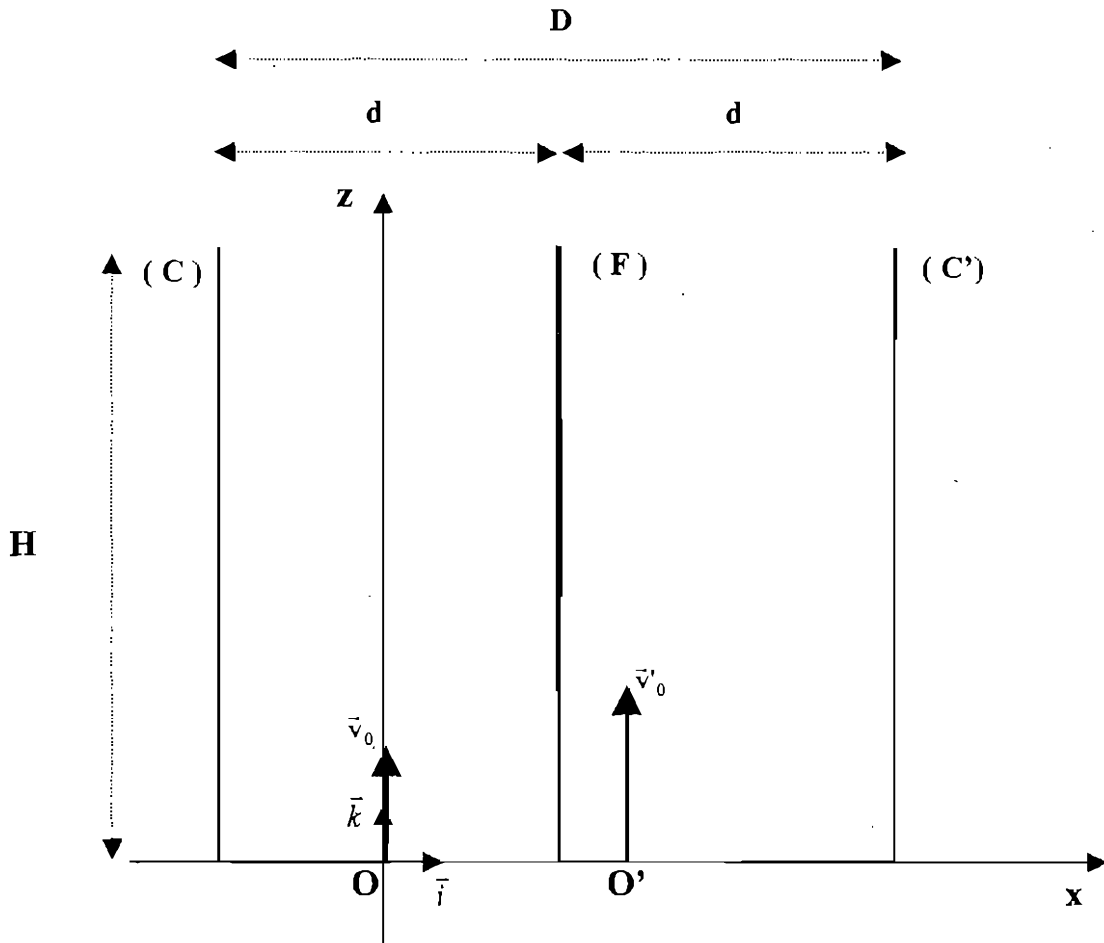


ANNEXE 1 RELATIVE À L'EXERCICE II
À RENDRE AVEC LA COPIE

réponses questions	a	b	c	d
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

**ANNEXE 2 RELATIVE À L'EXERCICE III
À RENDRE AVEC LA COPIE**

Figure 3



	coordonnée sur l'axe (Ox)	coordonnée sur l'axe (Oz)	unité dans le système international
Champ électrostatique	$E_x =$	$E_z =$	
Force électrostatique	$F_x =$	$F_z =$	
Accélération	$a_x =$	$a_z =$	
Vitesse initiale	$v_{0x} =$	$v_{0z} =$	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2001

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30. – COEFFICIENT : 8



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice.

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci. Les annexes 1 relative à l'exercice II (page 9), 2 relative à l'exercice III (page 10) et 3 relative à l'exercice IV (page 11) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Hydrodistillation de l'estragon
- II. Acides et bases en questions
- III. Une application industrielle du champ électrostatique
- IV. La « caméra » du petit Léonard

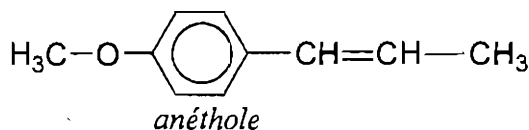
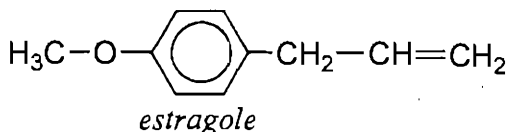
L'estragole et l'anéthole (appelé camphre d'anis) sont des substances utilisées en parfumerie et entrant dans la composition d'arômes pour les aliments et les boissons.

L'estragole existe dans les essences d'estragon (70 à 75%), de basilic (70 à 75%), d'anis et de fenouil ; l'anéthole existe dans les essences d'anis et de fenouil.

L'essence d'estragon est obtenue par hydrodistillation des feuilles d'estragon.

1. Structure des molécules

Les formules semi-développées de l'estragole et de l'anéthole sont :



1.1. Quel type d'isomérisation existe-t-il entre l'estragole et l'anéthole ?

1.2. L'une de ces substances présente une stéréoisomérisation.

1.2.1. Quelle est cette stéréoisomérisation ?

1.2.2. Représenter et identifier les deux stéréoisomères.

2. Hydrodistillation des feuilles d'estragon

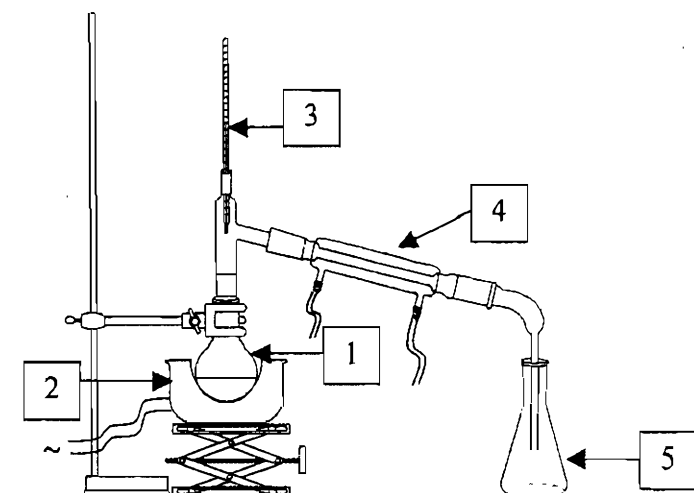
Données

	estragole	dichlorométhane	eau	eau salée
densité	0,96	1,34	1,00	≈ 1,1
solubilité de l'estragole		très soluble	peu soluble	très peu soluble

Mode opératoire

◆ Dans un ballon de 500 mL, on introduit 200 mL d'eau distillée, des feuilles finement découpées d'estragon frais et quelques grains de pierre ponce (ou des billes de verre).

◆ On réalise le montage d'hydrodistillation représenté ci-après et on porte à ébullition le mélange contenu dans le ballon.



◆ On laisse se poursuivre la distillation jusqu'à obtenir environ 50 mL de distillat ; le distillat est trouble car il est composé d'un mélange hétérogène : la phase aqueuse et la phase huileuse (contenant l'estragole), mal séparées.

◆ On ajoute au distillat 5 g de chlorure de sodium que l'on dissout par agitation.

◆ On verse ensuite le distillat dans une ampoule à décanter et on introduit 10 mL de dichlorométhane.

◆ Après agitation et décanter, on récupère la phase organique.

◆ On ajoute ensuite du sulfate de magnésium anhydre ; après filtration on obtient une solution H (« huile essentielle »).

Questions

- 2.1. Quel est le rôle de l'eau introduite dans le ballon ?
- 2.2. Dans le schéma du montage d'hydrodistillation, nommer les différentes parties numérotées de 1 à 5 et préciser la fonction des tubulures latérales du dispositif 4.
- 2.3. Justifier l'ajout du chlorure de sodium au distillat en utilisant les données.
- 2.4.
 - 2.4.1. Faire le schéma de l'ampoule à décanter, après agitation et décantation. Préciser les positions de la phase aqueuse et de la phase organique. Justifier à partir des données.
 - 2.4.2. Quelle précaution liée à la sécurité doit-on prendre lors de l'agitation de l'ampoule à décanter ?
 - 2.4.3. Pourquoi après décantation récupère-t-on la phase organique plutôt que la phase aqueuse ?
- 2.5. Quel est le rôle du sulfate de magnésium anhydre ?

3. Chromatographie sur couche mince (CCM)

On se propose de vérifier la présence d'estragole dans l'essence d'estragon obtenue par hydrodistillation, ainsi que dans des essences d'estragon, de basilic et d'anis vert du commerce. On souhaite vérifier simultanément la présence d'anéthole dans l'essence d'anis.

Mode opératoire

On réalise les six solutions suivantes dans le cyclohexane :

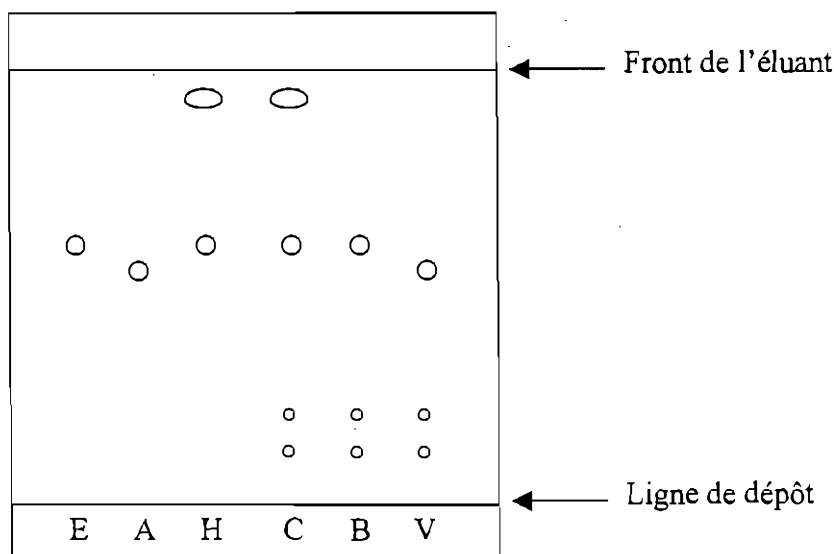
- | | | |
|---------------------------|--|--|
| - une d'estragole pur : E | | - une d'essence d'estragon du commerce : C |
| - une d'anéthole pur : A | | - une d'essence de basilic du commerce : B |
| - une de la solution H | | - une d'essence d'anis vert du commerce : V. |

Sur une plaque de silice sensible au rayonnement ultra-violet, on effectue les dépôts de chacune de ces six solutions.

L'éluant est un mélange de cyclohexane à 97,5% et d'acétate d'éthyle à 2,5% en volume.

La plaque est révélée avec une lampe émettant des radiations ultraviolettes.

Le chromatogramme est reproduit ci-après :



Le chromatogramme permet-il toutes les vérifications attendues ? Justifier.

II. ACIDES ET BASES EN QUESTIONS (4 points)

L'exercice est un **QUESTIONNAIRE À CHOIX MULTIPLES**. À chaque question peuvent correspondre aucune, une ou plusieurs propositions exactes.

Pour chacune des questions, chaque proposition doit être étudiée ; inscrire **EN TOUTES LETTRES "VRAI" ou "FAUX"** dans la case correspondante du tableau donné dans l'annexe 1 de la page 9/11 (À RENDRE AVEC LA COPIE). Les réponses fausses et l'absence de réponses seront **pénalisées**. Aucune justification n'est demandée.

Les solutions aqueuses sont à 25 °C et ont toutes une concentration égale à $10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le logarithme décimal est noté \lg .

Question 1 :

Parmi les couples acide/base ci-dessous, quel est ou quels sont, celui ou ceux correctement écrit(s) ?

- a) $\text{H}_2\text{O} / \text{H}_3\text{O}^+$;
- b) $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$;
- c) $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{HO}^-$;
- d) $\text{HO}^- / \text{H}_3\text{O}^+$.

Question 2 :

La relation qui relie le pH d'une solution d'acide faible HA au pK_a du couple HA/A⁻ peut s'écrire :

- a) $\text{pK}_a = \text{pH} + \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$;
- b) $\text{pH} = \text{pK}_a - \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$;
- c) $\text{pK}_a = \text{pH} + \lg \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}]}$;
- d) $\text{pH} = \text{pK}_a + \lg \frac{[\text{A}^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$;

Question 3 :

Une base est une espèce chimique capable :

- a) d'accepter un proton ;
- b) de céder un électron ;
- c) de céder un proton ;
- d) d'accepter un électron.

Question 4 :

Une solution aqueuse d'un monoacide a pour concentration $c = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$:

- a) si $[\text{H}_3\text{O}^+] < c$, alors l'acide est faible ;
- b) si $[\text{H}_3\text{O}^+] > c$, alors l'acide est fort ;
- c) si $\text{pH} = 2$, alors l'acide est fort ;
- d) si $\text{pH} = 3$, alors la réaction de l'acide avec l'eau est totale.

Question 5 :

Soient deux monobases faibles différentes. En solution aqueuse, à la même concentration et à la même température, la base la plus forte des deux est celle :

- a) dont la solution possède le pH le plus élevé ;
- b) dont la solution possède le pH le moins élevé ;
- c) dont le rapport $\frac{K_a}{K_e}$ est le plus petit ;
- d) dont le rapport $\frac{K_a}{K_e}$ est le plus grand.

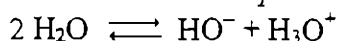
Question 6 :

Soit une solution d'acide HA dont le pK_a du couple associé vaut 4,2 :

- a) l'espèce A⁻ prédomine pour $\text{pH} = 6,2$;
- b) l'espèce HA prédomine pour $\text{pH} = 5,5$;
- c) les espèces A⁻ et HA sont en quantité égale pour $\text{pH} = 4,2$;
- d) aucune des espèces A⁻ et HA ne prédomine à $\text{pH} = 7,0$.

Question 7 :

Soit la réaction d'équation-bilan :



- a) elle correspond à la réaction entre un acide fort et une base forte ;
- b) la constante associée vaut 10^{-14} à 25°C ;
- c) elle est appelée réaction d'autoprotolyse de l'eau ;
- d) n'a lieu que dans l'eau pure.

Question 8 :

On réalise le dosage d'une solution d'acide éthanoïque ou acétique (le pK_a du couple associé vaut 4,8) par une solution de soude :

- a) le pH à l'équivalence est égal à 4,8 ;
- b) le pH à l'équivalence est égal à 7,0 ;
- c) à la demi-équivalence, le pH est égal à 2,4 ;
- d) à la demi-équivalence, le pH est égal à 3,5.

III. UNE APPLICATION INDUSTRIELLE DU CHAMP ÉLECTROSTATIQUE (6 points)

Présentation du dispositif :

La précipitation électrostatique est pratiquement la seule utilisable pour traiter les fumées rejetées par les centrales thermiques.

Les gaz passent dans des canaux métalliques verticaux.

Sur la **figure 1** ci-dessous, un canal métallique est représenté par deux parois métalliques (C) et (C'), planes, verticales, parallèles et reliées à la terre, de potentiel électrique nul ($V_C = V_{C'} = 0 \text{ V}$). La distance entre ces plaques (C) et (C') est $D = 2d = 40 \text{ cm}$, leur hauteur H est de plusieurs mètres.

Dans le plan de symétrie vertical des canaux, sont tendus, à intervalles réguliers, des fils verticaux notés F, très rapprochés et isolés, maintenus chacun à un potentiel électrique $V_F = -50 \text{ kV}$.

Sur la **figure 2** ci-dessous, l'ensemble de ces fils est **modélisé**, dans une première approximation, par une plaque (F) verticale, parallèle à (C) et (C'), **équidistante** de (C) et (C') et portée au potentiel $V_F = -50 \text{ kV}$. L'ensemble ainsi modélisé est équivalent à deux condensateurs plans :

l'un, formé par les plaques (C) et (F),

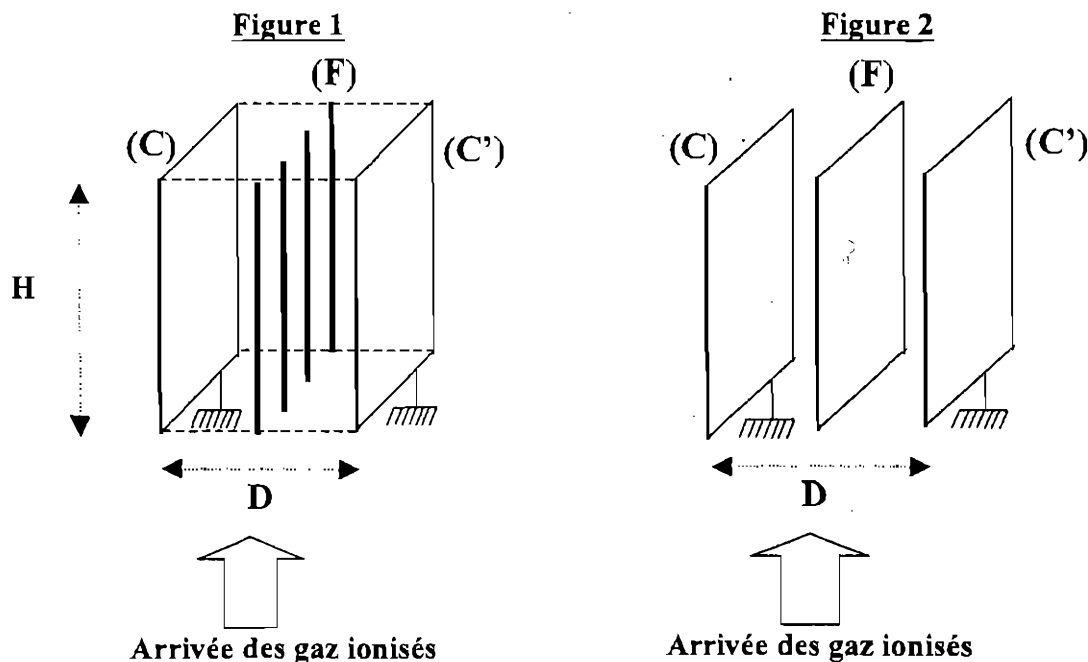
l'autre, par les plaques (C') et (F).

Juste à l'entrée de ces canaux, un dispositif ionisant permet de charger négativement les particules en suspension dans les gaz.

Les particules chargées sont déviées par les forces électrostatiques (ou électriques) vers les parois verticales reliées à la terre.

Par vibration, on provoque la chute des particules qu'on récupère pour les éliminer.

De telles installations de précipitation des fumées sont très coûteuses et peuvent représenter près de 10 % du prix de fabrication de la centrale thermique.



Données supplémentaires :

On considère que l'action d'une force de valeur F_1 peut être négligée par rapport à celle d'une force de valeur F_2 si $F_2 > 100 F_1$.

Intensité du champ de pesanteur $g \approx 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

Le référentiel terrestre d'étude est supposé galiléen.

1. Trajectoire d'une particule

Une particule ponctuelle, de masse m et de charge q **négative**, pénètre avec une vitesse de valeur v_0 , en un point O situé entre les plaques (C) et (F) ; O est équidistant de ces plaques (C) et (F).

Le vecteur \vec{v}_0 est parallèle à l'axe vertical Oz représenté sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/11 (À RENDRE AVEC LA COPIE)**.

La trajectoire de la particule se trouve dans le plan contenant le repère (O, \vec{i}, \vec{k}) .

L'origine des dates est choisie lorsque la particule pénètre en O entre les plaques.

On suppose, dans cette question, que la particule n'est soumise, entre les deux plaques, qu'à l'action de la force électrostatique (ou électrique) notée \vec{F} .

1.1.

1.1.1. Exprimer la valeur E du vecteur champ électrostatique (ou électrique) \vec{E} créé entre les deux plaques (C) et (F) en fonction de la tension $U = V_C - V_F$.

1.1.2. Représenter ce vecteur \vec{E} sans souci d'échelle sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/11 (À RENDRE AVEC LA COPIE)**.

1.2. Écrire la relation entre le vecteur force électrostatique \vec{F} et le vecteur champ électrostatique \vec{E} . Représenter le vecteur force sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/11** lorsque la particule est en O .

1.3. Écrire, en nommant la loi utilisée, la relation vectorielle entre l'accélération \vec{a} de la particule et la force électrostatique \vec{F} .

1.4. Compléter le tableau **de l'annexe 2 de la page 10/11** en donnant les expressions littérales de chacune des coordonnées sur les axes Ox et Oz des différentes grandeurs (champ électrostatique, force électrostatique, accélération, vitesse initiale) en fonction de U , d , m , q et v_0 ainsi que leurs unités dans le système international.

1.5. Établir les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du mouvement de la particule.

1.6. *L'équation de la trajectoire de la particule est de la forme : $x = Kz^2$.*

1.6.1. Établir l'équation de la trajectoire à partir des équations horaires.

1.6.2. Identifier et donner le signe de la constante K .

1.6.3. Représenter, sans souci d'échelle, l'allure de cette trajectoire sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/11**.

2. Application au traitement des fumées

2.1. Sur la **figure 3 de l'annexe 2 de la page 10/11**, représenter, sans justification :

2.1.1. le vecteur champ électrostatique \vec{E}' entre les plaques (F) et (C) ;

2.1.2. l'allure de la trajectoire d'une particule chargée négativement arrivant en O' avec un vecteur vitesse \vec{v}'_0 .

2.2. *L'ordre de grandeur de la charge électrique de la particule est le nanocoulomb.*

Évaluer la masse maximale d'une particule pour que l'action de son poids soit négligeable devant celle de la force électrostatique.

2.3. Justifier alors brièvement et sans calcul la phrase de l'énoncé « *Présentation du dispositif* » qui est soulignée dans l'encadré.

2.4. Quel est l'intérêt du traitement des fumées malgré le surcoût de fabrication de la centrale ?

IV. LA « CAMÉRA » DU PETIT LÉONARD (5 points)

Au XVIII^{ème} siècle, une « caméra oscura » (chambre obscure) portable, permettait d'obtenir facilement l'esquisse d'un objet tel que le pot de fleurs représenté sur le schéma page 8/11.

Des rayons diffusés par l'objet sont réfléchis par un miroir puis traversent une lentille convergente. Un éventuel réglage de la distance entre la lentille et une feuille de papier permet d'obtenir une image nette sur la feuille de papier.

Il n'y a plus qu'à repasser au crayon l'image obtenue.

1.

1.1. Donner les définitions d'un point objet et d'un point image.

1.2. En justifiant, indiquer la nature, réelle ou virtuelle, du point objet A représenté sur la **figure 1 de l'annexe 3 page 11/11 (À RENDRE AVEC LA COPIE)**.

1.3.1. Sachant qu'un miroir plan (M) donne, d'un point objet, un point image symétrique par rapport à (M), construire, sur la **figure 1 de l'annexe 3 page 11/11** la position de l'image A_1 donnée par le miroir plan (M) du point objet A.

1.3.2. En justifiant, indiquer la nature, réelle ou virtuelle, de cette image A_1 .

2. Soient deux points A et B de l'objet dont on veut faire l'esquisse (voir le schéma page 8/11 et la figure 2 de l'annexe 3 page 11/11). Ces points appartiennent à un même plan vertical, situé à la distance IA du point I du miroir. Ce point I est situé sur l'axe optique de la lentille (L). Le miroir (M) est incliné d'un angle fixe de 45° par rapport à l'horizontale IA.

La figure 2 est un schéma de principe non réalisé à l'échelle : il ne respecte pas les rapports entre les longueurs mises en jeu.

2.1. Construire sur la **figure 2 de l'annexe 3 page 11/11** l'image A_1B_1 donnée par le miroir (M) de l'objet AB.

2.2. Cette image A_1B_1 joue le rôle d'objet pour la lentille convergente (L) de centre optique O. L'image A'B' de A_1B_1 donnée par la lentille (L) se forme sur la feuille de papier.

À l'aide du tracé soigné de quelques rayons :

2.2.1. construire sur la **figure 2 de l'annexe 3 page 11/11** l'image B' de B_1 ;

2.2.2. déterminer la position du foyer principal image F' de la lentille (L).

2.3. Sans utiliser la construction qui n'est pas réalisée à l'échelle, calculer la distance entre la feuille de papier et la lentille (L).

Données :

vergence de la lentille (L) : $C = +2,5 \delta$; distance IA = 190 cm ; distance IO = 10 cm.

2.4.

2.4.1. Calculer le grandissement γ donné par la lentille (L).

2.4.2. En déduire la dimension A'B' de l'image.

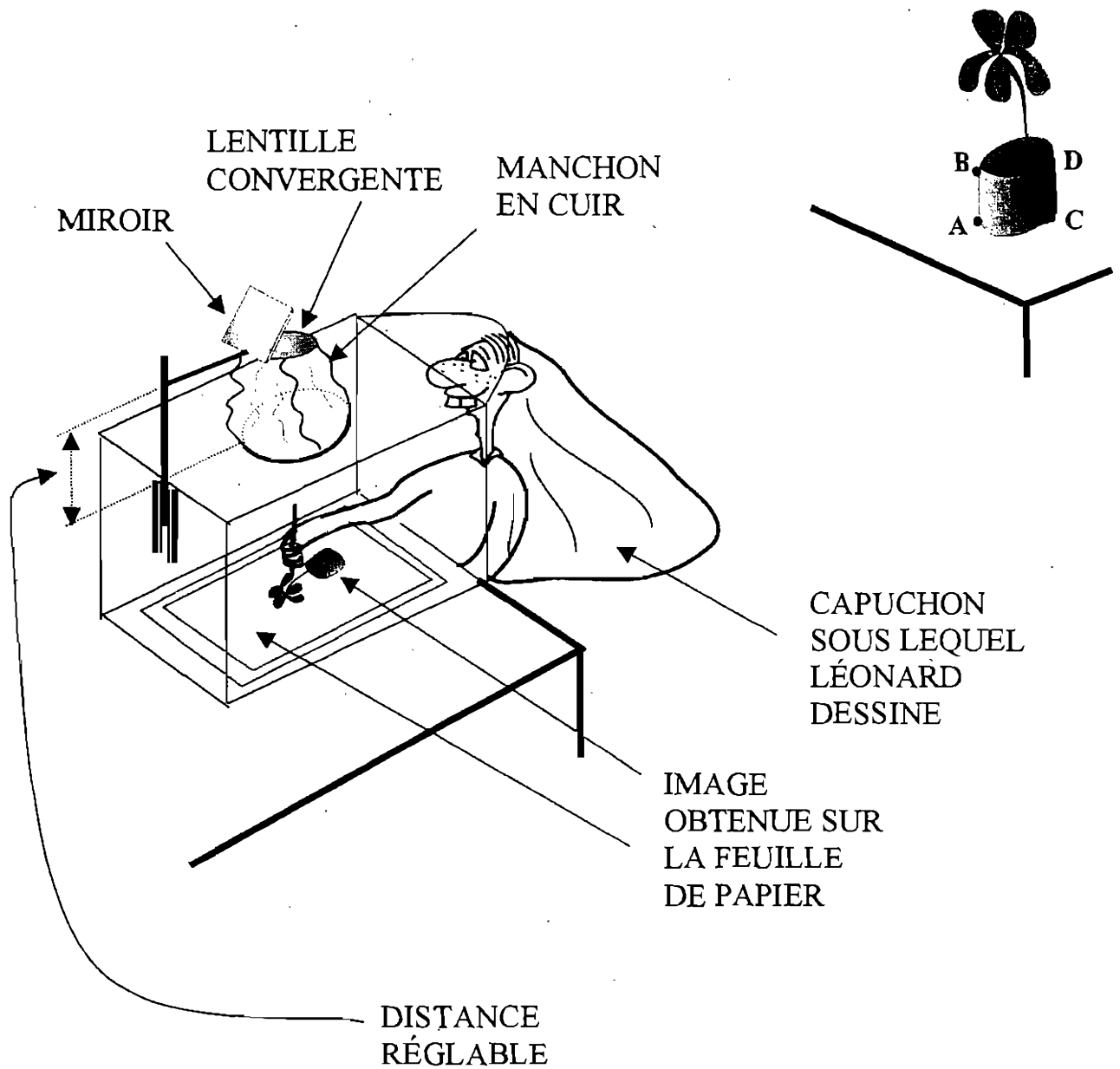
Donnée : dimension de l'objet : AB = 32 cm.

2.5. Soient deux autres points C et D de l'objet, situés dans un même plan vertical mais plus éloignés du miroir que les points A et B.

2.5.1. L'image C'D' de CD donnée par (L) est-elle plus proche ou plus éloignée de (L) que l'image A'B' ? Aucune justification n'est demandée.

2.5.2. Si, sur la feuille de papier, la lentille donne de points objets trop éloignés ou trop rapprochés du miroir des images floues, quel réglage, sur sa « caméra », Léonard doit-il effectuer pour rendre les images nettes ?

SCHÉMA

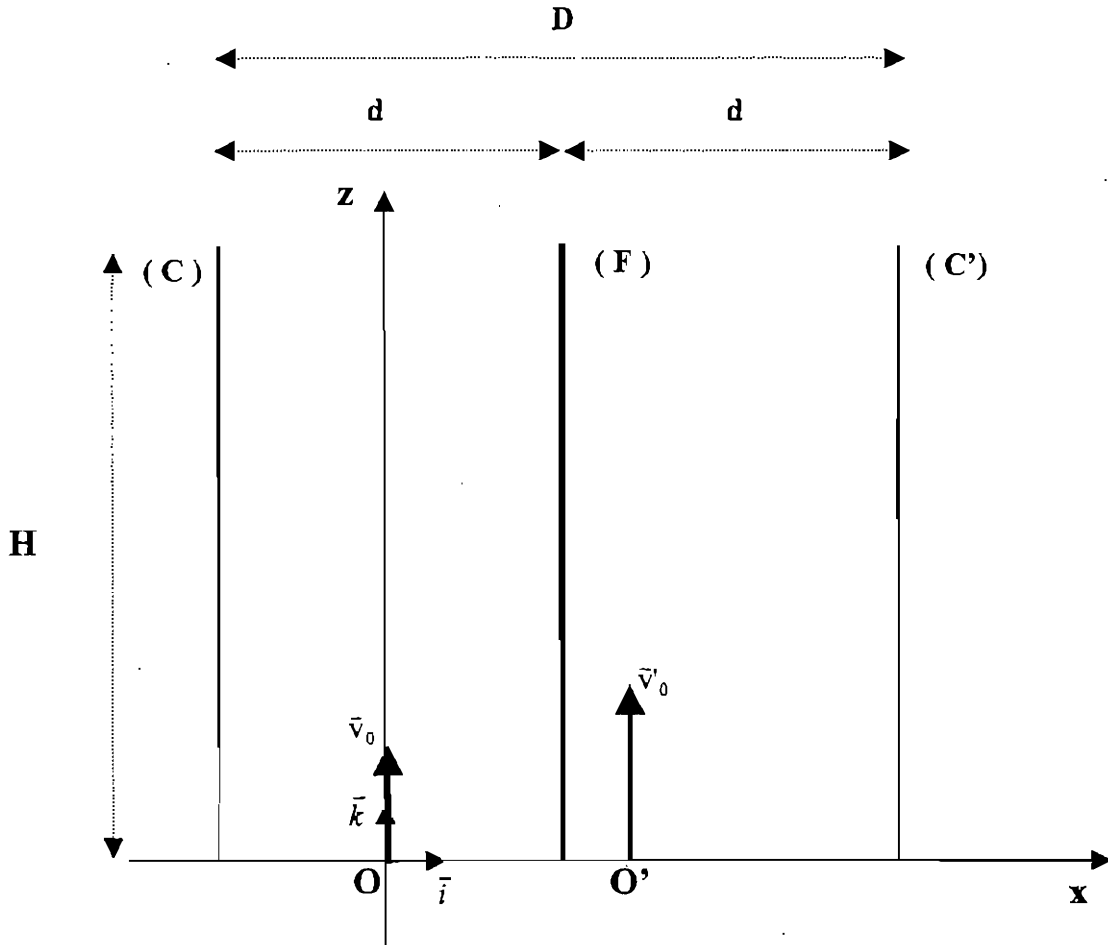


ANNEXE 1 RELATIVE À L'EXERCICE II
À RENDRE AVEC LA COPIE

réponses questions	a	b	c	d
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

**ANNEXE 2 RELATIVE À L'EXERCICE III
À RENDRE AVEC LA COPIE**

Figure 3



	coordonnée sur l'axe (Ox)	coordonnée sur l'axe (Oz)	unité dans le système international
Champ électrostatique	$E_x =$	$E_z =$	
Force électrostatique	$F_x =$	$F_z =$	
Accélération	$a_x =$	$a_z =$	
Vitesse initiale	$v_{0x} =$	$v_{0z} =$	

**ANNEXE 3 RELATIVE À L'EXERCICE IV
À RENDRE AVEC LA COPIE**

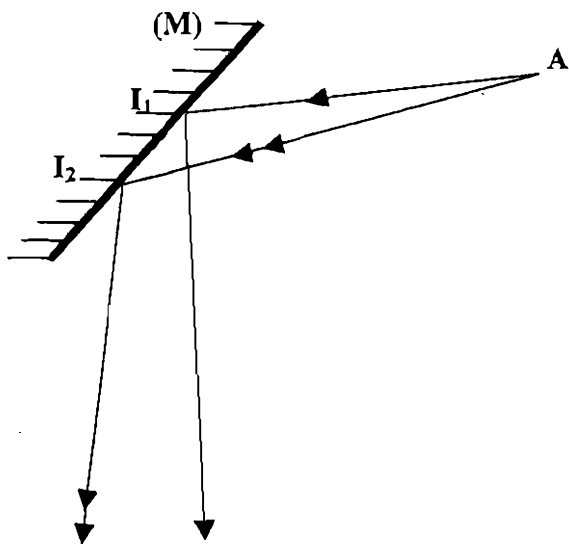


FIGURE 1

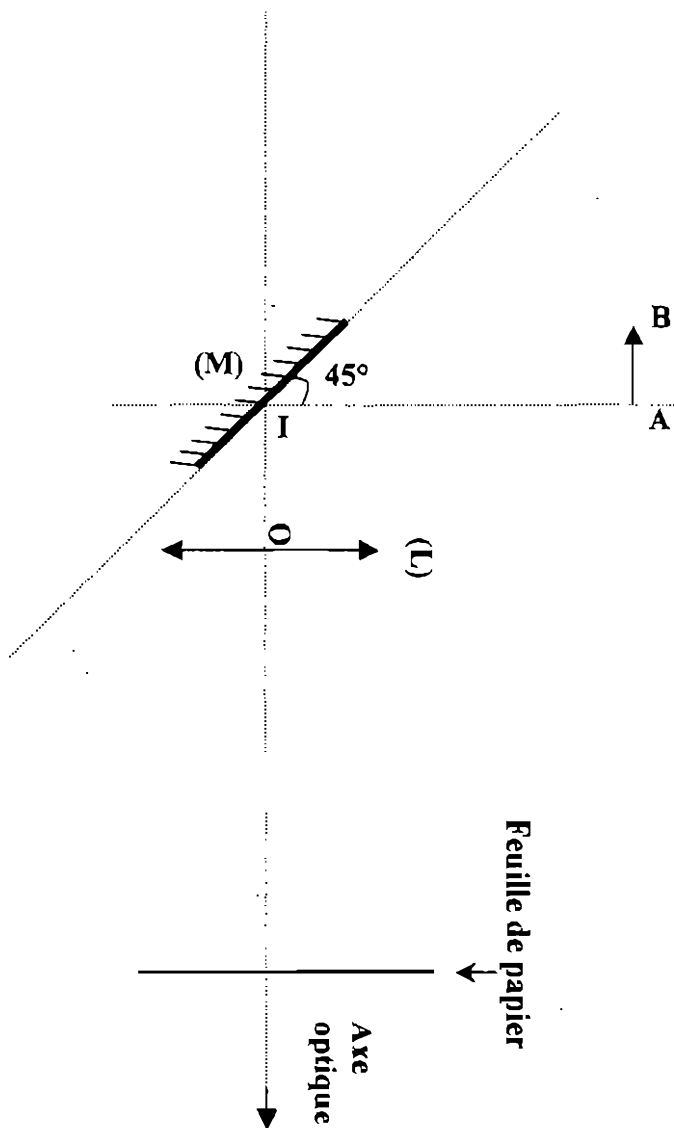


FIGURE 2

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. Hydrodistillation de l'estragon (5points)
- II. Acides et bases en questions (4points)
- III. Une application industrielle du champ électrostatique (6 points)
- IV. Étude de la décharge d'un condensateur (5 points)
- IV_{Spé} La « caméra » du petit Léonard (5 points)

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale et a une durée de vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Lors des interrogations orales il convient de respecter les compétences exigibles du programme et les compétences à évaluer précisées dans le texte définissant l'épreuve de physique-chimie (arrêté du 12 janvier 1995, fixant le programme de terminale S, note de service n° 96-223 du 10.09.1996 (BOEN n°33 du 19 septembre 1996), note de service n° 98-175 du 03.09.1998 (BOEN n° 33 du 10 septembre 1998) et (BOEN n° 12 hors série du 29 octobre 1998) fixant des aménagements de programme reconduits dans la note de service n° 99-168 du 27-10-1999 publiée au BOEN n° 39 du 4 novembre 1999.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

1. Rappel sur les aménagements des programmes obligatoires de l'examen

Les rubriques supprimées des programmes, pour cette année, sont celles désignées dans la note de service n° 98-175 du 3 septembre 1998 (B.O. n° 33 du 10 septembre 1998 et BOEN n°12 hors série du 29 octobre 1998), comme ne devant pas faire l'objet d'exercices lors de l'épreuve du baccalauréat pour la session 1999. La note de service n° 99-168 du 27-10-1999 publiée au BOEN n° 39 du 4 novembre 1999 reconduit les aménagements de programme.

Les rubriques suivantes du programme de physique-chimie de terminale scientifique ne feront l'objet d'aucun exercice lors de l'épreuve de physique-chimie du baccalauréat général, série S, pour la session 1999

- Dans le programme de physique : enseignement obligatoire
 - dans la partie II Systèmes oscillants
 - . rubrique 4.2 Oscillations entretenues. Apport d'énergie (réaction positive) et limitation de l'amplitude (non linéarité) Retour sur les exemples étudiés, horloge mécanique, oscillateur électrique, effet Larsen ;
 - dans la partie III Lumières visibles et invisibles dans le chapitre 2 Lumière : onde ou corpuscule ?
 - . rubrique 2.1 Le photon. Quantification de l'énergie lumineuse.
 - . rubrique 2.2 Spectres de raies et niveaux d'énergie de l'atome.
 - . rubrique 2.2.1 Spectres d'émission et d'absorption : carte d'identité des atomes.
 - . rubrique 2.2.2 Niveaux d'énergie de l'atome et bilans énergétiques, lors d'une émission ou d'une absorption ;
 - dans le chapitre 3 Une source de lumière cohérente : le laser, un oscillateur à fréquence optique.
 - . rubrique 3.2 Description élémentaire du principe du laser, cavité résonnante, oscillations entretenues ;
- Dans le programme de chimie : enseignement obligatoire
 - dans le chapitre 3 Notions élémentaires de stéréochimie
 - . rubrique 3.1 Justification de la géométrie des molécules simples par la méthode VSEPR
 - Distinction entre paires d'électrons libres et paires d'électrons liés
 - Justification de la géométrie des molécules de type AX₂, AX₃, AX₄, AX₃E, AX₂E₂.
 - dans le chapitre 5 Médicaments
 - . rubrique 5.1 Histoire et production industrielle d'un médicament : l'aspirine.

2. Rappel sur les aménagements des programmes de spécialité de l'examen

B.O. H.S. n°8 du 31 août 2000

PROGRAMME DE PHYSIQUE

Image et communication

1 - Formation optique d'une image

"Compétences exigibles"

Supprimer : Montrer l'importance du flux lumineux et expliquer le rôle d'un condenseur.

Supprimer : Montrer qu'à un point objet correspond une tache dont la dimension dépend du système.

Remplacer : Régler un montage optique simple à deux éléments pour obtenir une image par : Régler un montage optique simple à deux éléments convergents pour obtenir une image.

"Contenus"

Supprimer dans la partie approfondissements : Flux lumineux collecté.

"Compétences exigibles"

Remplacer : Analyser un montage optique dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux par : Analyser un montage optique, ne comportant que des lentilles convergentes, dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux.

2 - Télécommunications

Supprimer les items :

- Réaliser un oscillateur électrique et mesurer sa fréquence d'oscillation et son amplitude.

- Expliquer le principe de la modulation de fréquence.

- Connaître les grandes étapes du développement des télécommunications.

- Connaître les propriétés d'une photodiode (variation de l'intensité avec l'éclairement, domaine de sensibilité en longueur d'onde).

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un caméscope : formation d'une image optique sur une mosaïque de cellules CCD, tension de sortie du caméscope reproduisant l'état de chaque cellule.

PROGRAMME DE CHIMIE

Les molécules de l'alimentation

1 - Espèces ioniques présentes dans les boissons

"Activités expérimentales"

Supprimer : Mises en évidence d'espèces ioniques minérales dissoutes.

Supprimer la rubrique "Approfondissements : Réactions d'identification des ions"

"Compétences exigibles"

Supprimer : Savoir identifier les ions suivants : Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} .

Ajouter : Aucune connaissance n'est exigible sur les méthodes de dosage des ions (en particulier : méthode de Mohr et méthode de Charpentier Volhard).

2 - Sucres et édulcorants

"Activités expérimentales"

Supprimer :

- Dosage d'un ose réducteur.

- Étude chimique d'un édulcorant : l'aspartame.

- Le groupement fonctionnel amide

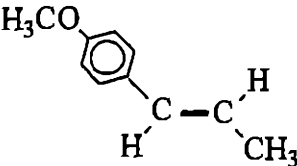
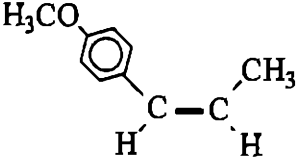
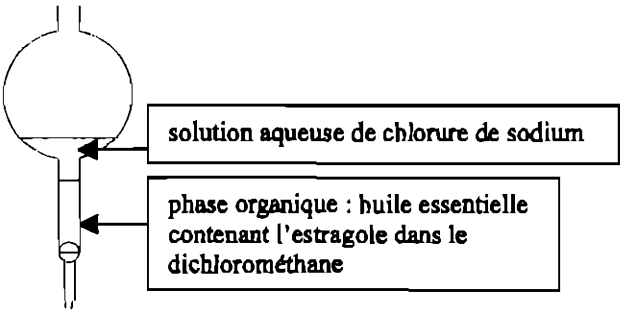
"Compétences exigibles" :

Supprimer : Savoir réaliser le dosage d'un ose réducteur.

4 - Arômes, colorants et conservateurs

Supprimer l'ensemble du paragraphe "4.4 Synthèse d'un arôme".

CORRIGÉ Hydrodistillation de l'estragon (5 points)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.1. Isomères de constitution (et plus précisément de position)	0,25	accepter « de position » <u>ou</u> « de constitution ».
1.2.1. Stéréoisomérisie géométrique ou diastéréoisomérisie	0,25	ou Z-E accepté
1.2.2.	0,5	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Isomère E</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Isomère Z</p> </div> </div>		
2.1. La vapeur d'eau formée entraîne les composés volatils et notamment les constituants de l'huile essentielle d'estragon	0,25	
2.2.	0,75	enlever 0,25 pour chaque mauvaise réponse (pas de points négatifs)
1- ballon 2- chauffe-ballon 3- thermomètre 4- réfrigérant ou condenseur à eau 5- erlenmeyer ou fiole de réception Tubulures latérales utilisées pour la circulation d'eau	0,25	sens de circulation non exigé
2.3. La dissolution du chlorure de sodium dans l'eau diminue la solubilité dans l'eau de l'huile essentielle.	0,25	
2.4.1.	0,25 schéma 0,25 position des deux phases 0,25 justification	
 <p>La densité du dichlorométhane étant supérieure à 1,1, la phase organique se place en dessous.</p>		
2.4.2. Dégazage pour supprimer et éviter une surpression (cf vapeurs de solvant)	0,25	
2.4.3. La phase organique contient l'huile essentielle d'estragon	0,25	
2.5. Éliminer les traces d'eau dans la phase organique	0,25	ou agent desséchant
3. Présence d'une substance vérifiée par une tâche au même niveau que le produit pur	0,25	
Présence d'estragole dans H, C, B	0,25	
Présence d'anéthole dans V	0,25	
Présence d'estragole dans V non vérifiée	0,25	

CORRIGÉ Acides et bases en question ... (4 points)

réponse question	a	b	c	d	Barème	Commentaires
1	Faux	Vrai	Faux	Faux	0,5	<p><u>Pour chaque question :</u></p> <p>Les points ne sont attribués que si la totalité des réponses est exacte.</p> <p>0 si réponse partielle ou comportant une erreur quelconque.</p>
2	Faux	Faux	Faux	Faux	0,5	
3	Vrai	Faux	Faux	Faux	0,5	
4	Vrai	Faux	Vrai	Faux	0,5	
5	Vrai	Faux	Vrai	Faux	0,5	
6	Vrai	Faux	Vrai	Faux	0,5	
7	Faux	Vrai	Vrai	Faux	0,5	
8	Faux	Faux	Faux	Faux	0,5	

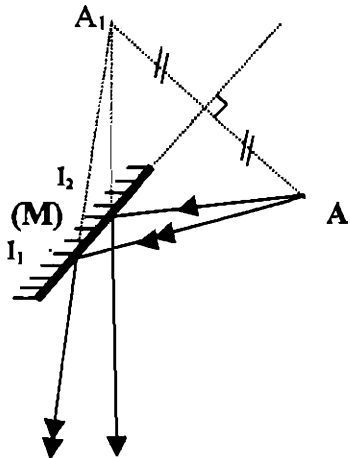
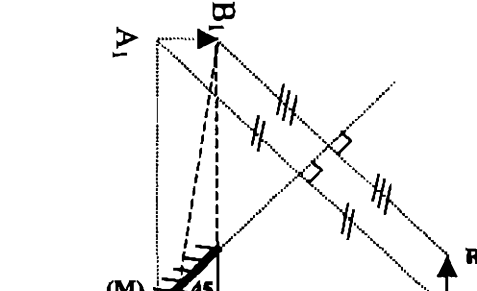
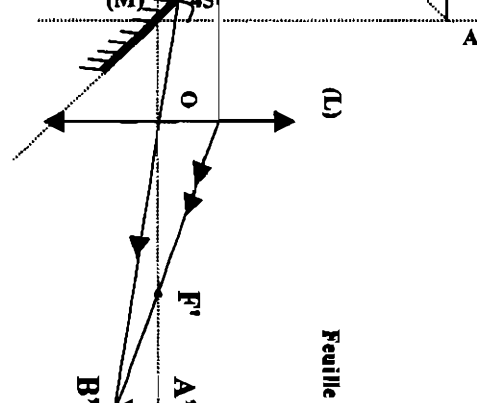
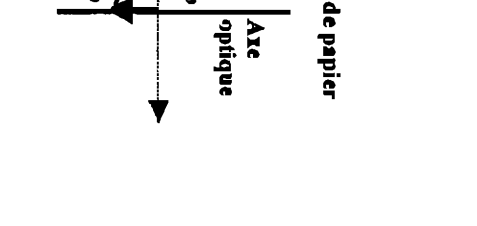
CORRIGÉ Une application industrielle du champ électrostatique (6 points)

Réponse attendue	barème	commentaires
1.1.1. $E = \frac{U}{d}$	0,25	ou $\frac{ U }{d}$ ou $\frac{V_C - V_F}{d}$
1.1.2. \vec{E} perpendiculaire aux plaques et orienté dans le sens des potentiels décroissants donc de C vers F	0,25	
1.2. $\vec{F} = q\vec{E}$ \vec{F} : origine en O, parallèle à \vec{E} mais sens opposé.	0,25 0,25	
1.3. D'après la deuxième loi de Newton : $\vec{F} = m\vec{a}$	0,25×2	ou théorème du centre d'inertie
1.4. $E_x = \frac{U}{d}$ $E_z = 0$ en $V.m^{-1}$ $F_x = \frac{qU}{d}$ $F_z = 0$ en N $a_x = \frac{qU}{md}$ $a_z = 0$ en $m.s^{-2}$ $v_{0x} = 0$ $v_{0z} = v_0$ en $m.s^{-1}$	1,5	- 0,25 pour chaque erreur. 0 pour 6 erreurs ou plus. ou $-\frac{ q U}{d}$ ou $-\frac{ q U}{md}$
1.5. Exiger $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ et $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$ $v_x(t) = a_x t + v_{0x} = a_x t$ $v_z(t) = a_z t + v_{0z} = v_0$ $x(t) = \frac{1}{2} a_x t^2 + v_{0x} t + x_0 = \frac{1}{2} a_x t^2$ $z(t) = \frac{1}{2} a_z t^2 + v_{0z} t + z_0 = v_{0z} t$ $x(t) = \frac{qU}{2md} t^2$ $z(t) = v_0 t$	0,25×2	ou $x(t) = -\frac{ q U}{2md} t^2$
1.6.1. $t = \frac{z}{v_0}$ d'où $x = \frac{qU}{2mdv_0^2} z^2$	0,25	ou $x = -\frac{ q U}{2mdv_0^2} z^2$
1.6.2. $K = \frac{qU}{2mdv_0^2} < 0$ car U, m, d et $v_0^2 > 0$ mais $q < 0$	0,25	ou $K = -\frac{ q U}{2mdv_0^2}$
1.6.3. allure : arc de parabole	0,25	au point de départ en O, le vecteur \vec{v}_0 doit être tangent à la parabole ne pas accepter une droite
2.1.1. vecteur \vec{E}' perpendiculaire aux plaques et de C' vers F	0,25	
2.1.2. arc de parabole de sommet O' tangente en O' au vecteur \vec{v}_0' et tournée vers la plaque C'.	0,25	
2.2. Il faut que $F > 100 P$ soit $\frac{ q U}{d} > 100 \text{ mg}$ $m < \frac{ q U}{100gd}$ ordre de grandeur : $ q = 10^{-9} \text{ C}$; $U = 50 \times 10^3 \text{ V}$; $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ et $d = 20 \times 10^{-2} \text{ m}$ ce qui donne : $m < 2,5 \times 10^{-7} \text{ kg}$ soit une masse maximale de quelques dixièmes de milligrammes.	0,25 0,5	
2.3. D'après les trajectoires tracées sur la figure 3, on voit que les particules sont déviées dans chaque condensateur vers les plaques C ou C' sous l'action des forces électrostatiques.	0,25	accepter toute justification cohérente.
2.4. Éviter le rejet des poussières dans l'atmosphère et limiter la pollution	0,25	accepter toute réponse valable concernant l'environnement

CORRIGÉ Étude de la décharge d'un condensateur (5 points)

Réponses	Barème	Commentaires
On bascule le commutateur de la position 2 à la position 1 puis de la position 1 à la position 2.	0,25	0 si une seule position
2.1.1. D'après l'orientation du schéma, i est négatif lors de la décharge 2.1.2. $u_R = Ri$ 2.1.3. $u_C = q/C$ 2.1.4. $i = dq/dt$ 2.1.5. $u_R + u_C = 0$	0,5 4×0,25 = 1	
2.2; $i = C \cdot du_C/dt$ et $u_R = RC \cdot du_C/dt \Rightarrow$ d'après 2.1.d) $u_C + RC \cdot du_C/dt = 0$ de la forme demandée	0,5	
2.3. $1/\alpha = RC$	0,25	
2.4. $\alpha = -1/u_C \cdot du_C/dt$ donc dimension de $\alpha : [s]^{-1}$ donc $1/\alpha$ en s c'est une durée τ ou $RC = (u_R/i) \cdot (q/u_C)$ RC a la dimension de q/i donc en seconde	0,5	
3.1. $\ln(u_C) = -\alpha \cdot t + \ln E$	0,25	
3.2.1. La courbe $y = \ln(u_C) = f(t)$ est une droite d'équation $y = 1,61 - 45,5 \cdot t$ donc $\ln E = 1,61$ et $\alpha = 45,5$	0,25	
3.2.2. $\tau = 1/\alpha = 1/45,5 \approx 1/50$ donc $\tau = 22$ ms	0,5	
4.1. Par lecture graphique : pour $n=1$ $p = 37\%$	0,5	36% accepté
4.2. Décharge terminée pour $p \approx 0$ donc $n \geq 5$	0,25	accepter $n \geq 6$
4.3. Durée minimum de fermeture de l'interrupteur lors de la charge $\Delta t = 5 \cdot \tau = 5 \times 22 = 110$ ms	0,25	accepter $\Delta t = 6 \times 22 = 132$ ms

CORRIGÉ La « caméra » du petit Léonard (5 points)

Réponses	Barème	commentaire
<p>1.1.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Un point objet se trouve à l'intersection de rayons incidents. ➤ Un point image se trouve à l'intersection de rayons émergents. 	<p>0,25 0,25</p>	
<p>1.2. Le point A se trouve réellement à l'intersection de rayons incidents sur le miroir ; c'est donc un point objet réel.</p>	<p>0,25</p>	<p>Ou bien : le faisceau limité par les rayons AI_1 et AI_2, incident par rapport au miroir, est divergent à partir de A.</p>
<p>1.3.1</p> 	<p>0,5</p>	<p>Prolongements des rayons émergents en pointillés exigés sinon 0,25</p>
<p>1.3.2..Le point image A_1 du point objet A est à l'intersection des prolongements de rayons émergents : c'est donc une image virtuelle. Ou bien : le faisceau limité par les rayons A_1I_1 et A_1I_2 émergent par rapport au miroir, semble provenir de A_1.</p>	<p>0,5</p>	
<p>2.1.</p> 	<p>0,25</p>	<p>Tracé de A_1B_1 en pointillés sinon zéro</p>
<p>2.2.1.</p> 	<p>0,25 0,25</p>	<p>Pour le rayon B_1OB'. Pour le rayon parallèle à l'axe principal.</p>
<p>2.2.2.</p> 	<p>0,25</p>	<p>Pour placer F'.</p>

<p>2.3. $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA_1}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$</p>	0,25	
<p>avec $\overline{OA_1} = -2 \text{ m}$ et $\frac{1}{\overline{OF'}} = +2,5 \delta$</p>	0,25	
<p>$\frac{1}{\overline{OA'}} = -0,5 + 2,5 = +2 \delta \Rightarrow \overline{OA'} = +0,5 \text{ m}$</p>	0,5	
<p>2.4.1. $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA_1}}$ avec $A_1B_1 = AB = 32 \text{ cm}$</p>	0,25	
<p>$\gamma = \frac{(+0,5)}{(-2)} = -\frac{1}{4}$</p>	0,25	
<p>2.4.2. $\overline{A'B'} = -\frac{1}{4} \times (+0,32) = -0,08 \text{ m}$ la dimension est $A'B' = 8 \text{ cm}$</p>	0,25	valeur algébrique acceptée.
<p>2.5.1. Le sens de déplacement de l'image est le même que celui de l'objet. L'objet CD étant plus éloigné de la lentille (L), l'image C'D' est donc plus proche de la lentille (L).</p>	0,25	accepter une construction
<p>2.5.2. En réglant la distance entre la lentille et la feuille de papier.</p>	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2001

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30. – COEFFICIENT : 6



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci. L'annexe 1 page 11 est à rendre avec la copie.

Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Extraction par un solvant
- II. Acides organiques et dérivés
- III. Principe du fonctionnement d'un oscilloscope
- IV. A la recherche d'une mesure du diamètre d'un cheveu

I. Extraction par un solvant (5 points)

Données :

	densité à 20°C	solubilité	remarques
acide propanoïque	0,99	soluble dans l'eau et dans l'éther	liquide corrosif provoque de graves brûlures
éther diéthylique (éther du pharmacien) ou éthoxyéthane	0,71	très peu soluble dans l'eau	liquide volatil très inflammable toxique

Couple acide - base	Valeur du pK_A (à 25°C)
$CH_3CH_2CO_2H/CH_3CH_2CO_2^-$	$pK_{A1} = 4,9$
H_3O^+/H_2O	$pK_{A2} = 0,0$
H_2O/HO^-	$pK_{A3} = pK_e = 14,0$

En séance de travaux pratiques, on se propose de procéder à une extraction de l'acide propanoïque par l'éther diéthylique (nommé communément « éther »).

Cette technique consiste à mettre l'acide en contact avec deux solvants non miscibles (non solubles entre eux), ici l'eau et l'éther. L'acide se dissout dans les deux solvants dans des proportions différentes que l'on cherche à déterminer.

1. Préparation de la solution aqueuse d'acide propanoïque

On dispose :

- * d'une solution aqueuse S_0 d'acide propanoïque de concentration $C_0 = 10,0 \text{ mol.L}^{-1}$;
- * du matériel suivant :
 - pipettes jaugées de 5,00 mL, 10,0 mL, 20,0 mL ;
 - éprouvettes à pied de 10 mL, 100 mL, 200 mL ;
 - bechers de 50 mL, 100,0 mL, 200,0 mL ;
 - fioles jaugées de 50,0 mL, 100,0 mL, 200,0 mL ;
 - poire à pipeter (ou « propipette ® »).

On veut préparer un volume $V_S = 200,0 \text{ mL}$ d'une solution S de concentration $C = 1,00 \text{ mol.L}^{-1}$.

- 1.1. Déterminer l'expression du volume V_0 de la solution S_0 à prélever pour la préparation de la solution S ; calculer la valeur de V_0 .
- 1.2. Choisir le matériel nécessaire à cette préparation.
- 1.3. Citer deux consignes de sécurité à respecter.

2. Extraction

Mode opératoire :

- Dans une ampoule à décanter, on introduit un volume $V = 50 \text{ mL}$ de la solution S préparée à la question 1. et un volume $V = 50 \text{ mL}$ d'éther diéthylique.
 - On agite pendant au moins 5 minutes en dégazant régulièrement.
 - On laisse décanter.
 - On recueille la phase aqueuse dans un becher.
- 2.1. Pourquoi faut-il agiter le mélange dans l'ampoule à décanter ?
 - 2.2. Pourquoi doit-on dégazer ? Comment procède-t-on ?
 - 2.3. Faire le schéma légendé de l'ampoule à décanter après la décantation, en indiquant le contenu de chaque phase et en justifiant leur position.

3. Dosage de l'acide propanoïque dans l'eau

On appelle C_1 la concentration molaire de l'acide dans la phase aqueuse recueillie, et C_2 la concentration de l'acide dans l'éther ; les deux phases ont le même volume $V = 50 \text{ mL}$.

Afin de déterminer C_1 et C_2 , on procède au dosage de l'acide dans la phase aqueuse. Pour cela, on prélève un volume $V_a = 20,0 \text{ mL}$ de la solution aqueuse recueillie ; on le verse dans un erlenmeyer ; et on y dose l'acide présent par une solution de soude (hydroxyde de sodium) de concentration $C_b = 0,500 \text{ mol.L}^{-1}$, en présence de phénolphaléine comme indicateur coloré.

Il faut verser un volume $(V_b)_E = 13,0 \text{ mL}$ de solution de soude pour obtenir l'équivalence acido-basique.

- 3.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction servant de support au dosage.
- 3.2. Définir et calculer la constante de réaction correspondante en l'écrivant sous forme d'une puissance de 10. Pourquoi est-il légitime d'utiliser cette réaction comme support du dosage ?
- 3.3. Calculer la concentration molaire C_1 de l'acide dans l'eau.
- 3.4. Montrer que $C_2 = C - C_1$. Calculer C_2 .
- 3.5. Dans lequel des deux solvants l'acide propanoïque est-il le plus soluble ?
- 3.6. Les chimistes ont décidé de traduire ce résultat par un coefficient, appelé coefficient de partage, défini comme étant le rapport $K = \frac{C_2}{C_1}$. L'intérêt de cette constante est qu'elle ne dépend que de la température et non des concentrations.

Calculer le coefficient de partage K de l'acide entre les deux solvants (donner le résultat sous forme d'un entier).

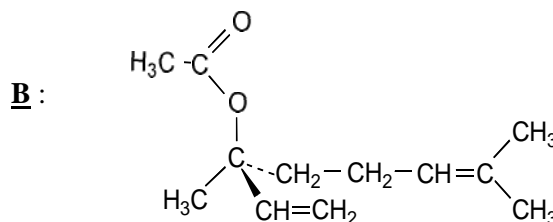
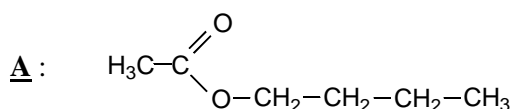
II. Acides organiques et dérivés (4 points)

On se propose d'illustrer dans cet exercice quelques exemples d'utilisation d'acides organiques et de leurs dérivés.

L'exercice comporte deux parties indépendantes.

1. Les parfums et les acides

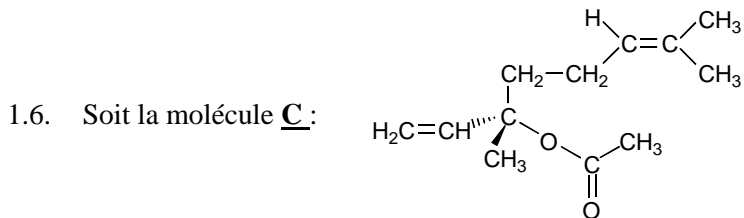
Les esters sont des dérivés d'acide d'odeur souvent agréable, comme par exemple l'éthanoate (ou acétate) de butyle (noté **A**) présent dans de nombreux fruits, et l'éthanoate (ou acétate) de linalyle (noté **B**) présent dans la lavande.



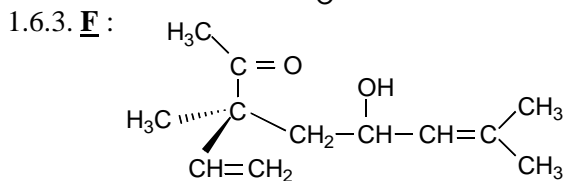
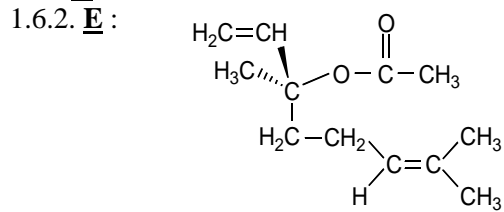
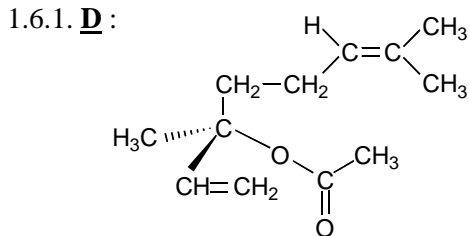
Pour chaque question posée, répondre par vrai ou par faux en toutes lettres dans la colonne de droite de la GRILLE DE L'ANNEXE 1 PAGE 11/11 A RENDRE AVEC LA COPIE.

Les réponses incorrectes ou manquantes seront pénalisées.

- 1.1. Le corps **A** peut être synthétisé en utilisant uniquement :
 - 1.1.1. de l'acide éthanoïque (ou acétique) et du butan-1-ol.
 - 1.1.2. de l'acide butanoïque et de l'éthanol.
 - 1.1.3. de l'acide éthanoïque (ou acétique) et de l'acide butanoïque.
- 1.2. La réaction de synthèse du composé **A** évoquée à la question précédente est :
 - 1.2.1. lente.
 - 1.2.2. totale.
 - 1.2.3. rendue totale grâce à un catalyseur.
- 1.3. Le corps **A** :
 - 1.3.1. présente des isomères Z/E.
 - 1.3.2. présente un couple d'énantiomères.
 - 1.3.3. ne présente pas d'isomère.
 - 1.3.4. présente des isomères de conformation.
- 1.4. La soude réagit sur le corps **A** et sur le corps **B** dans une réaction appelée :
 - 1.4.1. estérification.
 - 1.4.2. saponification.
 - 1.4.3. hydrolyse.
 - 1.4.4. neutralisation.
- 1.5. La molécule **B** :
 - 1.5.1. possède un atome de carbone asymétrique.
 - 1.5.2. est superposable à son image dans un miroir.
 - 1.5.3. est chirale.



Les molécules suivantes sont des isomères de configuration de **C** :

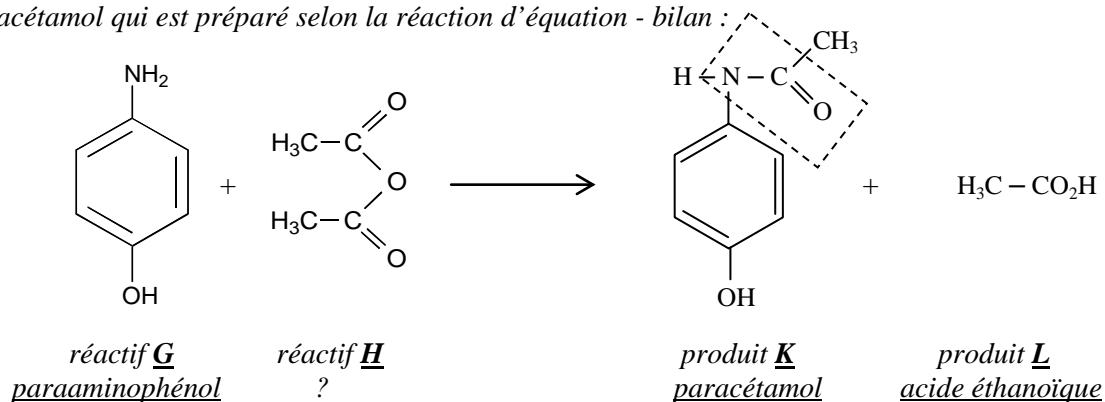


1.7. Les catalyseurs :

- 1.7.1. un catalyseur modifie l'état d'équilibre.
- 1.7.2. un catalyseur ne modifie pas la vitesse de la réaction.
- 1.7.3. H_2SO_4 catalyse seulement l'estérification et non l'hydrolyse.

2. Les médicaments

Les dérivés des acides entrent dans la fabrication de nombreux médicaments comme par exemple le paracétamol qui est préparé selon la réaction d'équation - bilan :

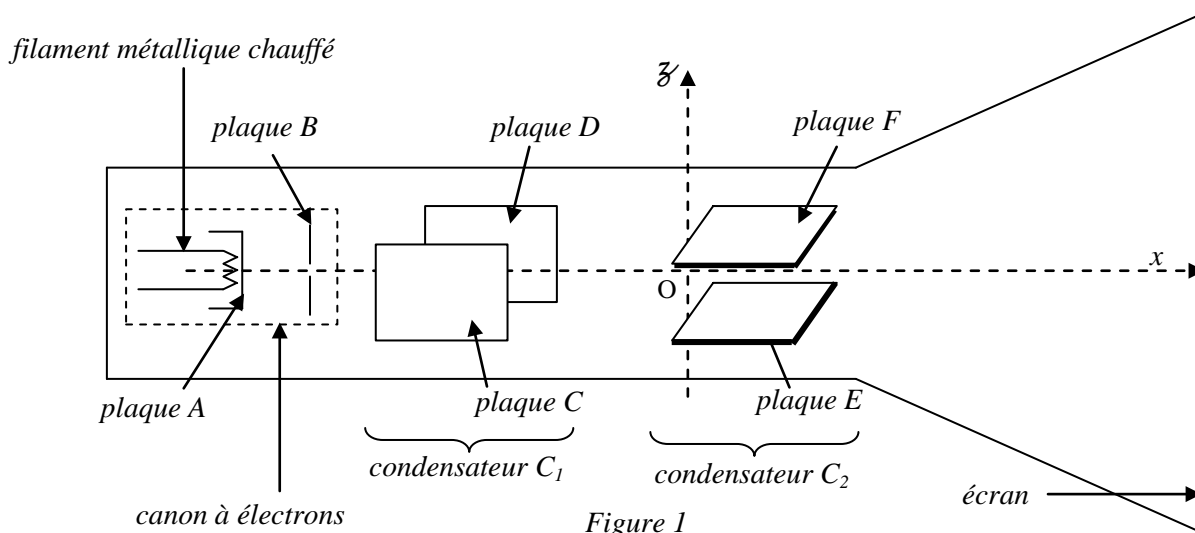


- 2.1. Quel est le nom du réactif noté **H** ?
- 2.2. Quel est le nom du groupe caractéristique encadré ?
- 2.3. Entourer un des sites électrophiles qui intervient dans cette réaction, après avoir recopié la molécule concernée sur la copie.
- 2.4. Entourer le site nucléophile qui intervient dans cette réaction, après avoir recopié la molécule concernée sur la copie.
- 2.5. Lors d'une séance de travaux pratiques, on prépare du paracétamol à partir d'une masse $m_{\underline{G}} = 0,20$ g de paraaminophénol (réactif **G**) et d'une masse $m_{\underline{H}} = 0,60$ g de réactif **H**. La masse de paracétamol obtenue est $m_{\underline{K}} = 0,15$ g.
 - 2.5.1. Quel est le réactif en excès ? Justifier.
Données : masses molaires moléculaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$:
 $M_{\underline{G}} = 109$; $M_{\underline{H}} = 102$; $M_{\underline{K}} = 151$.
 - 2.5.2. Définir le rendement et établir son expression littérale en fonction des données du texte ; calculer sa valeur approchée (ou son ordre de grandeur).

III. Principe du fonctionnement d'un oscilloscope (6 points)

Un oscilloscope comporte un tube cathodique qui se divise en quatre parties (figure 1) :

- un canon à électrons où le faisceau d'électrons est créé et les électrons accélérés,
- un condensateur plan C_1 d'armatures (ou plaques) verticales, à l'intérieur duquel les électrons sont déviés horizontalement,
- un condensateur plan C_2 d'armatures (ou plaques) horizontales, à l'intérieur duquel les électrons sont déviés verticalement,
- un écran fluorescent, sur lequel l'impact du faisceau laisse une trace lumineuse : le spot.



Dans cet exercice, on se propose d'analyser quelques éléments du fonctionnement d'un oscilloscope. On étudie le système {électron}, dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen, la charge de l'électron est notée $q = -e$, avec $e = +1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. La masse d'un électron est notée m ($m = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$). L'effet du poids de l'électron sera toujours négligé.

1. Etude du canon à électrons

Le canon à électrons est constitué d'un filament qui, lorsqu'il est porté à haute température, émet des électrons de vitesse initiale négligeable. Ces électrons sont ensuite accélérés à l'intérieur d'un condensateur plan dont les armatures sont verticales et distantes de d_{AB} (plaques A et B, figure 1). La différence de potentiel entre les deux plaques est de $U_{AB} = -1,8 \text{ kV}$.

- 1.1. Rappeler les trois caractéristiques du vecteur champ électrique à l'intérieur d'un condensateur plan.
- 1.2. Montrer à l'aide du théorème de l'énergie cinétique que la tension U_{AB} aux bornes du condensateur doit être négative pour permettre à un électron d'être accéléré.
- 1.3. Déterminer l'expression de la vitesse v_0 d'un électron lorsqu'il parvient à la plaque B du condensateur en fonction de e , m et U_{AB} . Un raisonnement rigoureux est attendu.
- 1.4. Calculer la valeur de cette vitesse (on pourra utiliser l'égalité approchée $\sqrt{6,4} = 2,5$ ou éventuellement $\sqrt{10} = 3,2$).

2. Etude de la déflexion due au condensateur C_2

Pour simplifier l'étude, la tension aux bornes du condensateur C_1 est **considérée comme nulle**. On ne s'intéresse qu'à la déviation du faisceau dans le condensateur C_2 , celui-ci est soumis à

une tension $U_{FE} = U$ positive. On considère que le mouvement de l'électron est plan et s'effectue dans le plan $Ox\mathcal{Z}$.

Un électron arrive en O avec la vitesse \vec{v}_0 de direction Ox à la date $t_0 = 0$.

On appelle M la position de l'électron à la date t .

2.1. En utilisant le théorème du centre d'inertie, exprimer, en fonction de e , U , d et m , les composantes du vecteur accélération \vec{a} de l'électron sur les deux axes Ox et $O\mathcal{Z}$.

2.2. En déduire :

2.2.1. les expressions des coordonnées du vecteur vitesse \vec{v} de l'électron,

2.2.2. les expressions des coordonnées du vecteur position \vec{OM} à l'intérieur du condensateur C_2 ,

2.2.3. l'équation de la trajectoire.

2.3. L'électron sort du condensateur C_2 en un point S , avec une vitesse \vec{v}_S faisant un angle α avec l'horizontale, puis vient frapper l'écran en un point I . On appelle H la projection orthogonale du point S sur l'écran. On définit la distance $h = HI$.

La distance du point I au centre P de l'écran est appelée déflection, on la note D . On note ℓ la longueur d'une plaque, d la distance entre les plaques, et L la distance OP (voir figure 2).

2.3.1. Quelle est la nature de la trajectoire entre S et I ? Justifier.

2.3.2. En exploitant 2.2, exprimer les composantes du vecteur vitesse au point S . En déduire une expression de $\tan \alpha$ en fonction de e , U , ℓ , m , d , v_0 .

2.3.3. Exprimer $\tan \alpha$ en fonction de h , L , ℓ à l'aide de la figure 2. A partir des expressions obtenues en 2.3.2. et 2.3.3., exprimer h .

2.4. On peut démontrer que la déflection D a pour expression :

$$D = \frac{eU\ell}{dmv_0^2} \left(L - \frac{\ell}{2} \right)$$

Cet appareil peut être utilisé comme voltmètre. Justifier cet emploi à partir de l'expression donnée ci-dessus.

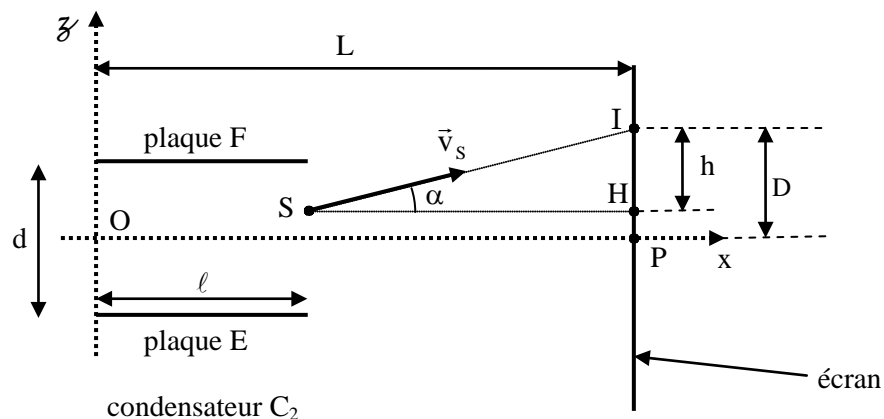


figure 2

IV. A la recherche d'une mesure du diamètre d'un cheveu (5 points)

Cet exercice ne nécessite aucune connaissance sur le fonctionnement d'un laser.

1. Propriétés du laser

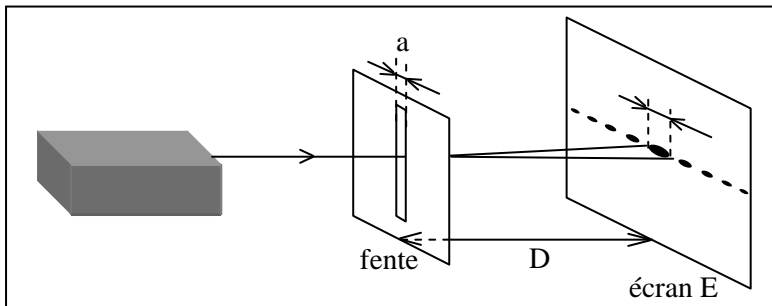
D'après « L'optique moderne et ses développements depuis l'apparition du laser » de M. Françon.

En juillet 1969, les astronautes d'Apollo 11 ont déposé sur la Lune cent réflecteurs permettant ainsi la mesure de la distance Terre – Lune avec une grande précision. Un laser envoie des impulsions qui sont rétrodiffusées par un réflecteur : le temps mis par une impulsion pour l'aller et retour permet de mesurer la distance du réflecteur connaissant la vitesse de la lumière... Pour réduire le plus possible les effets de l'absorption atmosphérique, on utilise des longueurs d'onde comprises entre 8 et 12 μm ... Les lasers à CO_2 , qui opèrent entre 9 et 11,5 μm , sont donc bien adaptés au radar optique.

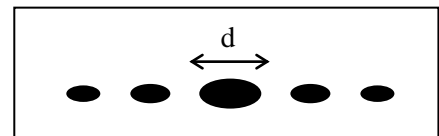
- 1.1. Citer deux propriétés du laser.
- 1.2. Le domaine du visible s'étend dans la bande : $400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$.
Le laser à CO_2 opère entre 9 et 11,5 μm . Ces radiations lumineuses font-elles partie du domaine des UV (ultraviolets) ? des IR (infrarouges) ? du visible ?
- 1.3. Citer une autre utilisation du laser.

2. Observation d'un phénomène lié au laser

On utilise un laser produisant une lumière de longueur d'onde λ placé devant une fente de largeur a (voir schéma ci-dessous, document 1). On observe la figure suivante (document 2), constituée de taches lumineuses, sur un écran E placé à la distance D de la fente.



document 1



document 2

- 2.1. Quel est le nom du phénomène observé ?
- 2.2. Quelle condition doit satisfaire la taille de la fente pour que l'on obtienne cette figure ?
- 2.3. La largeur de la tache centrale d sur l'écran varie lorsque l'on fait varier la distance D entre la fente et l'écran, la longueur d'onde λ de la lumière, ou la largeur a de la fente.
Une série d'expériences effectuées montrent que d est proportionnelle à la longueur d'onde de la lumière.
 k étant une constante sans dimension, on propose les formules (1), (2), (3), (4) et (5) ci-dessous.
Lesquelles peut-on éliminer ?

$$d = \frac{k\lambda D}{a} \quad (1)$$

$$d = \frac{k\lambda D}{a^2} \quad (2)$$

$$d = \frac{kaD}{\lambda} \quad (3)$$

$$d = \frac{k\lambda D^2}{a^2} \quad (4)$$

$$d = ka\lambda D \quad (5)$$

3. Influence de la largeur a de la fente

Tous les autres paramètres restant inchangés pendant les mesures, on fait varier la largeur a de la fente et on mesure les valeurs de d correspondantes. Les résultats sont consignés dans le tableau n°1.

a (en μm)	100	120	200	250	300	340
d (en mm)	19	16	10	7,5	6,5	5,5

tableau n°1

Grâce à ces résultats, on obtient les courbes suivantes :

document 3 : $d = f\left(\frac{1}{a^2}\right)$ représenté à la page 10

document 4 : $d = f\left(\frac{1}{a}\right)$ représenté à la page 10

Préciser laquelle ou lesquelles des formules proposées à la question 2.3. sont encore possibles. Pourquoi ?

4. Influence de la distance D entre la fente et l'écran

On fixe λ et a ; on déplace l'écran et on obtient les résultats suivants :

D (en m)	1,70	1,50	1,20	1,00
d (en mm)	21	19	15	13

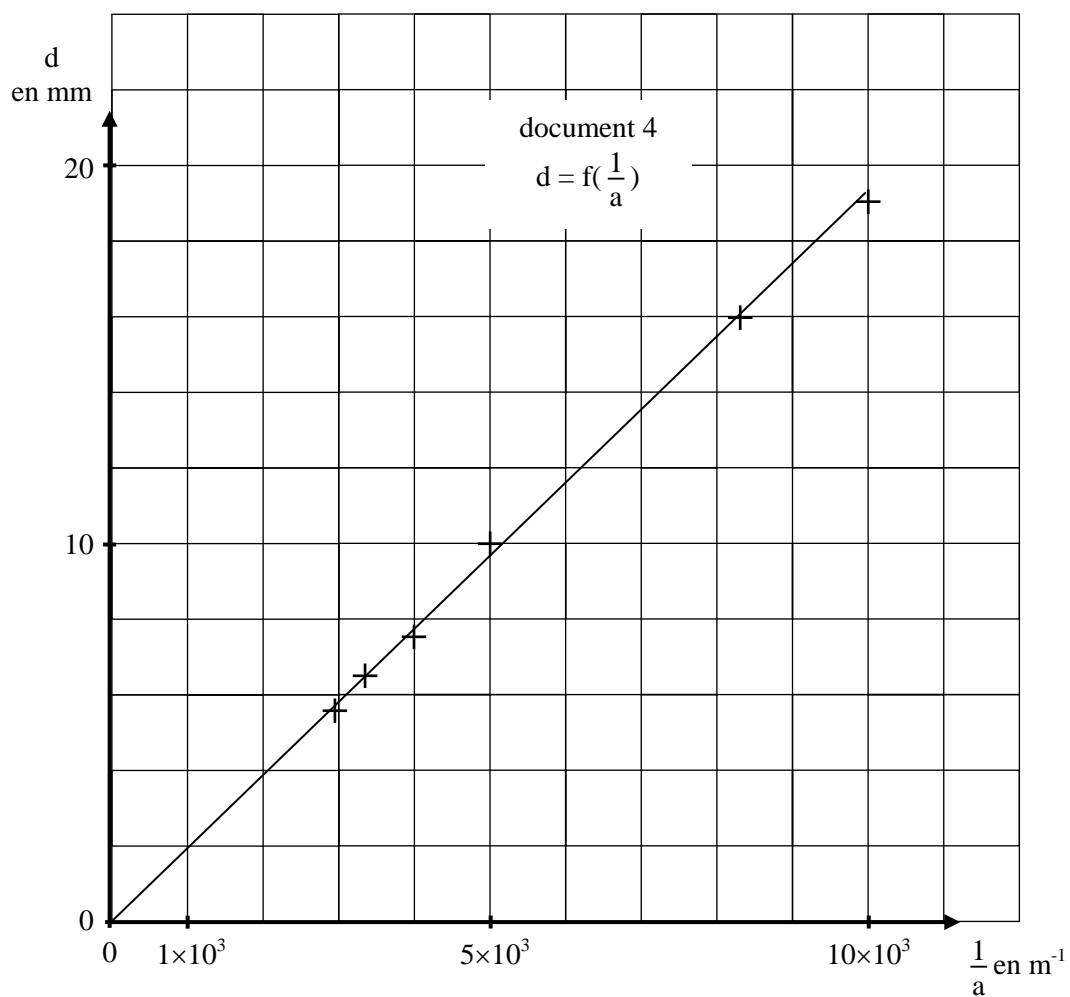
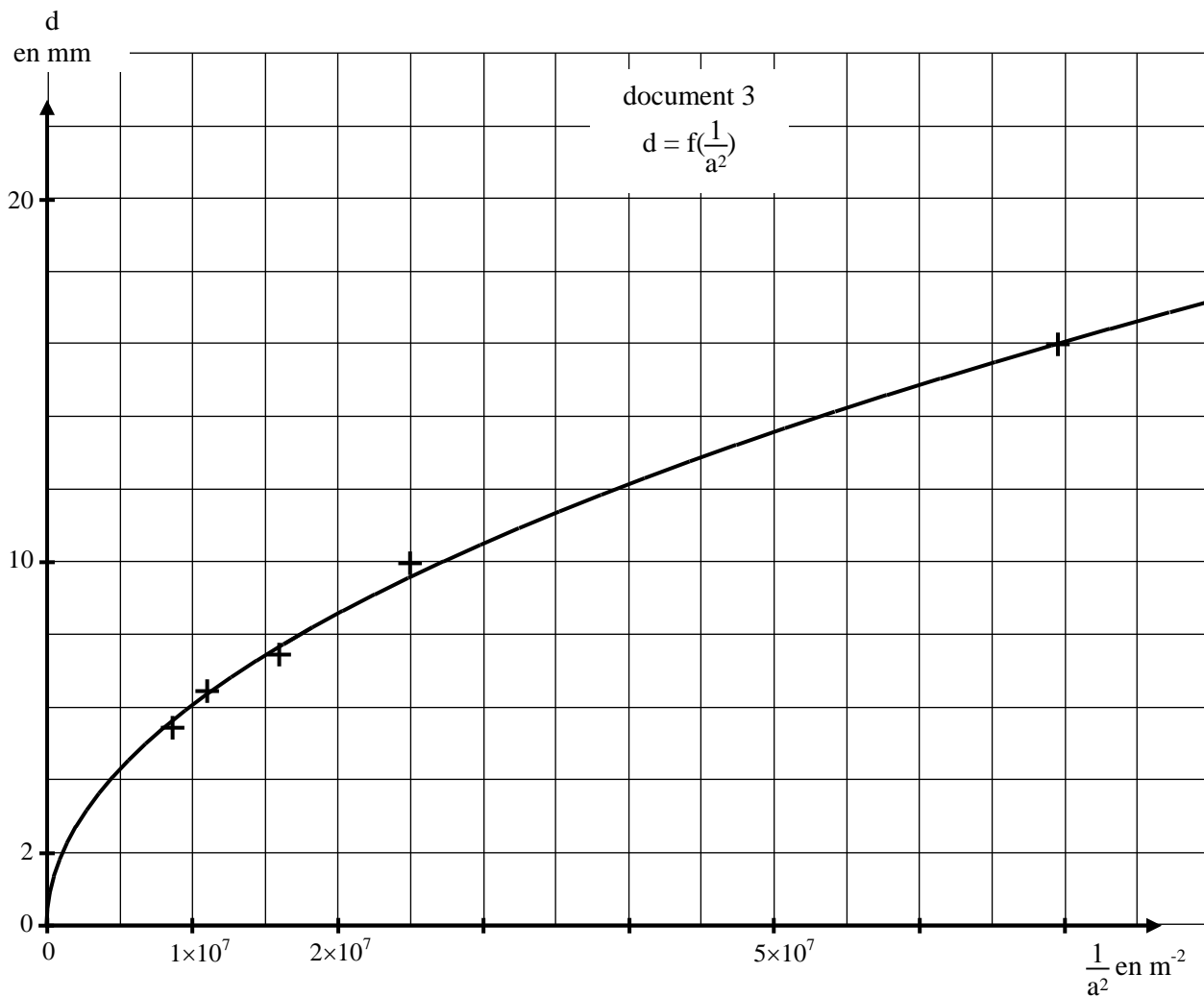
tableau n°2

- 4.1. Quelle(s) courbe(s) est-il judicieux de tracer pour vérifier la réponse à la question 3 ? Justifier.
- 4.2. Tracer la représentation graphique de $d = f(D)$ en respectant l'échelle suivante :
abscisse : 1 cm représente 0,1 m
ordonnée : 1 cm représente 1 mm
On utilisera une feuille de papier millimétré **A RENDRE AVEC LA COPIE.**
- 4.3. Expliquer avec soin comment calculer le coefficient directeur p de cette droite.
Choisir sa valeur parmi les propositions suivantes, en justifiant la réponse :
(1) $p = 12,5 \times 10^{-3}$; (2) $p = 12,5$; (3) $p = 12,5 \times 10^3$
- 4.4. En déduire la valeur de k , sachant que c 'est un entier, et que l'on a fait les mesures pour $\lambda = 633 \text{ nm}$ et $a = 100 \mu\text{m}$.

5. Détermination d'une dimension

Un fil placé à la position exacte de la fente du dispositif précédent produit exactement la même figure sur l'écran. Des élèves disposant d'une diode laser ($\lambda = 670 \text{ nm}$) décident de mettre en œuvre cette expérience pour mesurer le diamètre a d'un cheveu qu'ils ont placé sur un support. Ils obtiennent une tache centrale de largeur $d = 20 \text{ mm}$ lorsque l'écran est à $D = 1,50 \text{ m}$ du cheveu.

Calculer approximativement le diamètre du cheveu (le diamètre joue un rôle analogue à celui de la dimension a de la fente).



ANNEXE 1 RELATIVE A L'EXERCICE II
A RENDRE AVEC LA COPIE

Grille de réponses

Numéros des propositions	Réponses
1.1.1.	
1.1.2.	
1.1.3.	
1.2.1.	
1.2.2.	
1.2.3.	
1.3.1.	
1.3.2.	
1.3.3.	
1.3.4.	
1.4.1.	
1.4.2.	
1.4.3.	
1.4.4.	
1.5.1.	
1.5.2.	
1.5.3.	
1.6.1. (D)	
1.6.2. (E)	
1.6.3. (F)	
1.7.1.	
1.7.2.	
1.7.3.	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2001

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30. – COEFFICIENT : 8



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Les données sont en italique

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci. Les annexes 1 et 2 pages 10 et 11 sont à rendre avec la copie.

Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Extraction par un solvant
- II. Acides organiques et dérivés
- III. Principe du fonctionnement d'un oscilloscope
- IV. Notice d'une lunette astronomique

I. Extraction par un solvant (5 points)

Données :

	densité à 20°C	solubilité	remarques
acide propanoïque	0,99	soluble dans l'eau et dans l'éther	liquide corrosif provoque de graves brûlures
éther diéthylique (éther du pharmacien) ou éthoxyéthane	0,71	très peu soluble dans l'eau	liquide volatil très inflammable toxique

Couple acide - base	Valeur du pK_A (à 25°C)
$CH_3CH_2CO_2H/CH_3CH_2CO_2^-$	$pK_{A1} = 4,9$
H_3O^+/H_2O	$pK_{A2} = 0,0$
H_2O/HO^-	$pK_{A3} = pK_e = 14,0$

En séance de travaux pratiques, on se propose de procéder à une extraction de l'acide propanoïque par l'éther diéthylique (nommé communément « éther »).

Cette technique consiste à mettre l'acide en contact avec deux solvants non miscibles (non solubles entre eux), ici l'eau et l'éther. L'acide se dissout dans les deux solvants dans des proportions différentes que l'on cherche à déterminer.

1. Préparation de la solution aqueuse d'acide propanoïque

On dispose :

- * d'une solution aqueuse S_0 d'acide propanoïque de concentration $C_0 = 10,0 \text{ mol.L}^{-1}$;
- * du matériel suivant :
 - pipettes jaugées de 5,00 mL, 10,0 mL, 20,0 mL ;
 - éprouvettes à pied de 10 mL, 100 mL, 200 mL ;
 - bechers de 50 mL, 100,0 mL, 200,0 mL ;
 - fioles jaugées de 50,0 mL, 100,0 mL, 200,0 mL ;
 - poire à pipeter (ou « propipette ® »).

On veut préparer un volume $V_S = 200,0 \text{ mL}$ d'une solution S de concentration $C = 1,00 \text{ mol.L}^{-1}$.

- 1.1. Déterminer l'expression du volume V_0 de la solution S_0 à prélever pour la préparation de la solution S ; calculer la valeur de V_0 .
- 1.2. Choisir le matériel nécessaire à cette préparation.
- 1.3. Citer deux consignes de sécurité à respecter.

2. Extraction

Mode opératoire :

- Dans une ampoule à décanter, on introduit un volume $V = 50 \text{ mL}$ de la solution S préparée à la question 1. et un volume $V = 50 \text{ mL}$ d'éther diéthylique.
- On agite pendant au moins 5 minutes en dégazant régulièrement.
- On laisse décanter.
- On recueille la phase aqueuse dans un becher.

- 2.1. Pourquoi faut-il agiter le mélange dans l'ampoule à décanter ?
- 2.2. Pourquoi doit-on dégazer ? Comment procède-t-on ?
- 2.3. Faire le schéma légendé de l'ampoule à décanter après la décantation, en indiquant le contenu de chaque phase et en justifiant leur position.

3. Dosage de l'acide propanoïque dans l'eau

On appelle C_1 la concentration molaire de l'acide dans la phase aqueuse recueillie, et C_2 la concentration de l'acide dans l'éther ; les deux phases ont le même volume $V = 50 \text{ mL}$.

Afin de déterminer C_1 et C_2 , on procède au dosage de l'acide dans la phase aqueuse. Pour cela, on prélève un volume $V_a = 20,0 \text{ mL}$ de la solution aqueuse recueillie ; on le verse dans un erlenmeyer ; et on y dose l'acide présent par une solution de soude (hydroxyde de sodium) de concentration $C_b = 0,500 \text{ mol.L}^{-1}$, en présence de phénolphaléine comme indicateur coloré.

Il faut verser un volume $(V_b)_E = 13,0 \text{ mL}$ de solution de soude pour obtenir l'équivalence acido-basique.

- 3.1. Écrire l'équation-bilan de la réaction servant de support au dosage.
- 3.2. Définir et calculer la constante de réaction correspondante en l'écrivant sous forme d'une puissance de 10. Pourquoi est-il légitime d'utiliser cette réaction comme support du dosage ?
- 3.3. Calculer la concentration molaire C_1 de l'acide dans l'eau.
- 3.4. Montrer que $C_2 = C - C_1$. Calculer C_2 .
- 3.5. Dans lequel des deux solvants l'acide propanoïque est-il le plus soluble ?
- 3.6. Les chimistes ont décidé de traduire ce résultat par un coefficient, appelé coefficient de partage, défini comme étant le rapport $K = \frac{C_2}{C_1}$. L'intérêt de cette constante est qu'elle ne dépend que de la température et non des concentrations.

Calculer le coefficient de partage K de l'acide entre les deux solvants (donner le résultat sous forme d'un entier).

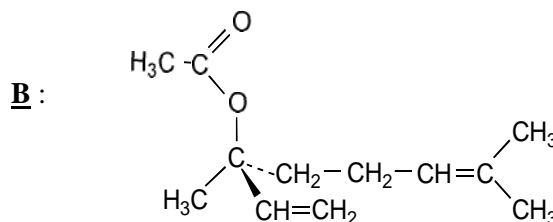
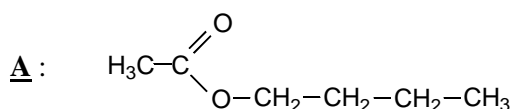
II. Acides organiques et dérivés (4 points)

On se propose d'illustrer dans cet exercice quelques exemples d'utilisation d'acides organiques et de leurs dérivés.

L'exercice comporte deux parties indépendantes.

1. Les parfums et les acides

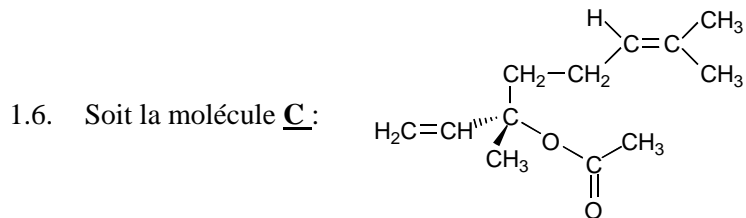
Les esters sont des dérivés d'acide d'odeur souvent agréable, comme par exemple l'éthanoate (ou acétate) de butyle (noté **A**) présent dans de nombreux fruits, et l'éthanoate (ou acétate) de linalyle (noté **B**) présent dans la lavande.



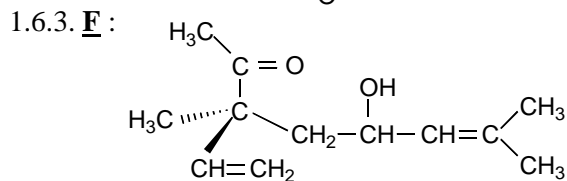
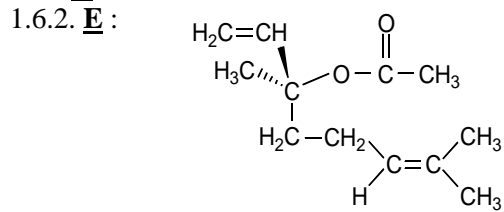
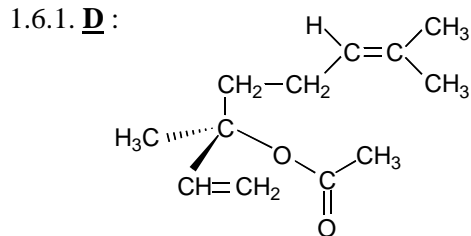
Pour chaque question posée, répondre par vrai ou par faux en toutes lettres dans la colonne de droite de la GRILLE DE L'ANNEXE 1 PAGE 10/11 A RENDRE AVEC LA COPIE.

Les réponses incorrectes ou manquantes seront pénalisées.

- 1.1. Le corps **A** peut être synthétisé en utilisant uniquement :
 - 1.1.1. de l'acide éthanoïque (ou acétique) et du butan-1-ol.
 - 1.1.2. de l'acide butanoïque et de l'éthanol.
 - 1.1.3. de l'acide éthanoïque (ou acétique) et de l'acide butanoïque.
- 1.2. La réaction de synthèse du composé **A** évoquée à la question précédente est :
 - 1.2.1. lente.
 - 1.2.2. totale.
 - 1.2.3. rendue totale grâce à un catalyseur.
- 1.3. Le corps **A** :
 - 1.3.1. présente des isomères Z/E.
 - 1.3.2. présente un couple d'énantiomères.
 - 1.3.3. ne présente pas d'isomère.
 - 1.3.4. présente des isomères de conformation.
- 1.4. La soude réagit sur le corps **A** et sur le corps **B** dans une réaction appelée :
 - 1.4.1. estérification.
 - 1.4.2. saponification.
 - 1.4.3. hydrolyse.
 - 1.4.4. neutralisation.
- 1.5. La molécule **B** :
 - 1.5.1. possède un atome de carbone asymétrique.
 - 1.5.2. est superposable à son image dans un miroir.
 - 1.5.3. est chirale.



Les molécules suivantes sont des isomères de configuration de **C** :

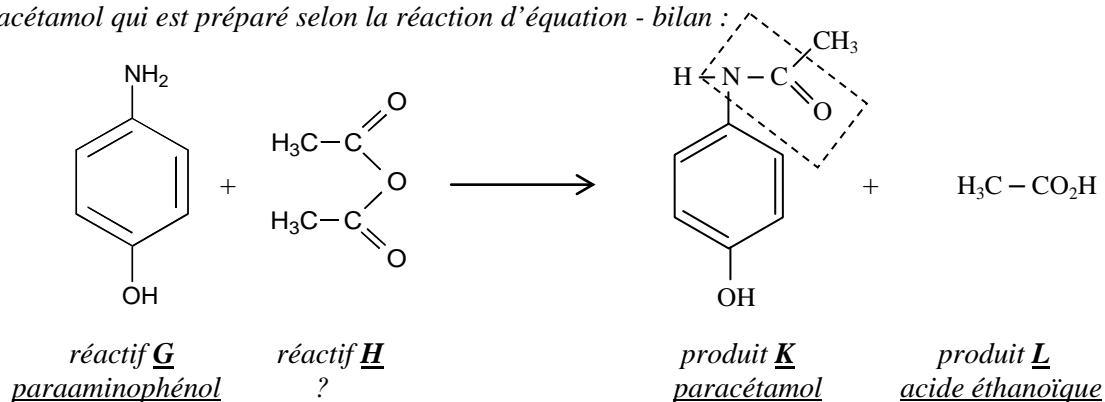


1.7. Les catalyseurs :

- 1.7.1. un catalyseur modifie l'état d'équilibre.
- 1.7.2. un catalyseur ne modifie pas la vitesse de la réaction.
- 1.7.3. H_2SO_4 catalyse seulement l'estérification et non l'hydrolyse.

2. Les médicaments

Les dérivés des acides entrent dans la fabrication de nombreux médicaments comme par exemple le paracétamol qui est préparé selon la réaction d'équation - bilan :

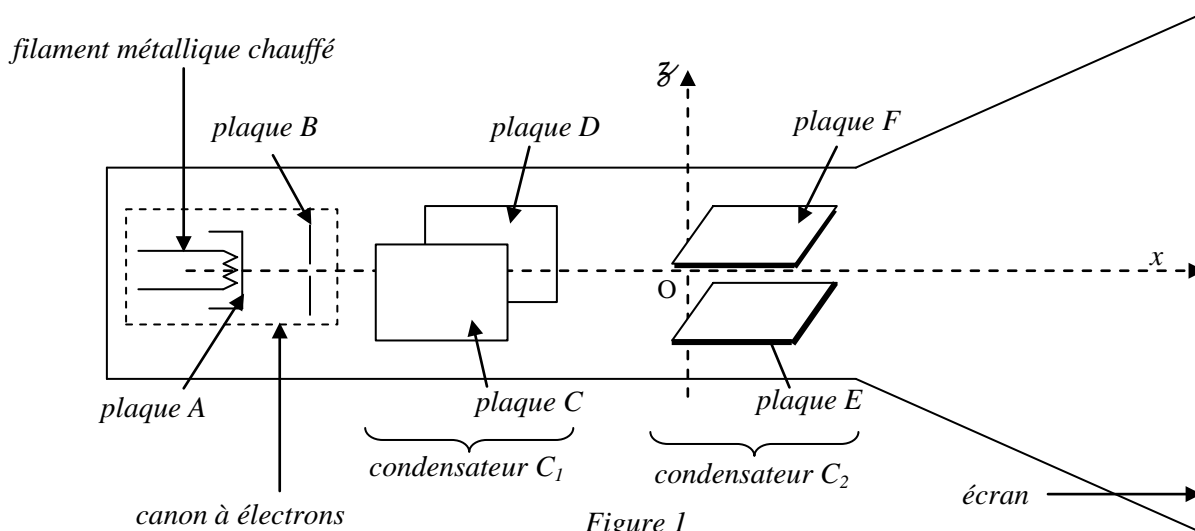


- 2.1. Quel est le nom du réactif noté **H** ?
- 2.2. Quel est le nom du groupe caractéristique encadré ?
- 2.3. Entourer un des sites électrophiles qui intervient dans cette réaction, après avoir recopié la molécule concernée sur la copie.
- 2.4. Entourer le site nucléophile qui intervient dans cette réaction, après avoir recopié la molécule concernée sur la copie.
- 2.5. Lors d'une séance de travaux pratiques, on prépare du paracétamol à partir d'une masse $m_{\underline{G}} = 0,20$ g de paraaminophénol (réactif **G**) et d'une masse $m_{\underline{H}} = 0,60$ g de réactif **H**. La masse de paracétamol obtenue est $m_{\underline{K}} = 0,15$ g.
 - 2.5.1. Quel est le réactif en excès ? Justifier.
Données : masses molaires moléculaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$:
 $M_{\underline{G}} = 109$; $M_{\underline{H}} = 102$; $M_{\underline{K}} = 151$.
 - 2.5.2. Définir le rendement et établir son expression littérale en fonction des données du texte ; calculer sa valeur approchée (ou son ordre de grandeur).

III. Principe du fonctionnement d'un oscilloscope (6 points)

Un oscilloscope comporte un tube cathodique qui se divise en quatre parties (figure 1) :

- un canon à électrons où le faisceau d'électrons est créé et les électrons accélérés,
- un condensateur plan C_1 d'armatures (ou plaques) verticales, à l'intérieur duquel les électrons sont déviés horizontalement,
- un condensateur plan C_2 d'armatures (ou plaques) horizontales, à l'intérieur duquel les électrons sont déviés verticalement,
- un écran fluorescent, sur lequel l'impact du faisceau laisse une trace lumineuse : le spot.



Dans cet exercice, on se propose d'analyser quelques éléments du fonctionnement d'un oscilloscope. On étudie le système {électron}, dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen, la charge de l'électron est notée $q = -e$, avec $e = +1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$. La masse d'un électron est notée m ($m = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$). L'effet du poids de l'électron sera toujours négligé.

1. Etude du canon à électrons

Le canon à électrons est constitué d'un filament qui, lorsqu'il est porté à haute température, émet des électrons de vitesse initiale négligeable. Ces électrons sont ensuite accélérés à l'intérieur d'un condensateur plan dont les armatures sont verticales et distantes de d_{AB} (plaques A et B, figure 1). La différence de potentiel entre les deux plaques est de $U_{AB} = -1,8 \text{ kV}$.

- 1.1. Rappeler les trois caractéristiques du vecteur champ électrique à l'intérieur d'un condensateur plan.
- 1.2. Montrer à l'aide du théorème de l'énergie cinétique que la tension U_{AB} aux bornes du condensateur doit être négative pour permettre à un électron d'être accéléré.
- 1.3. Déterminer l'expression de la vitesse v_0 d'un électron lorsqu'il parvient à la plaque B du condensateur en fonction de e , m et U_{AB} . Un raisonnement rigoureux est attendu.
- 1.4. Calculer la valeur de cette vitesse (on pourra utiliser l'égalité approchée $\sqrt{6,4} = 2,5$ ou éventuellement $\sqrt{10} = 3,2$).

2. Etude de la déflexion due au condensateur C_2

Pour simplifier l'étude, la tension aux bornes du condensateur C_1 est **considérée comme nulle**. On ne s'intéresse qu'à la déviation du faisceau dans le condensateur C_2 , celui-ci est soumis à

une tension $U_{FE} = U$ positive. On considère que le mouvement de l'électron est plan et s'effectue dans le plan $Ox\mathcal{Z}$.

Un électron arrive en O avec la vitesse \vec{v}_0 de direction Ox à la date $t_0 = 0$.

On appelle M la position de l'électron à la date t .

2.1. En utilisant le théorème du centre d'inertie, exprimer, en fonction de e , U , d et m , les composantes du vecteur accélération \vec{a} de l'électron sur les deux axes Ox et $O\mathcal{Z}$.

2.2. En déduire :

2.2.1. les expressions des coordonnées du vecteur vitesse \vec{v} de l'électron,

2.2.2. les expressions des coordonnées du vecteur position \vec{OM} à l'intérieur du condensateur C_2 ,

2.2.3. l'équation de la trajectoire.

2.3. L'électron sort du condensateur C_2 en un point S , avec une vitesse \vec{v}_s faisant un angle α avec l'horizontale, puis vient frapper l'écran en un point I . On appelle H la projection orthogonale du point S sur l'écran. On définit la distance $h = HI$.

La distance du point I au centre P de l'écran est appelée déflection, on la note D . On note ℓ la longueur d'une plaque, d la distance entre les plaques, et L la distance OP (voir figure 2).

2.3.1. Quelle est la nature de la trajectoire entre S et I ? Justifier.

2.3.2. En exploitant 2.2, exprimer les composantes du vecteur vitesse au point S . En déduire une expression de $\tan \alpha$ en fonction de e , U , ℓ , m , d , v_0 .

2.3.3. Exprimer $\tan \alpha$ en fonction de h , L , ℓ à l'aide de la figure 2. A partir des expressions obtenues en 2.3.2. et 2.3.3., exprimer h .

2.4. On peut démontrer que la déflection D a pour expression :

$$D = \frac{eU\ell}{dmv_0^2} \left(L - \frac{\ell}{2} \right)$$

Cet appareil peut être utilisé comme voltmètre. Justifier cet emploi à partir de l'expression donnée ci-dessus.

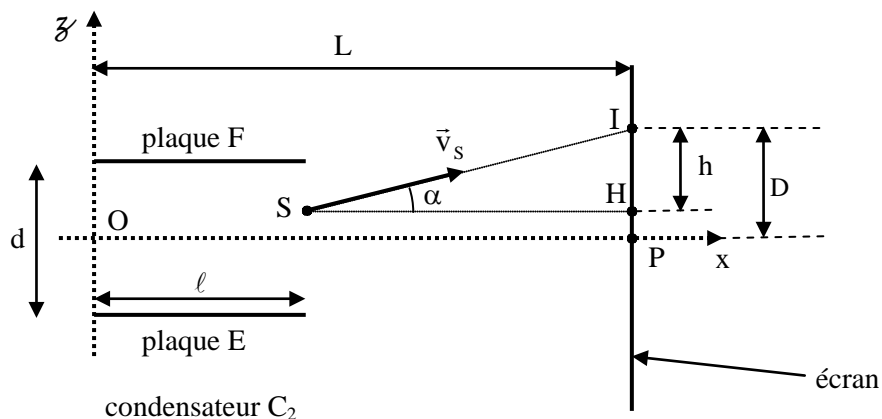


figure 2

IV. Notice d'une lunette astronomique (5 points)

Le but de cet exercice est d'étudier le fonctionnement d'une lunette astronomique et de vérifier certaines indications portées sur la notice descriptive.

Lunette astronomique

- Grossissements : 32 ; 51 ; 107 ; 64 ; 102 ; 214.
- Objectif : achromatique, de diamètre 80 mm, de focale 640 mm.
- Oculaires : trois oculaires interchangeables de focale : 20 mm ; 12,5 mm ; 6 mm.
- Lentille de Barlow (elle double le grossissement de la lunette pour chaque oculaire).

Une lunette astronomique est constituée de deux systèmes optiques convergents assimilés à deux lentilles minces. L'objectif (lentille L_1 de centre optique O_1) pointe dans la direction de l'astre, objet de l'observation. L'oculaire (lentille L_2 de centre optique O_2) est situé devant l'œil de l'observateur. Le foyer principal image F'_1 de l'objectif est confondu avec le foyer principal objet F_2 de l'oculaire.

1. Modèle réduit de la lunette

- 1.1. Placer sur la **FIGURE 1 DE L'ANNEXE 2 PAGE 11/11 (A RENDRE AVEC LA COPIE)**, les foyers principaux des deux lentilles L_1 et L_2 .
- 1.2. On observe à travers L_1 un objet AB situé à l'infini, le point A étant sur l'axe optique principal. Sur le schéma figure un rayon issu de B .
 - 1.2.1. Où se trouve l'image A_1B_1 de AB donnée par la lentille L_1 ?
 - 1.2.2. Construire A_1B_1 .
 - 1.2.3. Donner deux caractéristiques de cette image.
 - 1.2.4. Indiquer de manière précise quelle position particulière A_1 occupe par rapport à L_2 .
 - 1.2.5. Dédire de la question précédente où se trouve $A'B'$, image de A_1B_1 donnée par l'oculaire L_2 . Justifier sans calcul.
 - 1.2.6. Tracer deux rayons permettant de situer $A'B'$.

2. Grossissement du modèle

On appelle α l'angle entre l'axe optique et un rayon issu de B (B situé à l'infini) comme indiqué sur la **FIGURE 1 DE L'ANNEXE 2 PAGE 11/11**.

On appelle α' l'angle entre l'axe optique et le faisceau lumineux sortant de L_2 venant de B_1 . Le grossissement d'une lunette est défini par $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$. On considère que α et α' sont petits.

- 2.1. Rappeler les conditions de Gauss.
- 2.2. Dans ces conditions, établir l'expression du grossissement G en fonction de $O_1F'_1$ et O_2F_2 (on rappelle que $\tan \theta \approx \theta$, si θ est un angle petit exprimé en radians).
- 2.3. Retrouver, pour chacun des trois oculaires, le grossissement correspondant.
- 2.4. Comment peut-on expliquer les six valeurs du grossissement indiquées sur la notice ?

3. Gain en luminosité

On envisage maintenant un faisceau incident de rayons lumineux parallèles entre eux et parallèles à l'axe optique de la lunette. Ce faisceau, centré sur l'axe optique, a même diamètre D que l'objectif L_1 . On note d le diamètre du faisceau qui émerge de l'oculaire L_2 (voir **FIGURE 2 DE L'ANNEXE 2 PAGE 11/11 A RENDRE AVEC LA COPIE**).

- 3.1. Compléter la marche du faisceau lumineux à travers tout le système optique. On indiquera d sur le schéma de la **FIGURE 2 DE L'ANNEXE 2 PAGE 11/11**.
- 3.2. Montrer que la relation entre D , d , $O_1F'_1$ et O_2F_2 est la suivante : $d = D \cdot \frac{O_2F_2}{O_1F'_1}$.
- 3.3. A l'aide des valeurs indiquées sur la notice, calculer la plus grande valeur de d .

Un des principaux rôles d'une lunette astronomique est de collecter le maximum de lumière provenant d'un objet ponctuel très éloigné. Sachant que le diamètre d'une pupille dilatée est de l'ordre de 8 mm, la lunette est un bon collecteur de lumière car d_{max} est inférieur à 8 mm.

ANNEXE 1 RELATIVE A L'EXERCICE II
A RENDRE AVEC LA COPIE

Grille de réponses

Numéros des propositions	Réponses
1.1.1.	
1.1.2.	
1.1.3.	
1.2.1.	
1.2.2.	
1.2.3.	
1.3.1.	
1.3.2.	
1.3.3.	
1.3.4.	
1.4.1.	
1.4.2.	
1.4.3.	
1.4.4.	
1.5.1.	
1.5.2.	
1.5.3.	
1.6.1. (D)	
1.6.2. (E)	
1.6.3. (F)	
1.7.1.	
1.7.2.	
1.7.3.	

ANNEXE 2 RELATIVE A L'EXERCICE IV
A RENDRE AVEC LA COPIE

Ces schémas **NE SONT PAS** à l'échelle.

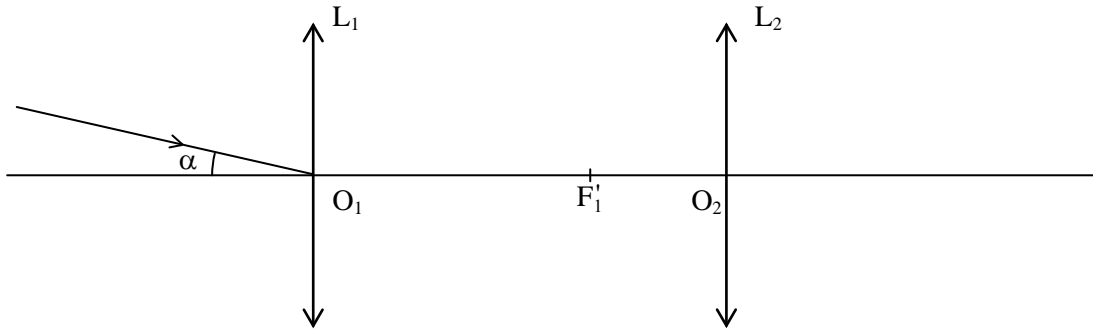


figure 1

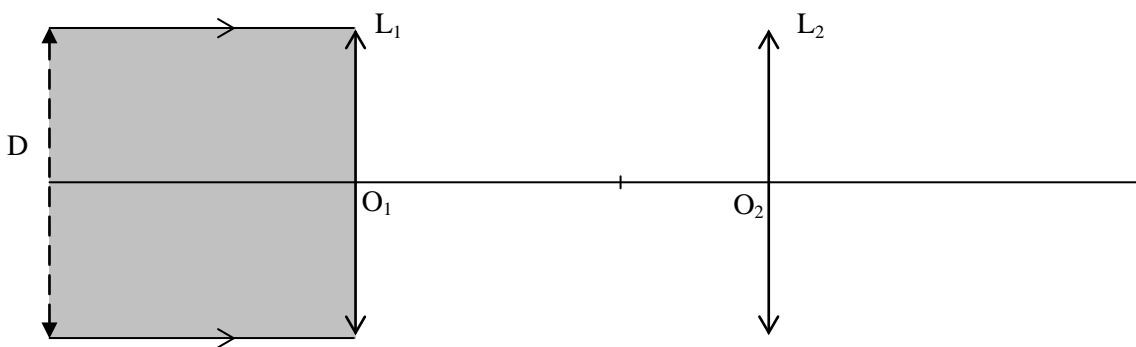


figure 2

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. (5 points) Extraction par un solvant
- II. (4 points) Acides organiques et dérivés
- III. (6 points) Principe du fonctionnement d'un oscilloscope
- IV. (5 points) A la recherche d'une mesure du diamètre d'un cheveu
- IV spé (5 points) Notice d'une lunette astronomique

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale et a une durée de vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Lors des interrogations orales il convient de respecter les compétences exigibles du programme et les compétences à évaluer précisées dans le texte définissant l'épreuve de physique-chimie (arrêté du 12 janvier 1995, fixant le programme de terminale S, note de service n° 96-223 du 10.09.1996 (BOEN n°33 du 19 septembre 1996), note de service n° 98-175 du 03.09.1998 (BOEN n° 33 du 10 septembre 1998) et (BOEN n° 12 hors série du 29 octobre 1998) fixant des aménagements de programme reconduits dans la note de service n° 99-168 du 27-10-1999 publiée au BOEN n° 39 du 4 novembre 1999.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

1. Rappel sur les aménagements des programmes obligatoires de l'examen

Les rubriques supprimées des programmes, pour cette année, sont celles désignées dans la note de service n° 98-175 du 3 septembre 1998 (B.O. n° 33 du 10 septembre 1998 et BOEN n°12 hors série du 29 octobre 1998), comme ne devant pas faire l'objet d'exercices lors de l'épreuve du baccalauréat pour la session 1999. La note de service n° 99-168 du 27-10-1999 publiée au BOEN n° 39 du 4 novembre 1999 reconduit les aménagements de programme.

Les rubriques suivantes du programme de physique-chimie de terminale scientifique ne feront l'objet d'aucun exercice lors de l'épreuve de physique-chimie du baccalauréat général, série S, pour la session 1999

- Dans le programme de physique : enseignement obligatoire
 - dans la partie II Systèmes oscillants
 - . rubrique 4.2 Oscillations entretenues. Apport d'énergie (réaction positive) et limitation de l'amplitude (non linéarité)
Retour sur les exemples étudiés, horloge mécanique, oscillateur électrique, effet Larsen ;
 - dans la partie III Lumières visibles et invisibles dans le chapitre 2 Lumière : onde ou corpuscule ?
 - . rubrique 2.1 Le photon. Quantification de l'énergie lumineuse.
 - . rubrique 2.2 Spectres de raies et niveaux d'énergie de l'atome.
 - . rubrique 2.2.1 Spectres d'émission et d'absorption : carte d'identité des atomes.
 - . rubrique 2.2.2 Niveaux d'énergie de l'atome et bilans énergétiques, lors d'une émission ou d'une absorption ;
 - dans le chapitre 3 Une source de lumière cohérente : le laser, un oscillateur à fréquence optique.
 - . rubrique 3.2 Description élémentaire du principe du laser, cavité résonnante, oscillations entretenues ;
- Dans le programme de chimie : enseignement obligatoire
 - dans le chapitre 3 Notions élémentaires de stéréochimie
 - . rubrique 3. 1 Justification de la géométrie des molécules simples par la méthode VSEPR
Distinction entre paires d'électrons libres et paires d'électrons liés
Justification de la géométrie des molécules de type AX₂, AX₃, AX₄, AX_{3E}, AX_{2E2}.
 - dans le chapitre 5 Médicaments
 - . rubrique 5.1 Histoire et production industrielle d'un médicament : l'aspirine.

2. Rappel sur les aménagements des programmes de spécialité de l'examen

B.O. H.S. n°8 du 31 août 2000

PROGRAMME DE PHYSIQUE

Image et communication

1 - Formation optique d'une image

"Compétences exigibles"

Supprimer : Montrer l'importance du flux lumineux et expliquer le rôle d'un condenseur.

Supprimer : Montrer qu'à un point objet correspond une tache dont la dimension dépend du système.

Remplacer : Régler un montage optique simple à deux éléments pour obtenir une image par : Régler un montage optique simple à deux éléments convergents pour obtenir une image.

"Contenus"

Supprimer dans la partie approfondissements : Flux lumineux collecté.

"Compétences exigibles"

Remplacer : Analyser un montage optique dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux par : Analyser un montage optique, ne comportant que des lentilles convergentes, dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux.

2 - Télécommunications

Supprimer les items :

- Réaliser un oscillateur électrique et mesurer sa fréquence d'oscillation et son amplitude.

- Expliquer le principe de la modulation de fréquence.

- Connaître les grandes étapes du développement des télécommunications.

- Connaître les propriétés d'une photodiode (variation de l'intensité avec l'éclairement, domaine de sensibilité en longueur d'onde).

- Expliquer le principe de fonctionnement d'un caméscope : formation d'une image optique sur une mosaïque de cellules CCD, tension de sortie du caméscope reproduisant l'état de chaque cellule.

PROGRAMME DE CHIMIE

Les molécules de l'alimentation

1 - Espèces ioniques présentes dans les boissons

"Activités expérimentales"

Supprimer : Mises en évidence d'espèces ioniques minérales dissoutes.

Supprimer la rubrique "Approfondissements : Réactions d'identification des ions"

"Compétences exigibles"

Supprimer : Savoir identifier les ions suivants : Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} .

Ajouter : Aucune connaissance n'est exigible sur les méthodes de dosage des ions (en particulier : méthode de Mohr et méthode de Charpentier Volhard).

2 - Sucres et édulcorants

"Activités expérimentales"

Supprimer :

- Dosage d'un ose réducteur.

- Étude chimique d'un édulcorant : l'aspartame.

- Le groupement fonctionnel amide

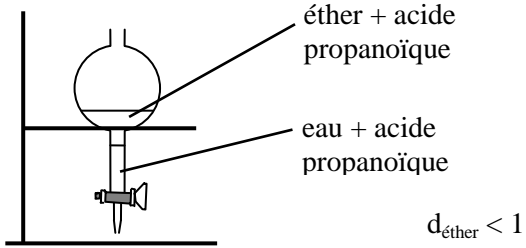
"Compétences exigibles" :

Supprimer : Savoir réaliser le dosage d'un ose réducteur.

4 - Arômes, colorants et conservateurs

Supprimer l'ensemble du paragraphe "4.4 Synthèse d'un arôme".

I. (5 points)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Préparation de la solution aqueuse d'acide propanoïque 1.1. La quantité d'acide propanoïque introduit étant conservée lors de la dilution, $V_0 = \frac{CV_s}{C_0}$ $V_0 = \frac{1 \times 200}{10} = 20,0 \text{ mL}$	0,25 0,25	0 si $V_0 = \frac{CV_s}{C_0}$
1.2. Pipette jaugée de 20,0 mL + propipette fiolle jaugée de 200,0 mL becher pour prélever S	0,25	- ne pas pénaliser l'absence du becher - 0 si une erreur
1.3. - port de gants - port de lunettes - port de la blouse - manipulation sous la hotte	0,25	pour deux réponses au choix. Toute autre réponse correcte est acceptée.
2. Extraction 2.1. Pour favoriser le passage de l'acide propanoïque d'une phase à l'autre	0,25	ne pas accepter : pour mélanger. Toute autre réponse correcte est acceptée.
2.2. Pour égaliser les pressions. On maintient le bouchon, on retourne l'ampoule en ne l'orientant vers personne, on ouvre le robinet.	0,25 0,25	0 si une erreur
2.3 	0,25 0,25 0,25	On ne pénalise pas l'absence de support, ni de becher. schéma de l'ampoule avec deux phases acide propanoïque présent dans les deux phases position des phases avec justification
3. Dosage de l'acide propanoïque dans l'eau 3.1. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H} + \text{HO}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	0,25	ne pas pénaliser l'utilisation d'une double flèche.
3.2. $K_r = \frac{[\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2^-]}{[\text{HO}^-] \times [\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}]}$ $K_r = \frac{10^{-pK_{A1}}}{10^{-pK_{A3}}} = 10^{9,1}$ légitime car $K_r > 10^3$	0,25 0,25 0,25	On acceptera $K_r \gg 1$ ou $K_r > 10^n$ ($2 \leq n \leq 4$)
3.3. A l'équivalence, $n(\text{acide introduit}) = n_E(\text{HO}^-)$ $C_1 = \frac{C_b V_{bE}}{V_a}$ $C_1 = 0,33 \text{ mol.L}^{-1}$	0,25 0,25	la définition de l'équivalence d'un dosage n'est pas exigée. on accepte $C_1 = 0,3 ; 0,32 ; 0,325 \text{ mol.L}^{-1}$.
3.4. en conservant la quantité d'acide $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ $n_{\text{initial}}(\text{acide}) = n_{\text{eau}}(\text{acide}) + n_{\text{éther}}(\text{acide})$ $CV = C_1V + C_2V$ $C_2 = C - C_1$ $C_2 = 1,0 - 0,325 \approx 0,68 \text{ mol.L}^{-1}$	0,25 0,25	pour le raisonnement on acceptera $0,67 ; 0,675 \text{ mol.L}^{-1}$
3.5. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$ plus soluble dans l'éther	0,25	
3.6. $K = \frac{0,675}{0,325} \approx 2$	0,25	

II. (4 points)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Voir grille de réponses (annexe 1 page 5/10)	2	Est comptée comme erreur : absence de réponse ou réponse fausse. 0,1 ou 2 erreurs sur les 23 réponses possibles : 2 points puis -0,25 point par erreur à partir de la troisième Pas de point négatif
2. Les médicaments		
2.1 Anhydride acétique (ou anhydride éthanoïque)	0,25	
2.2 Amide	0,25	
2.3 Un des C entourés : <div style="text-align: center;"> </div>	0,25	La réponse "l'atome de carbone du réactif H " sans autre précision est fausse.
2.4 L'azote du réactif G	0,25	
2.5.1. $n_G = \frac{m_G}{M_G} = \frac{0,20}{109} (\approx 1,8 \times 10^{-3})$ $n_H = \frac{m_H}{M_H} = \frac{0,60}{102} (\approx 5,9 \times 10^{-3})$	0,25	
D'après l'équation – bilan, G et H sont en proportions stoechiométriques si $n_G = n_H$. Or ici $n_H > n_G$ donc H est en excès.	0,25	0 si non justifié
2.5.2. $r = \frac{\text{quantité de produit obtenu}}{\text{quantité de produit attendu}}$ $n_K = \frac{m_K}{M_K}$ $n_K (\text{attendu}) = n_G$. G est en défaut et les coefficients stoechiométriques sont 1 et 1. $r = \frac{m_K \times M_G}{M_K \times m_G} = \frac{0,15 \times 109}{151 \times 0,20}$ $r \approx 0,5$	0,25	

Annexe I
Grille de réponses (corrigé)

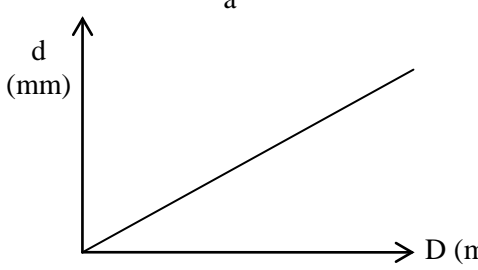
Numéros des propositions	Réponses
1.1.1.	vrai
1.1.2.	faux
1.1.3.	faux
1.2.1.	vrai
1.2.2.	faux
1.2.3.	faux
1.3.1.	faux
1.3.2.	faux
1.3.3.	faux
1.3.4.	vrai
1.4.1.	faux
1.4.2.	vrai
1.4.3.	faux
1.4.4.	faux
1.5.1.	vrai
1.5.2.	faux
1.5.3.	vrai
1.6.1. (D)	vrai
1.6.2. (E)	faux
1.6.3. (F)	faux
1.7.1.	faux
1.7.2.	faux
1.7.3.	faux

III. (6 points)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1 Etude du canon à électrons 1.1. Direction : perpendiculaire aux plaques Sens des potentiels décroissants $E = \frac{U}{d_{AB}}$ avec U : tension entre les plaques d_{AB} : distance entre les plaques	0,5	-0,25 par erreur
1.2. $\Delta E_C = \Sigma W_{A \rightarrow B} (\vec{F})$ $\Delta E_C = -eU_{AB}$ $\Delta E_C > 0$ car accélération ; $e > 0$, donc $U_{AB} < 0$	0,25 0,25 0,25	Le référentiel et le système étant déjà définis dans l'énoncé, on ne pénalise pas l'élève qui ne le redéfinit pas.
1.3. $\frac{1}{2} m v_0^2 - 0 = -eU_{AB}$ $v_0 = \sqrt{\frac{-2eU_{AB}}{m}}$	0,25 0,25	
1.4. $v_0 = \sqrt{\frac{(-2) \times 1,6 \times 10^{-19} \times (-1800)}{9 \cdot 10^{-31}}} = \sqrt{6,4 \cdot 10^{14}} = 2,5 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$	0,5	
2. Etude de la déflexion due au condensateur C₂ 2.1. $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$ et $\Sigma \vec{F} = q\vec{E}$, donc $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$ projections dans le repère Ox z': $a_x = 0$ $a_{z'} = \frac{eE}{m}$	0,25 0,25 0,25 0,25	
2.2.1. $a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0$ donc $v_x = \text{Cte} = v_0$ $a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{eE}{m}$ donc $v_z = \frac{eE}{m} t + \text{Cte}$, or $v_z(0) = 0$, donc $v_z = \frac{eE}{m} t$	0,25 0,25	pour la rédaction de 2.2.1. et 2.2.2.
2.2.2. $v_x = \frac{dx}{dt} = v_0$ donc $x = v_0 t + \text{Cte}$, et $x(0) = 0$, soit $x = v_0 t$ $v_z = \frac{dz}{dt} = \frac{eE}{m} t$ donc $z = \frac{eE}{2m} t^2 + \text{Cte}$, or $z(0) = 0$, soit $z = \frac{eE}{2m} t^2$	0,25	
2.2.3. $z = \frac{eE}{2mv_0^2} x^2$	0,25	
2.3.1. Entre S et I, $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$, trajectoire rectiligne d'après le principe de l'inertie	0,25	rien si mal justifié
2.3.2. D'après la question 2.2 : $\hat{v}_S \begin{cases} v_0 \\ \frac{eE}{m} t_s \end{cases} \quad \text{or } t_s = \frac{l}{v_0} \quad \text{donc } \hat{v}_S \begin{cases} v_0 \\ \frac{eEl}{mv_0} \end{cases}$ $\tan \alpha = \frac{v_{Sx}}{v_{Sy}} = \frac{eEl}{mv_0^2} = \frac{eUl}{dmv_0^2} \quad (1)$	0,25 0,25	

2.3.3. $\tan \alpha = \frac{h}{L-\ell}$ (2)	0,25	
(1) = (2) donc $h = \frac{eU\ell}{dmv_0^2} (L-\ell)$	0,25	
2.4. $\frac{U}{d} = \frac{e\ell}{dmv_0^2} (L+\frac{\ell}{2}) = \text{Cte}$	0,25	
Donc la déflexion est proportionnelle à la tension.	0,25	

IV. A propos du laser (5 points)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Propriétés du laser		
1.1. directivité, puissance, monochromaticité, cohérence	0,25	0 si une seule réponse
1.2. domaine infrarouge.	0,25	
1.3. chirurgie, découpage, soudure, nettoyage...	0,25	toute proposition correcte est acceptée.
2. Observation d'un phénomène lié au laser		
2.1. diffraction	0,25	
2.2. la largeur de la fente est de l'ordre de grandeur, "au sens large", de la longueur d'onde.	0,25	
2.3. On élimine : (2) et (5) car non homogènes (3) car d est proportionnel à λ	0,25 0,25	0 si pas de justification
3. Influence de la largeur a de la fente		
(1) car, d'après le doc. 4, d est proportionnel à $\frac{1}{a}$.	0,5	0 si non justifié
4. Influence de la distance D entre la fente et l'écran		
4.1. $d = f(D)$, pour obtenir une droite passant par l'origine de coefficient directeur $\frac{k\lambda}{a}$.	0,25	on accepte $D = f(d)$; le coefficient directeur est alors $\frac{a}{k\lambda}$. 0 si pas de justification.
4.2. 	0,25 0,25 0,25	grandeurs physiques avec unités, et orientation des axes position correcte des points tracé correct de la courbe
variations de la largeur de la tache en fonction de la distance D		ne pas pénaliser l'absence de titre
4.3 Soient deux points O et A de la droite.	0,25	toute méthode correcte est acceptée.
$p = \frac{d_A - d_O}{D_A - D_O}$	0,25	0 si le point utilisé n'est pas exactement sur la droite.
$p = \frac{15 \cdot 10^{-3}}{1,2} = 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ réponse (1)}$	0,25	
4.4. $k = \frac{a \cdot p}{\lambda}$	0,25	
$k = \frac{100 \cdot 10^{-6} \times 12,5 \cdot 10^{-3}}{633 \cdot 10^{-9}} = \frac{1250}{633}$		
k est entier : $k = 2$	0,25	
5. Détermination d'une dimension		
$a = \frac{kD\lambda}{d}$	0,25	
$a = \frac{2 \times 1,5 \times 670 \cdot 10^{-9}}{20 \cdot 10^{-3}} = 1,5 \times 670 \cdot 10^{-7}$		
$a = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}$	0,25	

IV –Notice d'une lunette astronomique (spécialité 5 pts)

Réponse attendue	Barème	Commentaires
<p>1. Modèle réduit de la lunette 1.1.</p>	0,25	pour les trois points F_1 , F_2 et F_2' .
<p>1.2.1. A_1B_1 est dans le plan focal image de L_1.</p>	0,25	
<p>1.2.2.</p>	0,25	pour A_1B_1
<p>1.2.3. image réelle et renversée</p>	0,25	0 si une erreur. on accepte "plus petite". on accepte "dans le plan focal image de L_1 ".
<p>1.2.4. A_1 est confondu avec le foyer objet de L_2.</p>	0,25	
<p>1.2.5. $A'B'$ se trouve à l'infini car A_1B_1 est dans le plan focal objet de L_2.</p>	0,25	0 si non justifié
<p>1.2.6.</p>	2x0,25	pour chaque rayon On acceptera toute construction correcte
<p>$A'B'$ se trouve "à l'infini".</p>	0,25	
<p>2. Grossissement du modèle</p>		
<p>2.1. rayons peu inclinés par rapport à l'axe optique, et passant au voisinage du centre optique de la lentille.</p>	2x0,25	
<p>2.2. $\tan \alpha \approx \alpha = \frac{A_1B_1}{O_1 F_1'}$; $\tan \alpha' \approx \alpha' = \frac{A_1B_1}{O_2 F_2}$</p>	0,25	on accepte : sans allusion à la tangente.
<p>$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{O_1 F_1'}{O_2 F_2}$</p>	0,25	
<p>2.3. $G_1 = \frac{640}{20} = 32$ pour l'oculaire de focale 20 mm</p>		

$G_2 = \frac{640}{12,5} = 51$ pour l'oculaire de focale 12,5 mm $G_3 = \frac{640}{6} = 107$ pour l'oculaire de focale 6 mm	0,5	0,25 si une erreur 0 si deux erreurs
2.4. Les trois dernières valeurs du grossissement correspondent au double des précédentes, et sont obtenues en utilisant la lentille de Barlow.	0,25	
3. Gain en luminosité 3.1.	0,25 0,25	
3.2. D'après le théorème de Thalès, $\frac{O_2 F_2}{O_1 F_1'} = \frac{d}{D}$	0,25	toute méthode correcte est acceptée.
3.3. $d_{\max} = D \frac{O_2 F_2}{O_1 F_1'} = \frac{80 \times 20}{640} = \frac{5}{2} = 2,5$ mm	0,25	On acceptera toute valeur argumentée entre 2,2 mm < d < 2,8 mm

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2002

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : 6



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les quatre exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Un xylophone d'enfant
- II. Newton et les satellites de Jupiter
- III. Synthèse de l'acétate d'eugényle
- IV. Quelques surprises dues au dioxyde de carbone dans l'air

I - UN XYLOPHONE D'ENFANT – 5,5 points

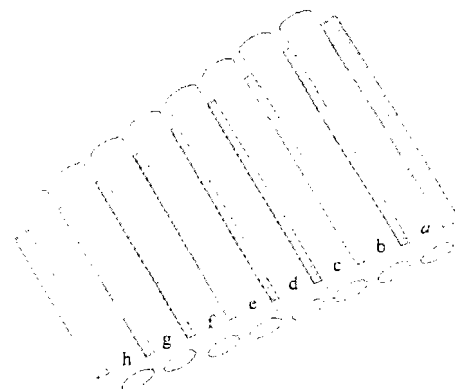
Les instruments de musique correctement accordés produisent des notes (do_5 , $ré_5$, ..., la_7 , si_7) dont les fréquences sont définies très rigoureusement, à savoir :

Note	Fréquence en hertz	Note	Fréquence en hertz	Note	Fréquence en hertz
do_5	1046	do_6	2093	do_7	4186
$ré_5$	1175	$ré_6$	2350	$ré_7$	4699
mi_5	1318	mi_6	2637	mi_7	5274
fa_5	1397	fa_6	2794	fa_7	5588
sol_5	1568	sol_6	3136	sol_7	6272
la_5	1760	la_6	3520	la_7	7040
si_5	1976	si_6	3951	si_7	7902

Un xylophone d'enfant est composé de 8 tubes métalliques creux (notés a, b, ..., g, h), tous identiques mais de longueurs ℓ différentes.

Lorsqu'on frappe sur l'un de ces tubes avec un petit marteau, il vibre, ce qui produit un son bref d'une durée d'environ 2 secondes.

On place devant le xylophone un microphone qui transforme le son en tension électrique. En reliant le microphone à une interface d'acquisition, on cherche à tracer le graphe de la tension aux bornes du microphone en fonction de la durée et à en déduire la période du son.



1. Obtention de l'enregistrement.

Comme pour un oscilloscope, qu'il est nécessaire de régler, il faut paramétrer l'interface d'acquisition afin d'obtenir un enregistrement exploitable. On peut régler deux paramètres de la voie d'acquisition : la durée d'acquisition (c'est à dire la durée de l'enregistrement) et la sensibilité verticale (ou calibre de la voie).

L'expérimentateur fait plusieurs essais avec le tube **a** en utilisant un dispositif permettant de frapper les tubes d'une façon que l'on considérera identique à chaque fois. Il obtient les enregistrements I, II et III donnés dans l'ANNEXE, page 11, représentant la tension aux bornes du microphone en fonction de la durée.

- 1.1. Quel(s) paramètre(s) de l'interface l'expérimentateur a-t-il modifié(s) entre l'enregistrement I et l'enregistrement II ?
- 1.2. Quel(s) paramètre(s) de l'interface l'expérimentateur a-t-il modifié(s) entre l'enregistrement II et l'enregistrement III ?

2. Modélisation de la tension.

L'expérimentateur décide de conserver l'enregistrement II.

Pendant la durée d'acquisition de cet enregistrement, la tension électrique **peut être considérée comme** sinusoïdale de la forme $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$. Un logiciel de traitement permet de déterminer les valeurs de U_m , ω et φ .

Pour le tube **a**, il propose : $(U_m)_a = 83 \text{ mV}$ $\omega_a = 1,32 \times 10^4 \text{ S.I.}$ $\varphi_a = - 1,74 \text{ rad.}$

- 2.1. Le choix d'une fonction sinusoïdale comme modèle convient-il pour les deux autres enregistrements I et III ? Justifier sans calcul.
- 2.2. Que représente la grandeur $(U_m)_a$?
- 2.3. Que représente la grandeur ω_a ? Quelle est son unité ?
- 2.4. Donner la relation entre ω_a et la fréquence f_a de la tension électrique.
- 2.5. En déduire la valeur de la fréquence f_a et celle de la période T_a de la tension électrique u_a .

Aide au calcul numérique :

$$\frac{1,32}{2\pi} \approx 0,210 ; \quad \frac{2\pi}{1,32} \approx 4,76 ; \quad 1,32 \times 2\pi \approx 8,29 ; \quad \frac{1}{1,32 \times 2\pi} \approx 0,121$$

3. La vibration du tube.

On admettra que la fréquence de la vibration du tube est la même que celle du son et que celle de la tension électrique enregistrée.

3.1. Observation globale du phénomène.

Le tube vibre quand il est frappé avec un marteau. Le son produit s'atténue et n'est plus audible au bout de 2 secondes. Décrire par une phrase ce qui se passe pour le tube en choisissant les termes adaptés dans la liste suivante : *oscillations ; mécaniques ; électriques ; libres ; entretenues ; forcées ; amorties ; non amorties ; critiques.*

3.2. Étude restreinte à la durée d'acquisition.

On rappelle que pendant la durée d'acquisition de l'enregistrement, la tension électrique peut être considérée comme sinusoïdale.

Quelle est la fréquence du son émis par le tube **a** ? À quelle note cela correspond-t-il ?

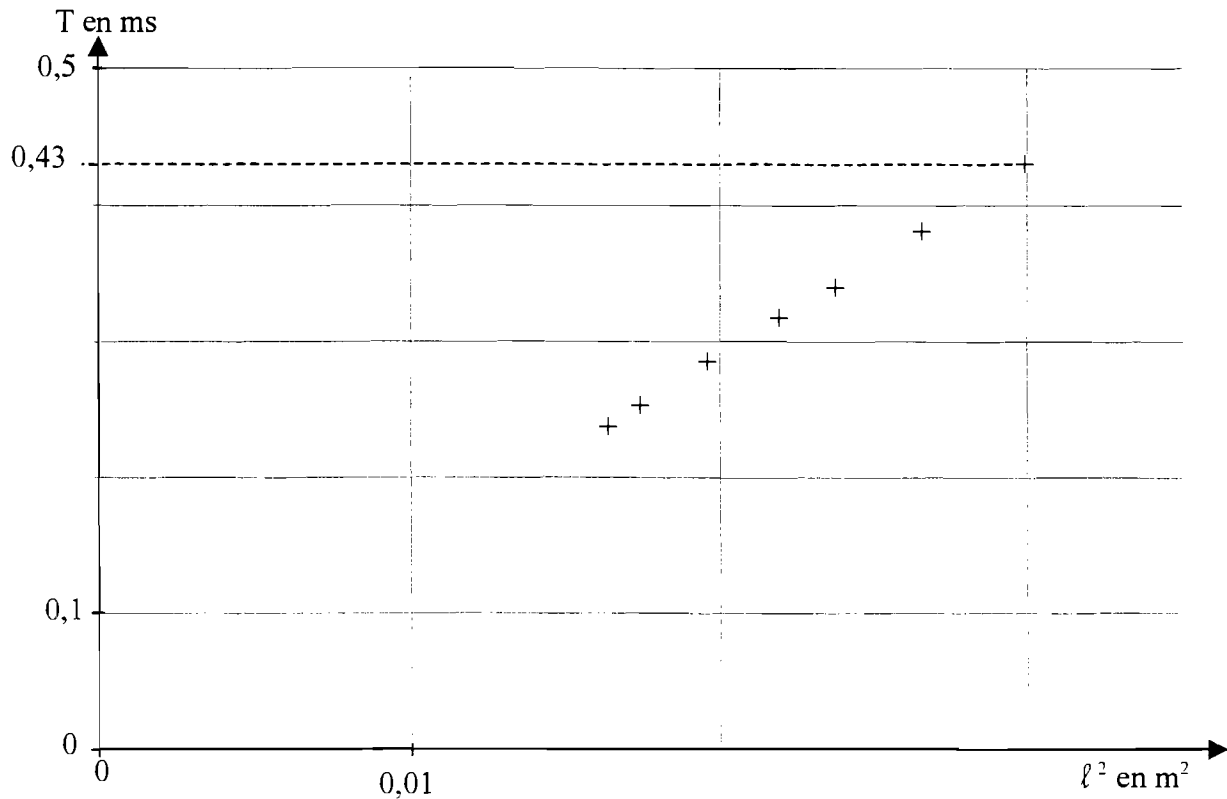
- 3.3. L'expérimentateur a utilisé une interface d'acquisition. Il aurait pu utiliser un oscilloscope à mémoire. Pourquoi n'a-t-il pas utilisé un oscilloscope classique ?

4. Variation de la période du son en fonction de la longueur ℓ du tube.

On réalise la même expérience pour les 7 autres tubes. Pendant les acquisitions, la tension électrique peut être considérée comme sinusoïdale comme dans l'enregistrement II de la question 2. Grâce à la valeur de ω donnée par le logiciel, on en déduit la période T et la fréquence f du son émis par chaque tube. On obtient le tableau de mesures suivant :

	tube b	tube c	tube d	tube e	tube f	tube g	tube h
ℓ en cm	17,3	16,3	15,4	14,8	14,0	13,2	12,8
T en ms	0,430	0,381	0,340	0,317	0,286	0,253	0,238
f en kHz	2,32	2,63	2,94	3,15	3,50	3,95	4,20

- 4.1. On donne l'enregistrement IV dans l'ANNEXE, page 11. En le comparant aux autres enregistrements, justifier qu'il s'agit de l'enregistrement du son d'un tube différent du tube *a*.
- 4.2. Sans la mettre en œuvre, décrire la méthode qui permettrait de montrer, à partir des valeurs du tableau précédent, que la période *T* du son n'est pas proportionnelle à la longueur *ℓ* du tube ?
- 4.3. On a tracé le graphe représentant *T* en fonction de ℓ^2 .



- 4.3.1. À partir du graphique, justifier que l'on peut considérer que la période *T* est proportionnelle à ℓ^2 .
- 4.3.2. En déduire la relation numérique entre *T* et ℓ en précisant les unités.

Aide au calcul numérique :

$$\frac{4,3}{3} \approx 1,4 \quad ; \quad \frac{3}{4,3} \approx 0,70 \quad ; \quad 3 \times 4,3 \approx 12,9 \quad ; \quad \frac{1}{3 \times 4,3} \approx 0,078$$

- 4.4. Lorsque la fréquence expérimentale du son émis par un tube est très différente de la fréquence de la note attendue pour ce tube, le tube est mal accordé. L'expérimentateur constate que l'un des tubes est mal accordé. Indiquer lequel. Pour accorder ce tube, faut-il augmenter ou diminuer sa longueur, tous les autres paramètres restant constants ? Justifier la réponse.

Remarque : on notera, bien entendu, le caractère particulièrement simplificateur de la modélisation pour l'étude de la vibration et du son émis par chaque tube.

II - NEWTON ET LES SATELLITES DE JUPITER – 5,5 points

Extraits de l'ouvrage de Newton « Les principes mathématiques de la philosophie naturelle », d'après la traduction de Mme de Chastelet (1756-1759).

Extraits du livre I :

Proposition I :

Les forces par lesquelles les satellites de Jupiter sont retirés perpétuellement du mouvement rectiligne (...) sont dirigées vers le centre de Jupiter et sont inversement proportionnelles aux carrés de leur distance à ce centre.

Proposition V :

Les satellites de Jupiter gravitent vers Jupiter, ceux de Saturne vers Saturne, et les planètes principales vers le Soleil, et c'est par la force de leur gravité que ces corps (...) sont retirés à tout moment de la ligne droite et qu'ils sont retenus dans des orbites curvilignes.

Proposition VI :

Tous les corps gravitent vers chaque planète et, sur la même planète, (...) leurs forces de gravité, à égale distance du centre, sont proportionnelles à la masse que chacun d'eux contient.

On considère que tous les satellites et planètes sont des corps dont la répartition de la masse est à symétrie sphérique. Les mouvements sont étudiés dans le référentiel « jupitérocentrique » (d'origine le centre de Jupiter et d'axes dirigés vers trois étoiles fixes). On note M la masse de Jupiter et G la constante de gravitation universelle.

1. On étudie le champ de gravitation de Jupiter.

- 1.1. Donner l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle exercée par Jupiter sur un de ses satellites de masse m et situé à la distance r du centre O de Jupiter. Faire un schéma explicatif.
- 1.2. Donner, dans les propositions ci-dessus extraites du livre I, les citations en accord avec cette expression vectorielle.
- 1.3. Donner l'expression vectorielle du champ de gravitation \vec{g} créé par Jupiter, à la distance r de son centre.
- 1.4. Représenter quelques lignes du champ de gravitation autour de Jupiter.
- 1.5. Pourquoi est-il important de préciser que la répartition de la masse des corps est à symétrie sphérique ?

2. On considère que Ganymède, un satellite de Jupiter, satellite de masse m , est soumis à la seule force de gravitation due à Jupiter et que son mouvement est circulaire de centre O (centre de Jupiter) et de rayon r .

- 2.1. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
- 2.2. Établir l'expression de la vitesse v de Ganymède en fonction de G , M et r ; en déduire l'expression de la période T de révolution.

2.3. Parmi les plus gros satellites de Jupiter, Europe gravite à raison de 14 km par seconde alors que Ganymède met 1 minute pour parcourir 660 km.

Quel est le satellite le plus éloigné de Jupiter ? Justifier.

3. On considère que Ganymède se déplace sur son orbite de A en C en 1 seconde (voir figure 1) et que le rayon r de cette orbite est de l'ordre de un million de kilomètres.

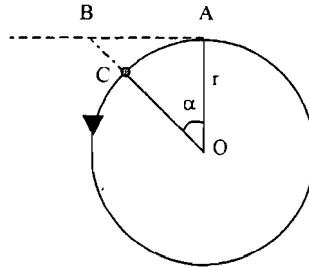


figure 1 (non à l'échelle)

3.1. D'après les extraits cités, que représente la droite AB sur la figure 1 ?

3.2. Si α (en radian) est très petit, BC est égal à $\frac{1}{2}r\alpha^2$.

En déduire que BC est aussi égal à $\frac{1}{2} \frac{\widehat{AC}^2}{r}$, où \widehat{AC} représente l'arc de cercle entre A et C.

Vérifier que la distance BC vaut environ 6 cm.

3.3. Supposons qu'on laisse tomber une pierre de l'altitude de Ganymède en direction de Jupiter. On admet que la hauteur de chute, pendant la première seconde, se calcule par l'expression $\frac{1}{2}\mathcal{G}t^2$, \mathcal{G} représentant la valeur du champ de gravitation à cette altitude, soit $\mathcal{G} = 0,12 \text{ m.s}^{-2}$.

Calculer la hauteur de chute durant la première seconde.

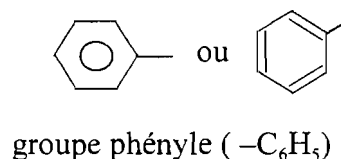
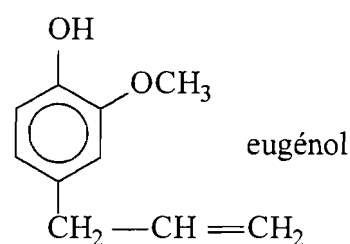
3.4. Compte tenu des résultats des questions 3.2 et 3.3 et des propositions de Newton, que représente BC pour Ganymède ?

III - SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE D'EUGÉNYLE – 4 points

L'huile essentielle de girofle est obtenue par hydrodistillation des boutons floraux séchés du giroflier ou clous de girofle, l'huile essentielle de giroflier est obtenue par hydrodistillation des feuilles et rameaux du giroflier.

Une brochure sur les essences naturelles végétales indique que ces deux huiles, utilisées en parfumerie et en pharmacie, diffèrent par leur composition : elles contiennent toutes deux de l'eugénol, mais celle dite de girofle contient aussi un ester de l'eugénol, l'acétate (ou éthanoate) d'eugényle.

L'acétate d'eugényle n'est pas un produit commercialisé. On se propose de réaliser sa synthèse et de vérifier les informations de la brochure sur la composition des huiles de girofle et de giroflier.



1. Synthèse de l'ester

L'eugénol est un phénol qui possède le groupe "caractéristique" :

Il peut conduire, comme les alcools, à la formation d'un ester et possède aussi les propriétés d'un acide faible.

Données :

	Densité	Solubilité dans l'eau
<i>eugénol</i>	1,07	très peu soluble
<i>anhydride acétique</i>	1,08	peu soluble, s'hydrolyse
<i>acétate d'eugényle</i>	1,08	insoluble
<i>eugénate de sodium</i>		très soluble
<i>acide acétique</i>	1,05	soluble
<i>acétate de sodium</i>		très soluble

Couple acide/base	pK_a
<i>acide acétique / ion acétate</i>	4,8
<i>eugénol / ion eugénate</i>	10

Mode opératoire

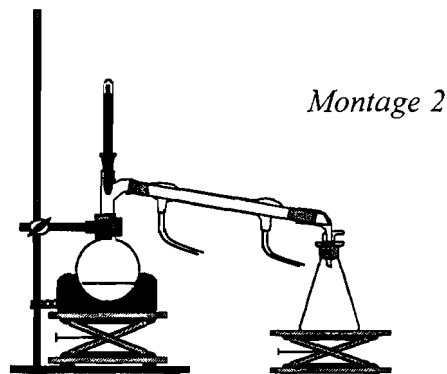
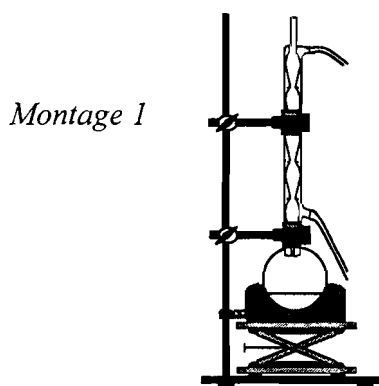
- ◆ *Étape 1 : on introduit dans un ballon 6,2 mL d'eugénol, un excès d'anhydride acétique et quelques grains de pierre ponce. On réalise un montage à reflux et on chauffe pendant 30 minutes.*
- ◆ *Étape 2 : on arrête le chauffage et on additionne lentement, par le haut du réfrigérant et par petites quantités, environ 15 mL d'eau à température ambiante. On agite et on laisse refroidir ; on transvase le mélange dans une ampoule à décanter.*
- ◆ *Étape 3 : on récupère la phase organique que l'on lave deux fois avec 15 mL d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou soude à 2 mol.L⁻¹.*
- ◆ *Étape 4 : après un dernier lavage avec une petite quantité d'eau, on récupère la phase organique et on la sèche sur du sulfate de magnésium anhydre. Soit O la phase organique obtenue.*

Questions

- 1.1. Écrire, avec les formules semi-développées, l'équation-bilan de la réaction (étape 1).
- 1.2. L'ester aurait pu être préparé par une réaction d'estérification entre un acide carboxylique et l'eugénol.

Quel est cet acide ? Pourquoi utilise-t-on l'anhydride de préférence à cet acide ?

1.3. Lequel des deux montages présentés ci-après est un montage à reflux ? Justifier la réponse.



- 1.4. Nommer les espèces présentes dans le ballon après le chauffage à reflux, sachant que la réaction de formation de l'ester n'est pas terminée.
- 1.5. Sachant que, dans l'étape 2, l'anhydride acétique s'hydrolyse complètement en acide acétique, écrire l'équation-bilan de cette réaction.
- 1.6. Faire le schéma de l'ampoule à décanter et préciser le contenu de chaque phase, à la fin de l'étape 2.
- 1.7. Lors des lavages de la phase organique avec la solution de soude à froid dans l'étape 3, y a-t-il une ou des espèces susceptibles de réagir ? La ou les citer.
- 1.8. Que devrait alors contenir la phase organique à la fin de l'étape 3 ? Justifier.

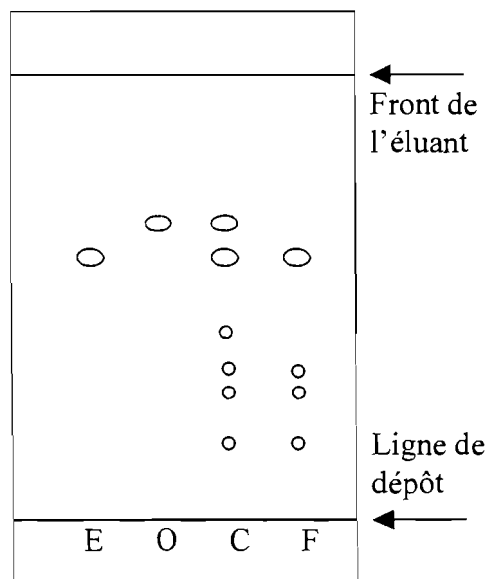
2. Analyse par chromatographie sur couche mince des essences de girofle et de giroflier

Mode opératoire

Sur une plaque de silice sensible aux UV, on effectue les dépôts de quatre solutions dans le dichlorométhane :

- ◆ une d'eugénol : E ;
- ◆ une de la phase organique contenant l'ester préparé : O ;
- ◆ une de l'essence de girofle obtenu à partir des clous de girofle : C ;
- ◆ une de l'essence de giroflier obtenue à partir des feuilles et rameaux du giroflier : F.

L'éluant est un mélange de toluène et d'éthanol.
Après révélation, on obtient le chromatogramme ci-contre :

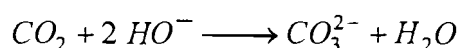


Questions

- 2.1. Le chromatogramme confirme-t-il la réponse à la question 1.8. ?
- 2.2. Les affirmations concernant la composition des deux essences, données en début d'énoncé, sont-elles vérifiées ?

IV - QUELQUES SURPRISES DUES AU DIOXYDE DE CARBONE DANS L'AIR – 5 points

Le dioxyde de carbone CO_2 est présent dans l'air atmosphérique à raison de 0,63 % en volume. Il peut réagir avec les ions hydroxyde ; l'équation-bilan de cette réaction est :



Cela peut parfois jouer certains tours.....

1. Préparation et dosages d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou soude

On rappelle que la soude (ou hydroxyde de sodium) a pour formule NaOH . Pour en préparer une solution aqueuse de concentration connue, on ne dispose que d'un flacon de pastilles de soude, la masse d'une pastille étant approximativement égale à 0,1 g.

On commence donc par préparer une solution de concentration voisine de $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$; pour connaître précisément la concentration de la solution préparée, on réalise ensuite un dosage.

Liste du matériel et des solutions disponibles au laboratoire :

- ◆ agitateur magnétique et barreau aimanté ;
- ◆ fioles jaugées portant les mentions «50 mL», «100 mL», «200 mL», «1 L» ;
- ◆ pipettes jaugées portant les mentions «1 mL», «5 mL», «10 mL», «20 mL» ;
- ◆ burettes graduées portant les mentions «20 mL», «25 mL», «50 mL», ;
- ◆ pipettes graduées portant les mentions «1 mL», «5 mL», «10 mL» ;
- ◆ éprouvettes graduées portant les mentions «10 mL», «50 mL», «100 mL» ;
- ◆ erlenmeyers et bechers portant les mentions «50 mL», «100 mL», «200 mL» ;
- ◆ poire aspirante ou propipette ®;
- ◆ solutions d'acide chlorhydrique à $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$; $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$; $0,010 \text{ mol.L}^{-1}$;
- ◆ indicateur coloré : phénolphtaléine.

Données :

Masses molaires atomiques :

$M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$;

$M(\text{Na}) = 23 \text{ g.mol}^{-1}$

Constantes d'acidité des couples de l'eau :

$\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$: $K_{a1} = 1$;

$\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$: $K_{a2} = 10^{-14}$

- 1.1. Quelle masse de soude utiliser pour préparer $V = 1\text{L}$ de solution de concentration voisine de $c = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$?
- 1.2. **On remarque que le laboratoire ne dispose pas de balance.**
Comment faire pour préparer cette solution avec les produits et le matériel disponibles, indépendamment des conditions de sécurité ?
- 1.3. Pourquoi n'a-t-on pas préparé seulement 100 mL de cette solution ? Justifier.
- 1.4. Préciser, en justifiant la réponse, quelle solution choisir dans la liste des solutions disponibles au laboratoire, pour doser 10 mL de la solution préparée précédemment.
Dans la suite de l'exercice, on appelle S cette solution choisie.
- 1.5. Faire le schéma annoté du dispositif du dosage.

1.6. On réalise le dosage ; le volume de solution S versée à l'équivalence est V . Trois jours après, on s'aperçoit que le récipient contenant la solution de soude n'a pas été rebouché. On refait le dosage dans les mêmes conditions ; le volume de solution S versée à l'équivalence est alors V' inférieur à V .

On dit que la soude est carbonatée : une petite quantité d'ions hydroxyde a réagi avec le dioxyde de carbone pour donner des ions carbonate CO_3^{2-} selon l'équation bilan donnée en introduction.

Sachant que le virage de l'indicateur coloré choisi permet de doser les ions hydroxyde provenant de la soude et les ions carbonate formés qui se comportent comme une monobase, justifier la diminution du volume de solution S versée à l'équivalence.

2. Farces et attrapes : la tache qui disparaît...

Dans les magasins de farces et attrapes est proposée une solution bleue, appelée « encre anti-tache ». Lorsque l'on verse un peu de cette solution sur un vêtement, une tache bleue apparaît, mais.....disparaît en quelques minutes.

Voilà comment fabriquer la solution « encre anti- tache » :

◆ **Produits et solutions nécessaires avec quelques indications**

Solution de soude à 1 mol.L^{-1} : corrosive.

Thymolphtaléine : indicateur coloré de zone de virage : 9,3-10,5 ;

constante d'acidité du couple associé $K_{a_3} = 10^{-10,2}$;

soluble dans l'eau et l'éthanol.

◆ **Mode opératoire**

Ajouter quelques gouttes de solution de thymolphtaléine dans un mélange d'eau et d'alcool ; la solution est alors incolore.

Ajouter ensuite goutte à goutte juste assez de la solution de soude de manière à obtenir une solution bleue : « l'encre anti- tache ».

On admet que la solution se comporte comme une solution aqueuse.

2.1. La forme acide de la thymolphtaléine, notée AH , est incolore. La forme basique sera notée A^- .

Placer sur un axe gradué en pH la zone de virage de la thymolphtaléine. Indiquer en dehors de cette zone les espèces prédominantes.

2.2. Lors de la préparation de la solution, avant l'addition de la solution de soude, le pH est-il inférieur à 9,3 ou supérieur à 10,5 ? Justifier la réponse.

2.3. Écrire l'équation-bilan de la réaction entre la thymolphtaléine et la soude.

2.4. Exprimer la constante de cette réaction. En déduire que cette réaction peut-être considérée comme quasi-totale.

2.5. Quelle est la teinte de la forme basique de la thymolphtaléine ? Justifier la réponse.

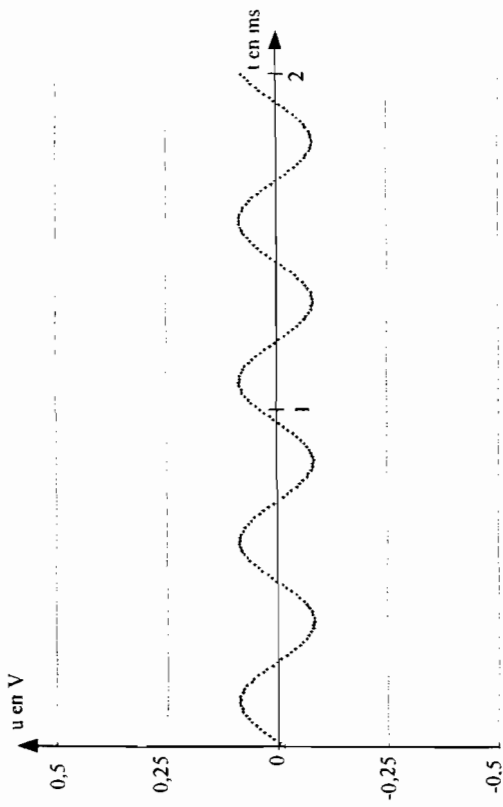
2.6. Pour expliquer la disparition de la tache bleue, on peut supposer que l'évaporation de l'alcool et la recristallisation de la thymolphtaléine jouent un rôle.

En vous aidant de l'introduction de l'exercice (et de la première partie), indiquer quel autre facteur pourrait également intervenir pour expliquer la disparition de la tache sur le vêtement ?

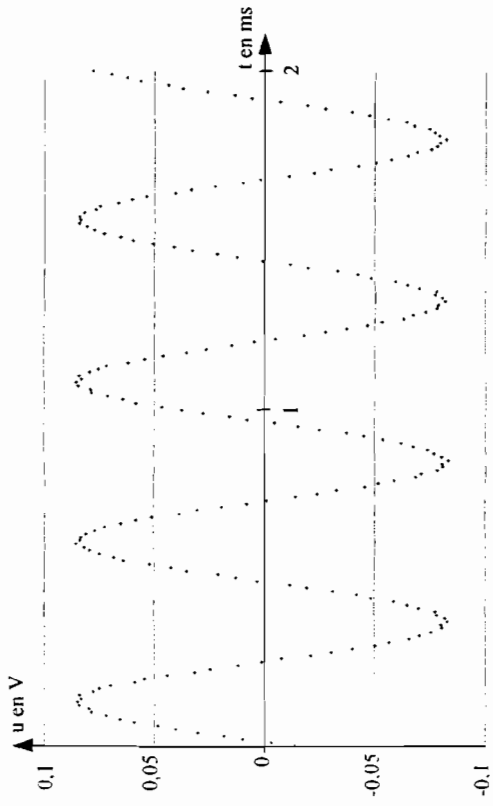
Attention : la solution « encre anti-tache » contenant de la soude concentrée, on évitera de l'utiliser sur des vêtements non usagés.

ANNEXE RELATIVE À L'EXERCICE I (NE PAS RENDRE AVEC LA COPIE)

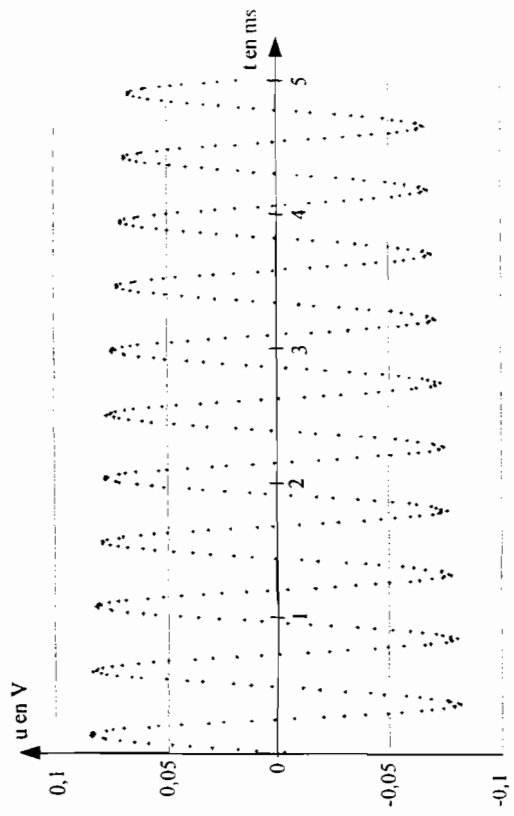
Enregistrement I



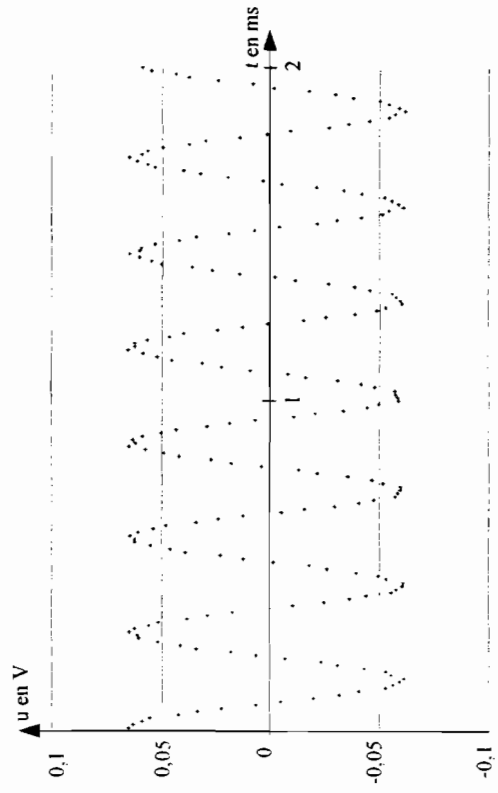
Enregistrement II



Enregistrement III



Enregistrement IV



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Sujet OBLIGATOIRE

- I. Un xylophone d'enfant (5,5 points)
- II. Newton et les satellites de Jupiter (5,5 points)
- III. Synthèse de l'acétate d'eugényle (4 points)
- IV. Quelques surprises dues au dioxyde de carbone contenu dans l'air (5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter les différents allègements/aménagements : note de service n° 98-175 du 03.09.1998 (BOEN n° 33 du 10 septembre 1998) et (BOEN n° 12 hors série du 29 octobre 1998), note de service n° 99-168 du 27-10-1999 publiée au BOEN n° 39 du 4 novembre 1999 et BOEN HS n° 8 du 31 août 2000 et **BOEN HS n°3 du 30 août 2001**.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et les compétences à évaluer précisées dans le texte définissant l'épreuve de physique-chimie : arrêté du 12 janvier 1995, fixant le programme de terminale S (BOEN n° 3 du 16 février 1995) et note de service n° 96-223 du 10.09.1996 (BOEN n° 33 du 19 septembre 1996).

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

BOEN HS n°3 du 30 août 2001

I - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE, PHYSIQUE

Dans la partie II, "Systèmes oscillants", supprimer les contenus suivants:

- la rubrique 3.2.1 dans son entier ("Phénomène d'induction. Loi de Lenz Applications.");

- la rubrique 4.2 dans son entier ("Oscillations entretenues. Apport d'énergie (réaction positive) et limitation de l'amplitude (non linéarité). Retour sur les exemples étudiés, horloge mécanique, oscillateur électrique, effet Larsen").

Supprimer également les compétences exigibles suivantes:

- "Savoir qu'un circuit indéformable qui voit un champ magnétique variable est le siège d'une force électromotrice";

- "Connaître la loi de Lenz".

Supprimer toute la partie III, "Lumière visible et invisible", et les compétences exigibles correspondantes.

II - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ, PHYSIQUE ("IMAGE ET COMMUNICATION")

Dans le chapitre 1, "Formation optique d'une image":

- supprimer les compétences les "Montrer l'importance du flux lumineux et expliquer le rôle d'un condenseur" et "Montrer qu'à un point objet correspond une tache dont la dimension dépend du système";
- supprimer "Flux lumineux collecté";
- remplacer la compétence "Régler un montage optique simple à deux éléments pour obtenir une image" par "Régler un montage optique simple à deux éléments convergents pour obtenir une image";
- remplacer la compétence "Analyser un montage optique dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux" par "Analyser un montage optique, ne comportant que des lentilles convergentes, dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux".

Dans le chapitre 2, "Télécommunications" :

- supprimer les activités expérimentales suivantes :

- "Réaliser un oscillateur électrique et mesurer sa fréquence d'oscillation et son amplitude";
- "Expériences illustrant la transformation d'une information lumineuse en tension ou courant";
- "Photodiode, cellule CCD";
- "Exploitation de l'oscilloscope pour illustrer le fonctionnement de l'écran de télévision : balayage, variation de l'intensité, persistance des impressions lumineuses, synchronisation";
- "Mise en évidence de l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie)";
- "Écran couleur et synthèse additive";
- "Observation à l'oscilloscope d'un signal vidéo simple (exemple : image d'un damier)".

- et supprimer les compétences suivantes :

- "Expliquer le principe de la modulation de fréquence";
- "Connaître les grandes étapes du développement des télécommunications";
- "Connaître les propriétés d'une photodiode (variation de l'intensité avec l'éclairement, domaine de sensibilité en longueur d'onde)";
- "Mettre en évidence l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie)";
- "Expliquer le principe de la télévision : pixels, balayage ligne et balayage image (trame, nécessité de la synchronisation)";
- "Expliquer le principe de la télévision couleur : les trois faisceaux, l'écran couleur et la synthèse additive des couleurs";
- "Observer à l'oscilloscope un signal vidéo simple (exemple : image d'un damier)";
- "Expliquer le principe de fonctionnement d'un caméscope : formation d'une image optique sur une mosaïque de cellules CCD, tension de sortie du caméscope reproduisant l'état de chaque cellule".

Rappel : la théorie des filtres et leur étude n'est pas explicitement au programme. La persistance de l'image rétinienne et le principe du cinéma sont étudiés dans le cadre de l'optique.

III - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE, CHIMIE ("LES MOLÉCULES DE L'HYGIÈNE, DE LA BEAUTÉ ET DE LA SANTÉ")

Dans le chapitre 2, "Acides et bases en solution aqueuse", rubrique 2.4, "Dosage d'un acide faible", supprimer la compétence : "Reconnaître suivant l'allure des courbes de variation de pH les cas : acide faible-base forte et acide fort-base forte".

Dans le chapitre 3, "Notions élémentaires de stéréochimie", rubrique 3.1, "Justification de la géométrie des molécules simples par la méthode VSEPR", supprimer :

- "Distinction entre paires d'électrons libres et paires d'électrons liés";
- "Justification de la géométrie des molécules de type AX₂, AX₃, AX₄, AX₃E, AX₂E₂".

Dans le chapitre 3, "Notions élémentaires de stéréochimie", rubrique 3.2, "Notions de configuration et de conformation", supprimer :

- "Conformations éclipsées et décalées autour d'une liaison simple carbone-carbone : cas de l'éthane et du butane";
- ainsi que la compétence : "Distinguer un isomère de configuration d'un isomère de conformation".

Dans le chapitre 4, "Parfums et savons", rubrique 4.2, "Les savons", supprimer :

- "Intermédiaire tétraédrique dans le mécanisme de la réaction de saponification : propriétés nucléophile de l'ion OH⁻ et électrophile de la fonction ester".

- ainsi que les compétences : "Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène donnent à l'ion OH⁻ un caractère nucléophile" et "Reconnaître le site électrophile de la fonction ester"

Dans le chapitre 5, "Médicaments" :

- supprimer la rubrique 5.1, "Histoire et production industrielle d'un médicament: l'aspirine" dans sa totalité;
- dans la rubrique 5.2, "Synthèse d'un médicament au laboratoire", supprimer l'exemple du chlorure d'acyle dans les réactions de formation des esters et des amides ainsi que les compétences suivantes :

- "Connaître la formule développée d'un chlorure d'acyle";
- "Savoir que la réaction d'un chlorure d'acyle avec un alcool est rapide, donne un ester et peut être quantitative";
- "Écrire et exploiter quantitativement les équations-bilans de formation des amides";
- "Reconnaître la fonction amide dans une chaîne carbonée";
- "À partir de la formule semi-développée d'un amide, retrouver la formule de l'acide carboxylique correspondant et, dans le cas d'un amide monosubstitué, retrouver aussi celle de l'amine";
- "Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène confèrent aux alcools des propriétés nucléophiles";
- "Savoir que le doublet libre de l'atome d'azote confère aux amines des propriétés nucléophiles";
- "Reconnaître le site électrophile du groupe carbonyle".

IV - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ, CHIMIE (LES MOLÉCULES DE L'ALIMENTATION)

Dans le chapitre 1, "Espèces ioniques présentes dans les boissons" :

- supprimer :
- l'activité expérimentale "Mises en évidence d'espèces ioniques minérales dissoutes";
- la rubrique "Approfondissements: Réactions d'identification des ions";
- ainsi que les compétences "Savoir identifier les ions suivants : Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Ca²⁺";
- et ajouter "Aucune connaissance n'est exigible sur les méthodes de dosage des ions (en particulier : méthode de Mohr et méthode de Charpentier Volhard)".

Dans le chapitre 2, "Sucres et édulcorants", supprimer :

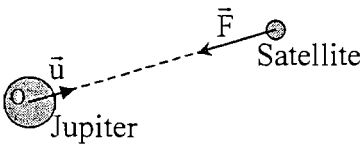
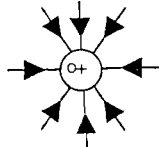
- les activités expérimentales "Dosage d'un ose réducteur", "Étude chimique d'un édulcorant : l'aspartame" et "Le groupement fonctionnel amide";
- la compétence "Savoir réaliser le dosage d'un ose réducteur".

Dans le chapitre 4, "Arômes, colorants et conservateurs", supprimer l'ensemble de la rubrique 4.4, "Synthèse d'un arôme".

I - UN XYLOPHONE D'ENFANT – 5,5 points

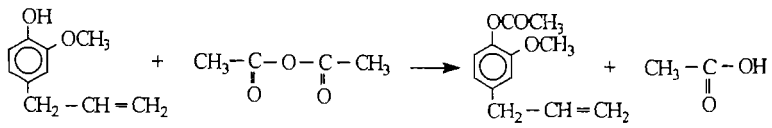
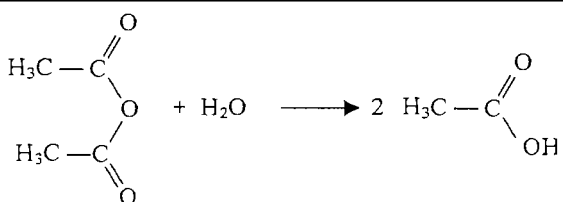
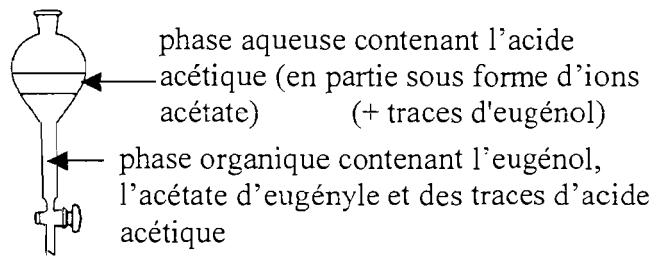
Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.1. Il a modifié la sensibilité verticale.	0,25	
1.2. Il a modifié la durée d'acquisition.	0,25	
2.1. Le modèle est correct pour I et II d'allure sinusoïdale mais n'est pas correct pour l'enregistrement III car l'amplitude de la tension décroît.	0,25	
2.2. $(U_m)_a$ est l'amplitude de la tension $u_a(t)$.	0,25	
2.3. ω_a est la pulsation de la tension $u_a(t)$. Unité : rad.s^{-1}	0,25 0,25	
2.4. $\omega_a = 2\pi f_a$	0,25	
2.5. $f_a = \frac{\omega_a}{2\pi} = \frac{1,32 \times 10^4}{2\pi} = 2,10 \times 10^3 \text{ Hz}$	0,25	
$T_a = \frac{2\pi}{\omega_a} = \frac{2\pi}{1,32 \times 10^4} = 4,76 \times 10^{-4} \text{ s}$	0,25	
3.1. Le tube est le siège d' <u>oscillations mécaniques libres amorties</u> .	0,5	Un terme manquant : 0,25 Deux termes manquants : 0
3.2. La tension u_a a la même fréquence que le son émis par le tube a, donc : 2,10 kHz. Cette fréquence correspond au do_6 (2093 Hz)	0,25 0,25	Toute formulation correcte est acceptée.
3.3. L'amplitude de la tension est nulle au bout de 2 secondes. Cette durée n'est pas suffisante pour visualiser le phénomène de façon stable et permettre une mesure convenable de la période.	0,25	
4.1. En comparant les enregistrements II et IV, on constate que sur une durée de 2 millisecondes, il y a approximativement 4 périodes pour II et 7 périodes pour IV donc la période de l'enregistrement IV est plus petite ; il s'agit donc d'un autre tube.	0,25	
4.2. Si on traçait T en fonction de ℓ , on obtiendrait des points non alignés avec l'origine.	0,25	On accepte le rapport $\frac{T}{\ell}$ non constant
4.3.1. Les points sont alignés sur une droite passant par l'origine donc T est proportionnel à ℓ^2 .	0,25	
4.3.2. De la relation $T = k \lambda^2$ on en déduit : $k = \frac{4,3 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-2}} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ s.m}^{-2}$	0,5	On accepte toutes autres unités, si elles sont précisées
4.4. Le tube d est mal accordé.	0,5	
Il a une fréquence trop grande, donc sa période est trop petite donc il faut rallonger le tube.	0,25	

II – NEWTON ET LES SATELLITES DE JUPITER - 5,5 points

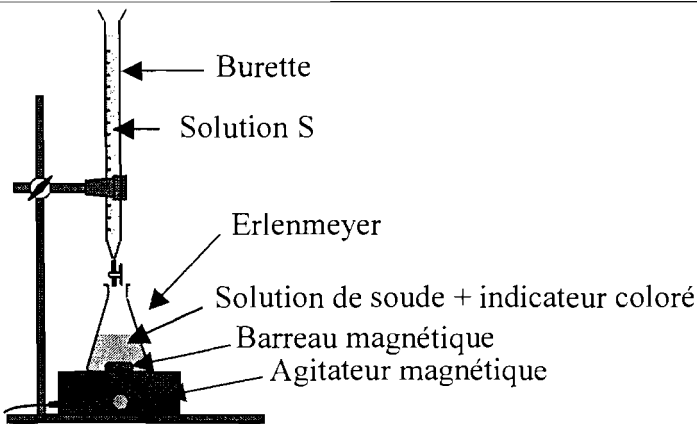
Réponses attendues	Barème	Commentaires	
<p>1.1. $\vec{F} = -G \frac{Mm}{r^2} \vec{u}$ avec \vec{u} le vecteur unitaire défini sur le schéma</p>		<p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>Toute définition correcte du vecteur unitaire est acceptée.</p>
<p>1.2. Proposition I : les forces de gravitation sont orientées vers Jupiter « dirigées vers le centre de Jupiter » et valeur de la force en $1/r^2$ « et sont inversement proportionnelles aux carrés de leur distance au centre » Proposition VI : force de gravitation proportionnelle à la masse du satellite « sont proportionnelles à la masse de chacun d'eux »</p>	<p>0,5</p>	<p>On mettra 0,25 pour deux réponses sur trois.</p>	
<p>1.3. $\vec{g} = -G \frac{M}{r^2} \vec{u}$</p>	<p>0,25</p>		
<p>1.4.</p> 	<p>0,25</p>	<p>Sur ce schéma, on acceptera Jupiter réduit à un point.</p>	
<p>1.5. Du point de vue de la gravitation, les corps, dont la répartition de la masse est à symétrie sphérique, se comportent comme des corps ponctuels.</p>	<p>0,25</p>		
<p>2.1. Système : Ganymède Bilan des forces : \vec{F} force de gravitation D'après le théorème du centre d'inertie : $-G \frac{mM}{r^2} \vec{u} = m\vec{a}_G$ noté $m\vec{a}$ avec \vec{a} l'accélération du centre d'inertie de Ganymède Dans la base de Frenet, $\vec{a} = a_t \vec{u}_t + a_n \vec{u}_n$ Si le mouvement est circulaire alors $\vec{u} = -\vec{u}_n$ Donc $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$ La valeur de la vitesse est constante, le mouvement est uniforme.</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p> <p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>Si utilisation du théorème de l'énergie cinétique (ou de la puissance de \vec{F} nulle) : mettre 0,25 et basculer les 0,25 du TCI et 0,25 de Frenet à la question 2.2.</p>	
<p>2.2. $a = G \frac{M}{r^2}$ et $a = a_n = \frac{v^2}{r}$ donc $v^2 = G \frac{M}{r}$ La période est la durée d'un tour $T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p> <p>0,25</p>		
<p>2.3. Vitesse de Ganymède, $v = \frac{660}{60} = 11 \text{ km.s}^{-1}$ Elle est inférieure à la vitesse d'Europe. Or la vitesse diminue quand le rayon de l'orbite augmente. Donc le satellite le plus éloigné de Jupiter est Ganymède</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p>		
<p>3.1. La droite AB représente la trajectoire rectiligne que suivrait Ganymède en l'absence de la force exercée par Jupiter.</p>	<p>0,25</p>		

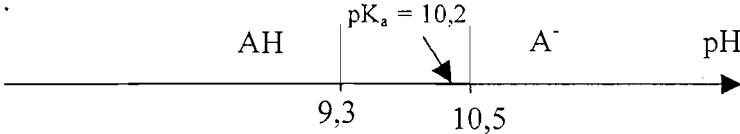
<p>3.2. $BC = \frac{1}{2} r \alpha^2$ avec $\alpha = \frac{\widehat{AC}}{r} \Rightarrow BC = \frac{\widehat{AC}^2}{2r}$</p> <p>l'arc \widehat{AC} est la distance parcourue en 1 seconde, donc $\widehat{AC} = 660/60 = 11 \text{ km}$ et $BC = \frac{(11 \times 10^3)^2}{2 \times 10^6 \times 10^3} = 0,06 \text{ m} = 6 \text{ cm}.$</p>	0,25	
<p>3.3. En 1 s la hauteur de chute vaut donc $\frac{1}{2} \times 0,12 \times 1^2 = 0,06 \text{ m}$</p>	0,25	
<p>3.4. BC représente la hauteur de chute, en une seconde, de Ganymède qui n'en finit pas de tomber dans le champ de gravitation de Jupiter.</p>	0,5	

III - SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE D'EUGÉNYLE – 4 points

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1.1.</p> 	0,5	
<p>1.2. Acide éthanoïque ou acétique CH₃CO₂H. La réaction de formation de l'ester avec l'acide est limitée ; avec l'anhydride, elle est totale.</p>	0,25 0,25	
<p>1.3. Le montage 1 est le montage à reflux ; le réfrigérant vertical condense les vapeurs formées et le liquide retombe dans le ballon. Il n'y a pas de perte, ni de réactifs ni de produits.</p>	0,25 0,25	
<p>1.4. Le ballon contient l'eugénol et l'anhydride n'ayant pas réagi, l'ester et l'acide acétique formés.</p>	0,25	
<p>1.5.</p> 	0,25	
<p>1.6.</p> 	0,25 0,25	On accepte l'absence de l'acide acétique dans la phase organique si cohérent avec 1.7.
<p>1.7. L'eugénol et l'acide acétique sont des acides susceptibles de réagir avec la soude</p>	0,25	Ne pas accepter la saponification à froid
<p>1.8. La phase organique ne devrait contenir que l'ester. Les lavages à la soude éliminent l'eugénol (en fait la forme basique de l'eugénol très soluble dans l'eau) et l'acide acétique restant (transformé en fait en acétate).</p>	0,25 0,25	Elimination d'eugénol en fonction de la réponse 1.6.
<p>2.1. La phase organique O ne contient pas d'eugénol, on n'obtient aucune tâche au même niveau .</p>	0,25	
<p>2.2. L'essence de girofle contient l'eugénol et l'acétate d'eugényle, on obtient une tâche au niveau de chacune de ces substances ; l'essence de giroflie ne contient pas l'acétate d'eugényle. Les affirmations sont vérifiées.</p>	0,25 0,25	

**IV - QUELQUES SURPRISES DUES AU DIOXYDE DE CARBONE CONTENU
DANS L'AIR – 5 points**

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1.1. Pour préparer 1 L d'une solution de soude à environ 10^{-2} mol.L⁻¹, il faut une masse de soude :</p> $m(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH})$ $= c(\text{NaOH}) \cdot V \cdot M(\text{NaOH}) = 10^{-2} \times 1 \times 40 = 0,4 \text{ g}$	0,5	
<p>1.2. On ne dispose pas de balance, donc 0,4 g correspond à 4 pastilles de soude. À introduire dans une fiole jaugée de 1 L complétée avec de l'eau distillée.</p>	0,25 0,25	
<p>1.3. Pour préparer 100 mL de la même solution, la masse de soude nécessaire est 10 fois moins importante. Donc $m(\text{NaOH}) = 0,04 \text{ g}$, soit moins d'une pastille, ce qui n'est pas possible.</p>	0,25	
<p>1.4. Pour doser un volume de 10 mL d'une solution basique, on choisit une solution acide dont la concentration est du même ordre de grandeur que celle de la solution basique pour avoir à verser un volume raisonnable (ici de l'ordre de 10 mL). La solution S est donc la solution d'acide chlorhydrique de concentration 0,010 mol.L⁻¹.</p>	0,25	
<p>1.5.</p> 	0,5	
<p>1.6. * initialement $a = 10 \times 10^{-3} \times 10^{-2} = 10^{-4}$ mol d'ions HO⁻ ces ions sont dosés par les ions H₃O⁺ venant de l'acide chlorhydrique, soit a mol.</p> <p>* Après trois jours la soude a réagi à l'air libre avec le dioxyde de carbone selon l'équation bilan :</p> $\text{CO}_2 + 2\text{HO}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ <p>n mol de CO₂ réagissent avec 2n mol d'HO⁻ pour donner n mol d'ions CO₃²⁻.</p> <p>* Dans le nouveau dosage les ions H₃O⁺ réagissent avec (a-2n) d'HO⁻ restant et n mol de CO₃²⁻ formé, ce qui nécessite a-2n+n = a-n mol d'ions H₃O⁺. a-n < a donc il faut un volume d'acide V' plus faible que V.</p>	0,25 0,25 0,25	

<p>2.1.</p>  <p>A horizontal axis labeled 'pH' with an arrow pointing right. A vertical line is drawn at pH 9,3. To the left of this line is the label 'AH' and to the right is 'A⁻'. Above the axis, 'pK_a = 10,2' is written with a vertical line and an arrow pointing to a point on the axis between 9,3 and 10,5. The value '10,5' is also marked on the axis.</p>	0,25	
<p>2.2. Avant l'addition de soude, la solution est incolore, donc l'espèce prédominante est AH incolore et le pH est inférieur à 9,3 car l'addition de soude augmente le pH.</p>	0,5	Toute réponse cohérente est acceptée
<p>2.3. $AH + HO^- \rightleftharpoons A^- + H_2O$</p>	0,25	Simple flèche acceptée
<p>2.4. $K_r = \frac{[A^-]}{[HA] \cdot [HO^-]}$ donc $K_r = \frac{K_{a3}}{K_{a2}} = 10^{3,8} \gg 1$ On peut donc considérer la réaction comme quasi-totale.</p>	0,5	Accepter $K_r > 10^3$ ou 10^4
<p>2.5. Après l'addition de soude, la solution devient bleue, la forme basique A⁻ de la thymolphtaléine est donc bleue.</p>	0,25	
<p>2.6. À l'air libre, les ions hydroxyde HO⁻ réagissent avec CO₂ ; le pH diminue et on repasse dans le domaine de pH pour lequel la forme acide HA incolore est prédominante.</p>	0,5	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2002

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **8**



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les quatre exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Un xylophone d'enfant
- II. Newton et les satellites de Jupiter
- III. Synthèse de l'acétate d'eugényle
- IV. Pomme *malus communis*

I - UN XYLOPHONE D'ENFANT – 5,5 points

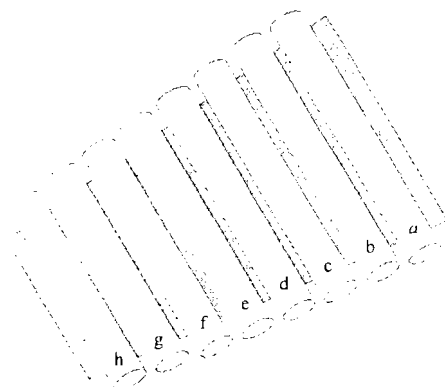
Les instruments de musique correctement accordés produisent des notes ($do_5, ré_5, \dots, la_7, si_7$) dont les fréquences sont définies très rigoureusement, à savoir :

Note	Fréquence en hertz	Note	Fréquence en hertz	Note	Fréquence en hertz
do_5	1046	do_6	2093	do_7	4186
$ré_5$	1175	$ré_6$	2350	$ré_7$	4699
mi_5	1318	mi_6	2637	mi_7	5274
fa_5	1397	fa_6	2794	fa_7	5588
sol_5	1568	sol_6	3136	sol_7	6272
la_5	1760	la_6	3520	la_7	7040
si_5	1976	si_6	3951	si_7	7902

Un xylophone d'enfant est composé de 8 tubes métalliques creux (notés a, b, ..., g, h), tous identiques mais de longueurs ℓ différentes.

Lorsqu'on frappe sur l'un de ces tubes avec un petit marteau, il vibre, ce qui produit un son bref d'une durée d'environ 2 secondes.

On place devant le xylophone un microphone qui transforme le son en tension électrique. En reliant le microphone à une interface d'acquisition, on cherche à tracer le graphe de la tension aux bornes du microphone en fonction de la durée et à en déduire la période du son.



1. Obtention de l'enregistrement.

Comme pour un oscilloscope, qu'il est nécessaire de régler, il faut paramétrer l'interface d'acquisition afin d'obtenir un enregistrement exploitable. On peut régler deux paramètres de la voie d'acquisition : la durée d'acquisition (c'est à dire la durée de l'enregistrement) et la sensibilité verticale (ou calibre de la voie).

L'expérimentateur fait plusieurs essais avec le tube **a** en utilisant un dispositif permettant de frapper les tubes d'une façon que l'on considérera identique à chaque fois. Il obtient les enregistrements I, II et III donnés dans l'ANNEXE, page 11, représentant la tension aux bornes du microphone en fonction de la durée.

- 1.1. Quel(s) paramètre(s) de l'interface l'expérimentateur a-t-il modifié(s) entre l'enregistrement I et l'enregistrement II ?
- 1.2. Quel(s) paramètre(s) de l'interface l'expérimentateur a-t-il modifié(s) entre l'enregistrement II et l'enregistrement III ?

2. Modélisation de la tension.

L'expérimentateur décide de conserver l'enregistrement II.

Pendant la durée d'acquisition de cet enregistrement, la tension électrique **peut être considérée comme** sinusoïdale de la forme $u(t) = U_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$. Un logiciel de traitement permet de déterminer les valeurs de U_m , ω et φ .

Pour le tube **a**, il propose : $(U_m)_a = 83 \text{ mV}$ $\omega_a = 1,32 \times 10^4 \text{ S.I.}$ $\varphi_a = - 1,74 \text{ rad.}$

- 2.1. Le choix d'une fonction sinusoïdale comme modèle convient-il pour les deux autres enregistrements I et III ? Justifier sans calcul.
- 2.2. Que représente la grandeur $(U_m)_a$?
- 2.3. Que représente la grandeur ω_a ? Quelle est son unité ?
- 2.4. Donner la relation entre ω_a et la fréquence f_a de la tension électrique.
- 2.5. En déduire la valeur de la fréquence f_a et celle de la période T_a de la tension électrique u_a .
Aide au calcul numérique :

$$\frac{1,32}{2\pi} \approx 0,210 ; \quad \frac{2\pi}{1,32} \approx 4,76 ; \quad 1,32 \times 2\pi \approx 8,29 ; \quad \frac{1}{1,32 \times 2\pi} \approx 0,121$$

3. La vibration du tube.

On admettra que la fréquence de la vibration du tube est la même que celle du son et que celle de la tension électrique enregistrée.

3.1. Observation globale du phénomène.

Le tube vibre quand il est frappé avec un marteau. Le son produit s'atténue et n'est plus audible au bout de 2 secondes. Décrire par une phrase ce qui se passe pour le tube en choisissant les termes adaptés dans la liste suivante : *oscillations ; mécaniques ; électriques ; libres ; entretenues ; forcées ; amorties ; non amorties ; critiques.*

3.2. Étude restreinte à la durée d'acquisition.

On rappelle que pendant la durée d'acquisition de l'enregistrement, la tension électrique peut être considérée comme sinusoïdale.

Quelle est la fréquence du son émis par le tube **a** ? À quelle note cela correspond-t-il ?

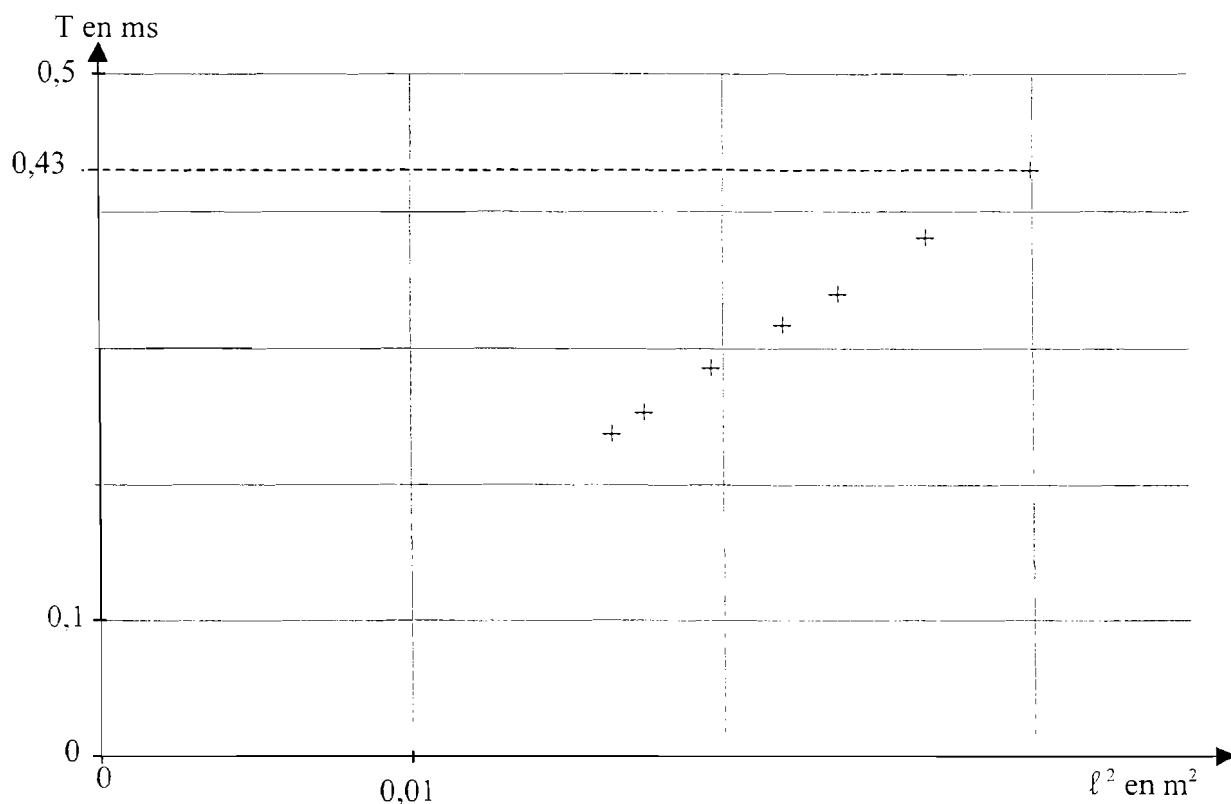
3.3. L'expérimentateur a utilisé une interface d'acquisition. Il aurait pu utiliser un oscilloscope à mémoire. Pourquoi n'a-t-il pas utilisé un oscilloscope classique ?

4. Variation de la période du son en fonction de la longueur ℓ du tube.

On réalise la même expérience pour les 7 autres tubes. Pendant les acquisitions, la tension électrique peut être considérée comme sinusoïdale comme dans l'enregistrement II de la question 2. Grâce à la valeur de ω donnée par le logiciel, on en déduit la période T et la fréquence f du son émis par chaque tube. On obtient le tableau de mesures suivant :

	tube b	tube c	tube d	tube e	tube f	tube g	tube h
ℓ en cm	17,3	16,3	15,4	14,8	14,0	13,2	12,8
T en ms	0,430	0,381	0,340	0,317	0,286	0,253	0,238
f en kHz	2,32	2,63	2,94	3,15	3,50	3,95	4,20

- 4.1. On donne l'enregistrement IV dans l'ANNEXE, page 11. En le comparant aux autres enregistrements, justifier qu'il s'agit de l'enregistrement du son d'un tube différent du tube *a*.
- 4.2. Sans la mettre en œuvre, décrire la méthode qui permettrait de montrer, à partir des valeurs du tableau précédent, que la période *T* du son n'est pas proportionnelle à la longueur *ℓ* du tube ?
- 4.3. On a tracé le graphe représentant *T* en fonction de ℓ^2 .



- 4.3.1. À partir du graphique, justifier que l'on peut considérer que la période *T* est proportionnelle à ℓ^2 .
- 4.3.2. En déduire la relation numérique entre *T* et ℓ en précisant les unités.

Aide au calcul numérique :

$$\frac{4,3}{3} \approx 1,4 \quad ; \quad \frac{3}{4,3} \approx 0,70 \quad ; \quad 3 \times 4,3 \approx 12,9 \quad ; \quad \frac{1}{3 \times 4,3} \approx 0,078$$

- 4.4. Lorsque la fréquence expérimentale du son émis par un tube est très différente de la fréquence de la note attendue pour ce tube, le tube est mal accordé. L'expérimentateur constate que l'un des tubes est mal accordé. Indiquer lequel. Pour accorder ce tube, faut-il augmenter ou diminuer sa longueur, tous les autres paramètres restant constants ? Justifier la réponse.

Remarque : on notera, bien entendu, le caractère particulièrement simplificateur de la modélisation pour l'étude de la vibration et du son émis par chaque tube.

II - NEWTON ET LES SATELLITES DE JUPITER – 5,5 points

Extraits de l'ouvrage de Newton « Les principes mathématiques de la philosophie naturelle », d'après la traduction de Mme de Chastelet (1756-1759).

Extraits du livre I :

Proposition I :

Les forces par lesquelles les satellites de Jupiter sont retirés perpétuellement du mouvement rectiligne (...) sont dirigées vers le centre de Jupiter et sont inversement proportionnelles aux carrés de leur distance à ce centre.

Proposition V :

Les satellites de Jupiter gravitent vers Jupiter, ceux de Saturne vers Saturne, et les planètes principales vers le Soleil, et c'est par la force de leur gravité que ces corps (...) sont retirés à tout moment de la ligne droite et qu'ils sont retenus dans des orbites curvilignes.

Proposition VI :

Tous les corps gravitent vers chaque planète et, sur la même planète, (...) leurs forces de gravité, à égale distance du centre, sont proportionnelles à la masse que chacun d'eux contient.

On considère que tous les satellites et planètes sont des corps dont la répartition de la masse est à symétrie sphérique. Les mouvements sont étudiés dans le référentiel « jupitérocentrique » (d'origine le centre de Jupiter et d'axes dirigés vers trois étoiles fixes). On note M la masse de Jupiter et G la constante de gravitation universelle.

1. On étudie le champ de gravitation de Jupiter.

- 1.1. Donner l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle exercée par Jupiter sur un de ses satellites de masse m et situé à la distance r du centre O de Jupiter. Faire un schéma explicatif.
- 1.2. Donner, dans les propositions ci-dessus extraites du livre I, les citations en accord avec cette expression vectorielle.
- 1.3. Donner l'expression vectorielle du champ de gravitation \vec{g} créé par Jupiter, à la distance r de son centre.
- 1.4. Représenter quelques lignes du champ de gravitation autour de Jupiter.
- 1.5. Pourquoi est-il important de préciser que la répartition de la masse des corps est à symétrie sphérique ?

2. On considère que Ganymède, un satellite de Jupiter, satellite de masse m , est soumis à la seule force de gravitation due à Jupiter et que son mouvement est circulaire de centre O (centre de Jupiter) et de rayon r .

- 2.1. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
- 2.2. Établir l'expression de la vitesse v de Ganymède en fonction de G , M et r ; en déduire l'expression de la période T de révolution.

2.3. Parmi les plus gros satellites de Jupiter, Europe gravite à raison de 14 km par seconde alors que Ganymède met 1 minute pour parcourir 660 km.

Quel est le satellite le plus éloigné de Jupiter ? Justifier.

3. On considère que Ganymède se déplace sur son orbite de A en C en 1 seconde (voir figure 1) et que le rayon r de cette orbite est de l'ordre de un million de kilomètres.

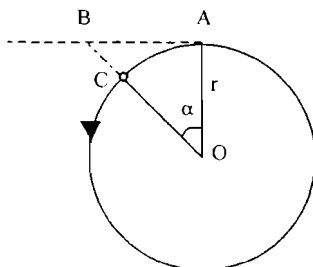


figure 1 (non à l'échelle)

3.1. D'après les extraits cités, que représente la droite AB sur la figure 1 ?

3.2. Si α (en radian) est très petit, BC est égal à $\frac{1}{2}r\alpha^2$.

En déduire que BC est aussi égal à $\frac{1}{2}\frac{\widehat{AC}^2}{r}$, où \widehat{AC} représente l'arc de cercle entre A et C.

Vérifier que la distance BC vaut environ 6 cm.

3.3. Supposons qu'on laisse tomber une pierre de l'altitude de Ganymède en direction de Jupiter. On admet que la hauteur de chute, pendant la première seconde, se calcule par

l'expression $\frac{1}{2}\mathcal{G}t^2$, \mathcal{G} représentant la valeur du champ de gravitation à cette altitude,

soit $\mathcal{G} = 0.12 \text{ m.s}^{-2}$.

Calculer la hauteur de chute durant la première seconde.

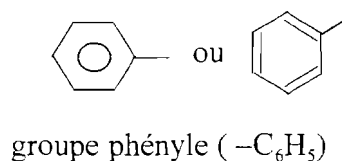
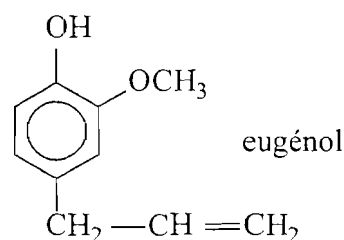
3.4. Compte tenu des résultats des questions 3.2 et 3.3 et des propositions de Newton, que représente BC pour Ganymède ?

III - SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE D'EUGÉNYLE – 4 points

L'huile essentielle de girofle est obtenue par hydrodistillation des boutons floraux séchés du giroflier ou clous de girofle, l'huile essentielle de giroflier est obtenue par hydrodistillation des feuilles et rameaux du giroflier.

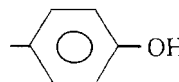
Une brochure sur les essences naturelles végétales indique que ces deux huiles, utilisées en parfumerie et en pharmacie, diffèrent par leur composition : elles contiennent toutes deux de l'eugénol, mais celle dite de girofle contient aussi un ester de l'eugénol, l'acétate (ou éthanoate) d'eugényle.

L'acétate d'eugényle n'est pas un produit commercialisé. On se propose de réaliser sa synthèse et de vérifier les informations de la brochure sur la composition des huiles de girofle et de giroflier.



1. Synthèse de l'ester

L'eugénol est un phénol qui possède le groupe "caractéristique" :



Il peut conduire, comme les alcools, à la formation d'un ester et possède aussi les propriétés d'un acide faible.

Données :

	Densité	Solubilité dans l'eau
eugénol	1,07	très peu soluble
anhydride acétique	1,08	peu soluble, s'hydrolyse
acétate d'eugényle	1,08	insoluble
eugénate de sodium		très soluble
acide acétique	1,05	soluble
acétate de sodium		très soluble

Couple acide/base	$\text{p}K_a$
acide acétique / ion acétate	4,8
eugénol / ion eugénate	10

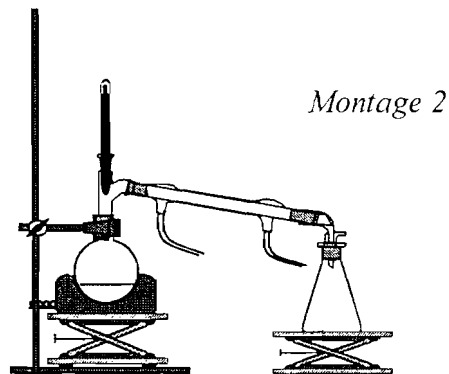
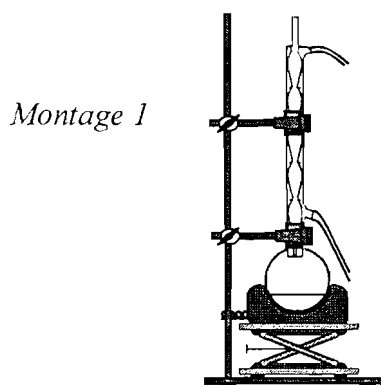
Mode opératoire

- ◆ Étape 1 : on introduit dans un ballon 6,2 mL d'eugénol, un excès d'anhydride acétique et quelques grains de pierre ponce. On réalise un montage à reflux et on chauffe pendant 30 minutes.
- ◆ Étape 2 : on arrête le chauffage et on additionne lentement, par le haut du réfrigérant et par petites quantités, environ 15 mL d'eau à température ambiante. On agite et on laisse refroidir ; on transvase le mélange dans une ampoule à décanter.
- ◆ Étape 3 : on récupère la phase organique que l'on lave deux fois avec 15 mL d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou soude à 2 mol.L⁻¹.
- ◆ Étape 4 : après un dernier lavage avec une petite quantité d'eau, on récupère la phase organique et on la sèche sur du sulfate de magnésium anhydre. Soit O la phase organique obtenue.

Questions

- 1.1. Écrire, avec les formules semi-développées, l'équation-bilan de la réaction (étape 1).
- 1.2. L'ester aurait pu être préparé par une réaction d'estérification entre un acide carboxylique et l'eugénol.
Quel est cet acide ? Pourquoi utilise-t-on l'anhydride de préférence à cet acide ?

1.3. Lequel des deux montages présentés ci-après est un montage à reflux ? Justifier la réponse.



- 1.4. Nommer les espèces présentes dans le ballon après le chauffage à reflux, sachant que la réaction de formation de l'ester n'est pas terminée.
- 1.5. Sachant que, dans l'étape 2, l'anhydride acétique s'hydrolyse complètement en acide acétique, écrire l'équation-bilan de cette réaction.
- 1.6. Faire le schéma de l'ampoule à décanter et préciser le contenu de chaque phase, à la fin de l'étape 2.
- 1.7. Lors des lavages de la phase organique avec la solution de soude à froid dans l'étape 3, y a-t-il une ou des espèces susceptibles de réagir ? La ou les citer.
- 1.8. Que devrait alors contenir la phase organique à la fin de l'étape 3 ? Justifier.

2. Analyse par chromatographie sur couche mince des essences de girofle et de giroflier

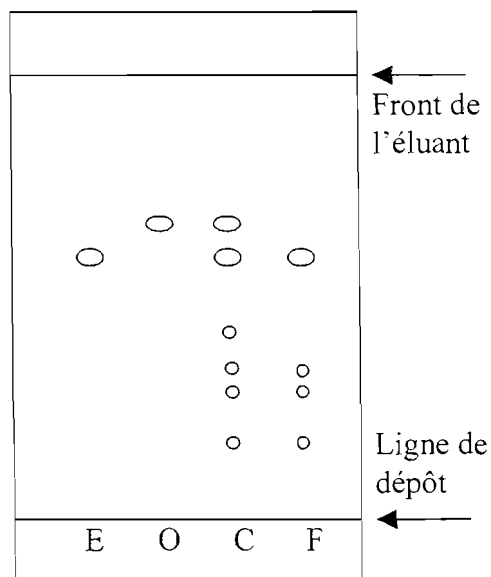
Mode opératoire

Sur une plaque de silice sensible aux UV, on effectue les dépôts de quatre solutions dans le dichlorométhane :

- ◆ une d'eugénol : E ;
- ◆ une de la phase organique contenant l'ester préparé : O ;
- ◆ une de l'essence de girofle obtenu à partir des clous de girofle : C ;
- ◆ une de l'essence de giroflier obtenue à partir des feuilles et rameaux du giroflier : F.

L'éluant est un mélange de toluène et d'éthanol.

Après révélation, on obtient le chromatogramme ci-contre :



Questions

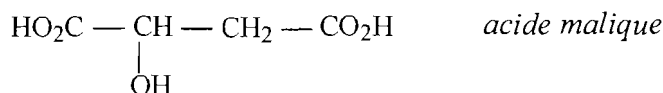
- 2.1. Le chromatogramme confirme-t-il la réponse à la question 1.8. ?
- 2.2. Les affirmations concernant la composition des deux essences, données en début d'énoncé, sont-elles vérifiées ?

IV - POMME *malus communis* - 5 points

Les principaux constituants connus de la pomme sont en pourcentage massique de la totalité (pulpe, pelure, pépins) : eau (84% à 93%), sucres réducteurs (8,3%), saccharose (1,6% à 4%), cellulose, pentacosane, acides, protides, matières grasses, cendres.

Les acides sont presque essentiellement l'acide malique avec des traces d'acide acétique, d'acide formique, d'acide caproïque, d'acide panthoténique, d'acide gallotannique, d'acide ascorbique (vitamine C).

Cet exercice a pour but d'étudier l'acidité d'un jus de pomme, considérée comme due uniquement à l'acide malique, dont la formule semi-développée et quelques données sont répertoriées ci-après :



Données :

Masse molaire de l'acide malique : $134 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;

Valeurs des pK_a des couples acide-base associés à l'acide malique : $pK_{a_1} = 3,4$; $pK_{a_2} = 5,1$.

1. Molécule d'acide malique

- 1.1. Reproduire la formule semi-développée de la molécule d'acide malique, entourer et identifier les groupes "caractéristiques" (ou fonctionnels).
- 1.2. Justifier succinctement que la molécule est chirale, et représenter les deux énantiomères.

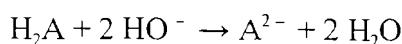
2. Propriétés acido-basiques

L'acide malique est un **diacide** que l'on notera de façon simplifiée H_2A .

- 2.1. Écrire les équations-bilan des réactions observées lors de la mise en solution dans l'eau de l'acide malique ; les différentes espèces acido-basiques seront notées H_2A , HA^- , A^{2-} .
- 2.2. Comment qualifie-t-on la forme HA^- ? Justifier la réponse.
- 2.3. Indiquer sur un axe gradué en pH, les domaines de prédominance de H_2A , HA^- , A^{2-} .
- 2.4. Sur le **document 1, page 10**, on représente l'évolution des pourcentages molaires Y_1 , Y_2 et Y_3 respectivement des espèces H_2A , HA^- , A^{2-} en fonction du pH. On considère que les deux acidités sont dosées successivement si, à la première équivalence, le pourcentage molaire de l'espèce H_2A est inférieur à 1% et celui de l'espèce HA^- est au moins égal à 99%.
 - 2.4.1. Existe-t-il un domaine de pH pour lequel ces conditions sont réalisées ? Conclure.
 - 2.4.2. On ajoute progressivement à 10 mL d'une solution aqueuse d'acide malique, une solution aqueuse d'une monobase forte. La variation du pH de la solution d'acide malique et celle de la dérivée $\frac{dpH}{dV_b}$ en fonction du volume V_b de la solution de monobase forte ajoutée sont données dans le **document 2, page 10**.

L'allure de la courbe de pH est-elle en accord avec la conclusion de la question précédente ? Justifier.
 - 2.4.3. Les concentrations molaires des deux solutions d'acide malique et de monobase forte utilisées pour étudier cette variation sont toutes deux égales à $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Montrer que l'équation-bilan ci-dessous est en accord avec le volume de monobase forte versé à l'équivalence.



3. Dosage de l'acide malique dans un jus de pomme

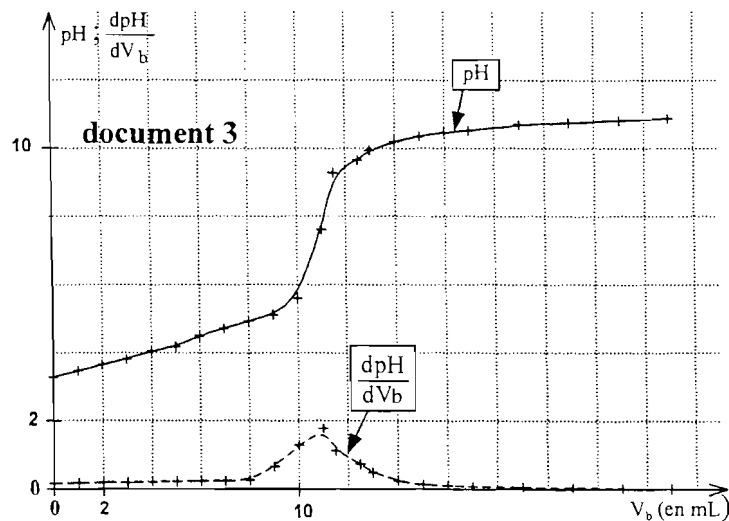
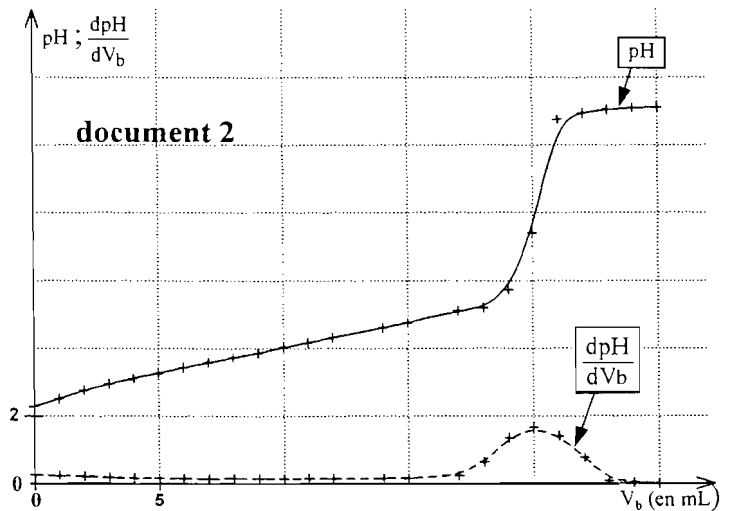
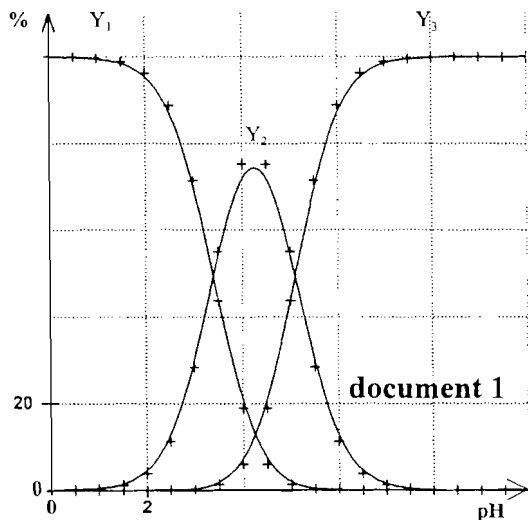
On prélève un volume $V = 10 \text{ mL}$ de jus de pomme **pur** et on le dose par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou soude de concentration molaire $c_b = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Les courbes du **document 3**, **ci-dessous**, représentent la variation du pH du jus de pomme et celle de la dérivée $\frac{dpH}{dV_b}$ en fonction du volume V_b de solution de soude ajoutée.

3.1. Déterminer la valeur numérique de la concentration molaire c de l'acide malique dans le jus de pomme pur.

3.2. Des considérations quantitatives et la confirmation que le jus de pomme n'a pas été dilué, permettent d'affirmer que la concentration massique de l'acide malique obtenue ci-dessus est très inférieure à celle prévisible.

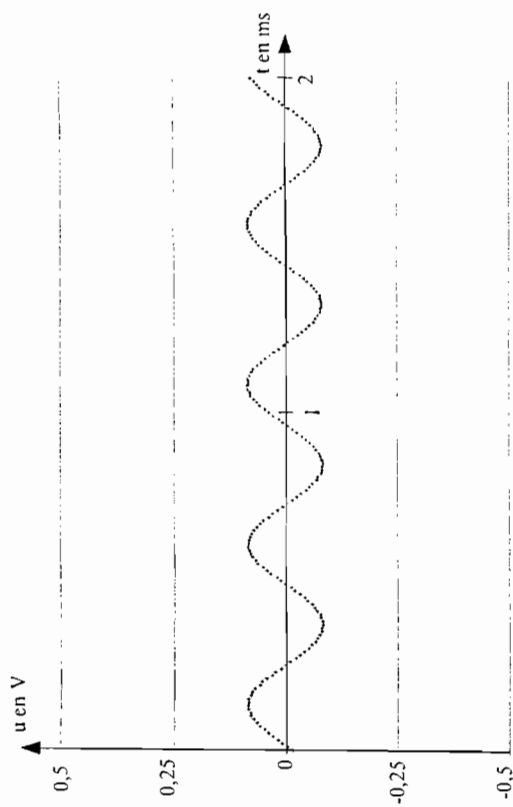
On peut interpréter ce résultat en envisageant la transformation malolactique au cours de laquelle l'acide malique se transforme en acide lactique de formule brute : $C_3H_6O_3$.

Écrire l'équation-bilan de la réaction chimique correspondante.

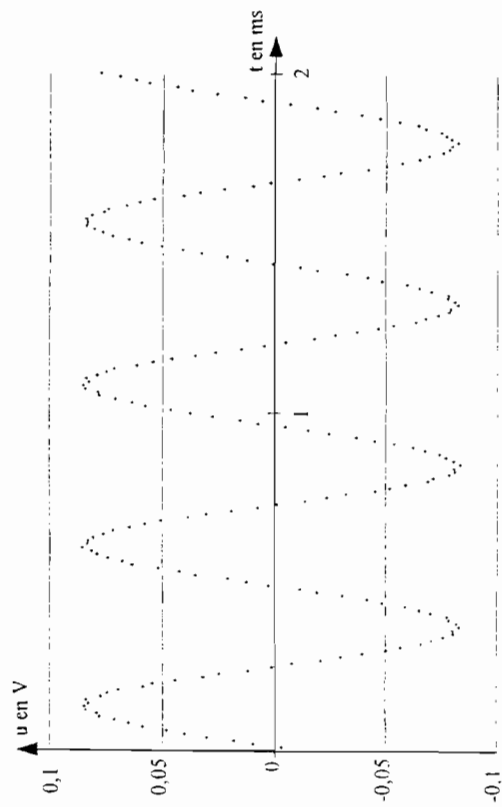


ANNEXE RELATIVE À L'EXERCICE I (NE PAS RENDRE AVEC LA COPIE)

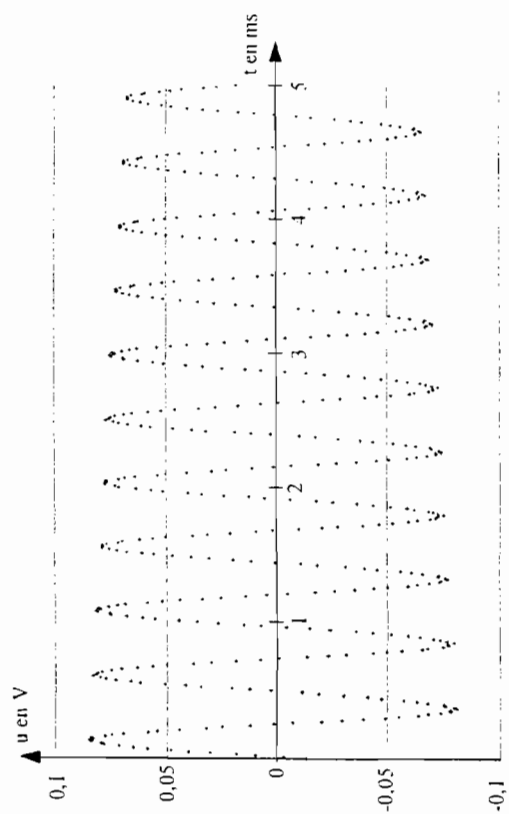
Enregistrement I



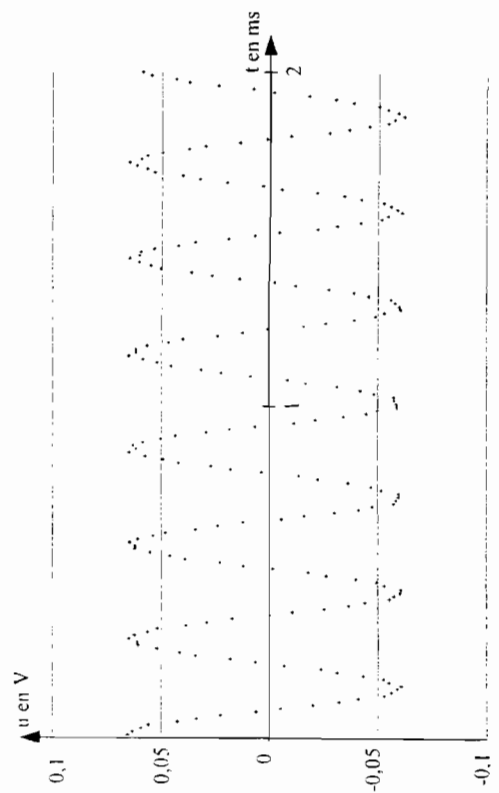
Enregistrement II



Enregistrement III



Enregistrement IV



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE Sujet de SPÉCIALITÉ

- I. Un xylophone d'enfant (5,5 points)
- II. Newton et les satellites de Jupiter (5,5 points)
- III. Synthèse de l'acétate d'eugényle (4 points)
- IV. Pomme *malus communis* (5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter les différents allègements/aménagements : note de service n° 98-175 du 03.09.1998 (BOEN n° 33 du 10 septembre 1998) et (BOEN n° 12 hors série du 29 octobre 1998), note de service n° 99-168 du 27-10-1999 publiée au BOEN n° 39 du 4 novembre 1999 et BOEN HS n° 8 du 31 août 2000 et **BOEN HS n°3 du 30 août 2001**.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et les compétences à évaluer précisées dans le texte définissant l'épreuve de physique-chimie : arrêté du 12 janvier 1995, fixant le programme de terminale S (BOEN n° 3 du 16 février 1995) et note de service n° 96-223 du 10.09.1996 (BOEN n° 33 du 19 septembre 1996).

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

BOEN HS n°3 du 30 août 2001

I - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE, PHYSIQUE

Dans la partie II, "Systèmes oscillants", supprimer les contenus suivants :

- la rubrique 3.2.1 dans son entier ("Phénomène d'induction. Loi de Lenz. Applications.");

- la rubrique 4.2 dans son entier ("Oscillations entretenues. Apport d'énergie (réaction positive) et limitation de l'amplitude (non linéarité). Retour sur les exemples étudiés, horloge mécanique, oscillateur électrique, effet Larsen").

Supprimer également les compétences exigibles suivantes :

- "Savoir qu'un circuit indéformable qui voit un champ magnétique variable est le siège d'une force électromotrice";

- "Connaître la loi de Lenz".

Supprimer toute la partie III, "Lumière visible et invisible", et les compétences exigibles correspondantes.

II - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ, PHYSIQUE ("IMAGE ET COMMUNICATION")

Dans le chapitre I, "Formation optique d'une image":

- supprimer les compétences les "Montrer l'importance du flux lumineux et expliquer le rôle d'un condenseur" et "Montrer qu'à un point objet correspond une tache dont la dimension dépend du système";
- supprimer "Flux lumineux collecté";
- remplacer la compétence "Régler un montage optique simple à deux éléments pour obtenir une image" par "Régler un montage optique simple à deux éléments convergents pour obtenir une image";
- remplacer la compétence "Analyser un montage optique dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux" par "Analyser un montage optique, ne comportant que des lentilles convergentes, dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux".

Dans le chapitre 2, "Télécommunications" :

- supprimer les activités expérimentales suivantes :
 - "Réaliser un oscillateur électrique et mesurer sa fréquence d'oscillation et son amplitude";
 - "Expériences illustrant la transformation d'une information lumineuse en tension ou courant";
 - "Photodiode, cellule CCD";
 - "Exploitation de l'oscilloscope pour illustrer le fonctionnement de l'écran de télévision : balayage, variation de l'intensité, persistance des impressions lumineuses, synchronisation";
 - "Mise en évidence de l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie)";
 - "Écran couleur et synthèse additive";
 - "Observation à l'oscilloscope d'un signal vidéo simple (exemple : image d'un damier)".

et supprimer les compétences suivantes :

- "Expliquer le principe de la modulation de fréquence";
- "Connaître les grandes étapes du développement des télécommunications";
- "Connaître les propriétés d'une photodiode (variation de l'intensité avec l'éclairement, domaine de sensibilité en longueur d'onde)";
- "Mettre en évidence l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie)";
- "Expliquer le principe de la télévision : pixels, balayage ligne et balayage image (trame, nécessité de la synchronisation)";
- "Expliquer le principe de la télévision couleur : les trois faisceaux, l'écran couleur et la synthèse additive des couleurs";
- "Observer à l'oscilloscope un signal vidéo simple (exemple : image d'un damier)";
- "Expliquer le principe de fonctionnement d'un caméscope : formation d'une image optique sur une mosaïque de cellules CCD, tension de sortie du caméscope reproduisant l'état de chaque cellule".

Rappel : la théorie des filtres et leur étude n'est pas explicitement au programme. La persistance de l'image rétinienne et le principe du cinéma sont étudiés dans le cadre de l'optique.

III - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE, CHIMIE ("LES MOLÉCULES DE L'HYGIÈNE, DE LA BEAUTÉ ET DE LA SANTÉ")

Dans le chapitre 2, "Acides et bases en solution aqueuse", rubrique 2.4, "Dosage d'un acide faible", supprimer la compétence : "Reconnaître suivant l'allure des courbes de variation de pH les cas : acide faible-base forte et acide fort-base forte".

Dans le chapitre 3, "Notions élémentaires de stéréochimie", rubrique 3.1, "Justification de la géométrie des molécules simples par la méthode VSEPR", supprimer :

- "Distinction entre paires d'électrons libres et paires d'électrons liés";
- "Justification de la géométrie des molécules de type AX₂, AX₃, AX₄, AX₃E, AX₂E₂".

Dans le chapitre 3, "Notions élémentaires de stéréochimie", rubrique 3.2, "Notions de configuration et de conformation", supprimer :

- "Conformations éclipsées et décalées autour d'une liaison simple carbone-carbone : cas de l'éthane et du butane";
- ainsi que la compétence : "Distinguer un isomère de configuration d'un isomère de conformation".

Dans le chapitre 4, "Parfums et savons", rubrique 4.2, "Les savons", supprimer :

- "Intermédiaire tétraédrique dans le mécanisme de la réaction de saponification : propriétés nucléophile de l'ion OH⁻ et électrophile de la fonction ester".
- ainsi que les compétences : "Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène donnent à l'ion OH⁻ un caractère nucléophile" et "Reconnaître le site électrophile de la fonction ester".

Dans le chapitre 5, "Médicaments" :

- supprimer la rubrique 5.1, "Histoire et production industrielle d'un médicament : l'aspirine" dans sa totalité;
- dans la rubrique 5.2, "Synthèse d'un médicament au laboratoire", supprimer l'exemple du chlorure d'acyle dans les réactions de formation des esters et des amides ainsi que les compétences suivantes :
 - "Connaître la formule développée d'un chlorure d'acyle";
 - "Savoir que la réaction d'un chlorure d'acyle avec un alcool est rapide, donne un ester et peut être quantitative";
 - "Écrire et exploiter quantitativement les équations-bilans de formation des amides";
 - "Reconnaître la fonction amide dans une chaîne carbonée";
 - "À partir de la formule semi-développée d'un amide, retrouver la formule de l'acide carboxylique correspondant et, dans le cas d'un amide monosubstitué, retrouver aussi celle de l'amine";
 - "Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène confèrent aux alcools des propriétés nucléophiles";
 - "Savoir que le doublet libre de l'atome d'azote confère aux amines des propriétés nucléophiles";
 - "Reconnaître le site électrophile du groupe carbonyle".

IV - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ, CHIMIE (LES MOLÉCULES DE L'ALIMENTATION)

Dans le chapitre 1, "Espèces ioniques présentes dans les boissons" :

- supprimer :
 - l'activité expérimentale "Mises en évidence d'espèces ioniques minérales dissoutes";
 - la rubrique "Approfondissements : Réactions d'identification des ions";
 - ainsi que la compétence "Savoir identifier les ions suivants : Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Ca²⁺";
 - et ajouter "Aucune connaissance n'est exigible sur les méthodes de dosage des ions (en particulier : méthode de Mohr et méthode de Charpentier Volhard)".

Dans le chapitre 2, "Sucres et édulcorants", supprimer :

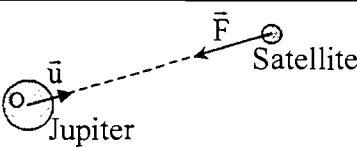
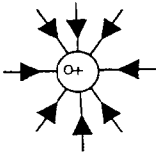
- les activités expérimentales "Dosage d'un ose réducteur", "Étude chimique d'un édulcorant : l'aspartame" et "Le groupement fonctionnel amide";
- la compétence "Savoir réaliser le dosage d'un ose réducteur".

Dans le chapitre 4, "Arômes, colorants et conservateurs", supprimer l'ensemble de la rubrique 4.4, "Synthèse d'un arôme".

I - UN XYLOPHONE D'ENFANT – 5,5 points

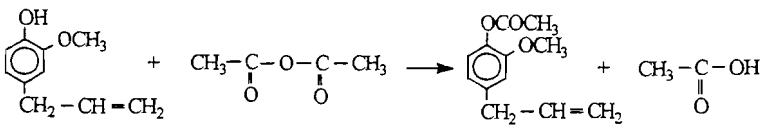
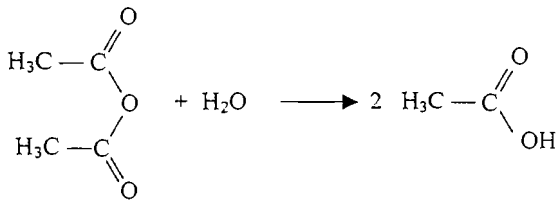
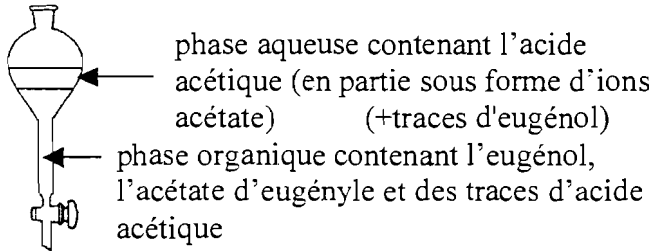
Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.1. Il a modifié la sensibilité verticale.	0,25	
1.2. Il a modifié la durée d'acquisition.	0,25	
2.1. Le modèle est correct pour I et II d'allure sinusoïdale mais n'est pas correct pour l'enregistrement III car l'amplitude de la tension décroît.	0,25	
2.2. $(U_m)_a$ est l'amplitude de la tension $u_a(t)$.	0,25	
2.3. ω_a est la pulsation de la tension $u_a(t)$. Unité : rad.s^{-1}	0,25 0,25	
2.4. $\omega_a = 2\pi f_a$	0,25	
2.5. $f_a = \frac{\omega_a}{2\pi} = \frac{1,32 \times 10^4}{2\pi} = 2,10 \times 10^3 \text{ Hz}$	0,25	
$T_a = \frac{2\pi}{\omega_a} = \frac{2\pi}{1,32 \times 10^4} = 4,76 \times 10^{-4} \text{ s}$	0,25	
3.1. Le tube est le siège d' <u>oscillations mécaniques libres amorties</u> .	0,5	Un terme manquant : 0,25 Deux termes manquants : 0
3.2. La tension u_a a la même fréquence que le son émis par le tube a, donc : 2,10 kHz. Cette fréquence correspond au do_6 (2093 Hz)	0,25 0,25	Toute formulation correcte est acceptée.
3.3. L'amplitude de la tension est nulle au bout de 2 secondes. Cette durée n'est pas suffisante pour visualiser le phénomène de façon stable et permettre une mesure convenable de la période.	0,25	
4.1. En comparant les enregistrements II et IV, on constate que sur une durée de 2 millisecondes, il y a approximativement 4 périodes pour II et 7 périodes pour IV donc la période de l'enregistrement IV est plus petite ; il s'agit donc d'un autre tube.	0,25	
4.2. Si on traçait T en fonction de ℓ , on obtiendrait des points non alignés avec l'origine.	0,25	On accepte le rapport $\frac{T}{\ell}$ non constant
4.3.1. Les points sont alignés sur une droite passant par l'origine donc T est proportionnel à ℓ^2 .	0,25	
4.3.2. De la relation $T = k \ell^2$ on en déduit : $k = \frac{4,3 \times 10^{-4}}{3 \times 10^{-2}} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ s.m}^{-2}$	0,5	On accepte toutes autres unités, si elles sont précisées
4.4. Le tube d est mal accordé.	0,5	
Il a une fréquence trop grande, donc sa période est trop petite donc il faut rallonger le tube.	0,25	

II – NEWTON ET LES SATELLITES DE JUPITER - 5,5 points

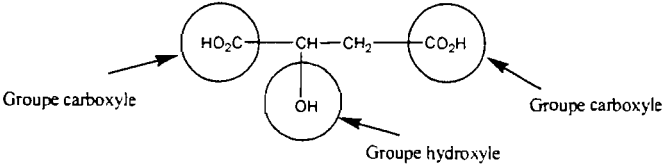
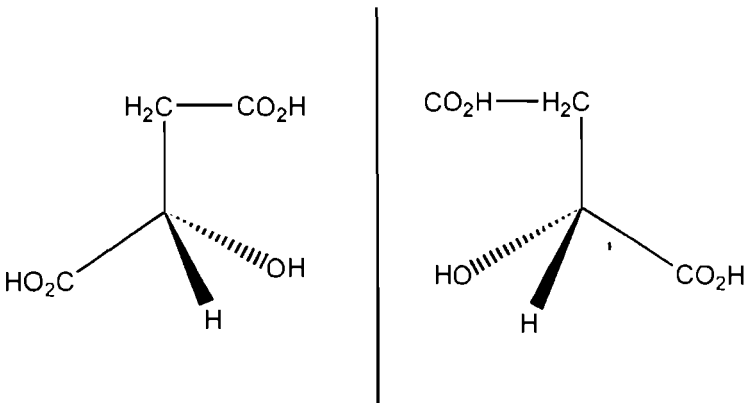
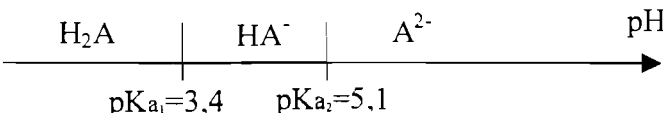
Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1.1. $\vec{F} = -G \frac{Mm}{r^2} \vec{u}$ avec \vec{u} le vecteur unitaire défini sur le schéma</p>		<p>0,25 0,25</p> <p>Toute définition correcte du vecteur unitaire est acceptée.</p>
<p>1.2. Proposition I : les forces de gravitation sont orientées vers Jupiter « dirigées vers le centre de Jupiter » et valeur de la force en $1/r^2$ « et sont inversement proportionnelles aux carrés de leur distance au centre » Proposition VI : force de gravitation proportionnelle à la masse du satellite « sont proportionnelles à la masse de chacun d'eux »</p>	0,5	<p>On mettra 0,25 pour deux réponses sur trois.</p>
<p>1.3 $\vec{g} = -G \frac{M}{r^2} \vec{u}$</p>	0,25	
<p>1.4.</p> 	0,25	<p>Sur ce schéma, on acceptera Jupiter réduit à un point.</p>
<p>1.5. Du point de vue de la gravitation, les corps, dont la répartition de la masse est à symétrie sphérique, se comportent comme des corps ponctuels.</p>	0,25	
<p>2.1. Système : Ganymède Bilan des forces : \vec{F} force de gravitation D'après le théorème du centre d'inertie : $-G \frac{mM}{r^2} \vec{u} = m\vec{a}_G$ noté $m\vec{a}$ avec \vec{a} l'accélération du centre d'inertie de Ganymède Dans la base de Frenet, $\vec{a} = a_t \vec{u}_t + a_n \vec{u}_n$ Si le mouvement est circulaire alors $\vec{u} = -\vec{u}_n$ Donc $a_t = \frac{dv}{dt} = 0$ La valeur de la vitesse est constante, le mouvement est uniforme.</p>	<p>0,25 0,25 0,25 0,25</p>	<p>Si utilisation du théorème de l'énergie cinétique (ou de la puissance de \vec{F} nulle) : mettre 0,25 et basculer les 0,25 du TCI et 0,25 de Frenet à la question 2.2.</p>
<p>2.2. $a = G \frac{M}{r^2}$ et $a = a_n = \frac{v^2}{r}$ donc $v^2 = G \frac{M}{r}$ La période est la durée d'un tour $T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$</p>	<p>0,25 0,25 0,25</p>	
<p>2.3. Vitesse de Ganymède, $v = \frac{660}{60} = 11 \text{ km.s}^{-1}$ Elle est inférieure à la vitesse d'Europe. Or la vitesse diminue quand le rayon de l'orbite augmente. Donc le satellite le plus éloigné de Jupiter est Ganymède</p>	<p>0,25 0,25</p>	
<p>3.1. La droite AB représente la trajectoire rectiligne que suivrait Ganymède en l'absence de la force exercée par Jupiter.</p>	0,25	

<p>3.2. $BC = \frac{1}{2}r\alpha^2$ avec $\alpha = \frac{\widehat{AC}}{r} \Rightarrow BC = \frac{\widehat{AC}^2}{2r}$</p> <p>l'arc \widehat{AC} est la distance parcourue en 1 seconde, donc $\widehat{AC} = 660/60 = 11$ km et $BC = \frac{(11 \times 10^3)^2}{2 \times 10^6 \times 10^3} = 0,06$ m = 6 cm.</p>	0,25	
<p>3.3. En 1 s la hauteur de chute vaut donc $\frac{1}{2} \times 0,12 \times 1^2 = 0,06$ m</p>	0,25	
<p>3.4. BC représente la hauteur de chute, en une seconde, de Ganymède qui n'en finit pas de tomber dans le champ de gravitation de Jupiter</p>	0,5	

III - SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE D'EUGÉNYLE – 4 points

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1.1.</p>  $ \begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_3 \\ \\ \text{OCH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \end{array} + \text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{OCOCH}_3 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_3 \\ \\ \text{OCH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \end{array} + \text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{OH} $	0,5	
<p>1.2. Acide éthanoïque ou acétique CH₃CO₂H. La réaction de formation de l'ester avec l'acide est limitée ; avec l'anhydride, elle est totale.</p>	0,25 0,25	
<p>1.3. Le montage 1 est le montage à reflux ; le réfrigérant vertical <u>condense</u> les vapeurs formées et le liquide <u>retombe</u> dans le ballon. Il <u>n'y a pas de perte</u>, ni de réactifs ni de produits.</p>	0,25 0,25	
<p>1.4. Le ballon contient l'eugénol et l'anhydride n'ayant pas réagi, l'ester et l'acide acétique formés.</p>	0,25	
<p>1.5.</p>  $ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{O} \end{array} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array} $	0,25	
<p>1.6.</p> 	0,25 0,25	On accepte l'absence de l'acide acétique dans la phase organique si cohérent avec 1.7.
<p>1.7. L'eugénol et l'acide acétique sont des acides susceptibles de réagir avec la soude</p>	0,25	Ne pas accepter la saponification à froid
<p>1.8. La phase organique ne devrait contenir que l'ester. Les lavages à la soude éliminent l'eugénol (en fait la forme basique de l'eugénol très soluble dans l'eau) et l'acide acétique restant (transformé en fait en acétate).</p>	0,25 0,25	Elimination d'eugénol en fonction de la réponse 1.6.
<p>2.1. La phase organique O ne contient pas d'eugénol, on n'obtient aucune tâche au même niveau .</p>	0,25	
<p>2.2. L'essence de girofle contient l'eugénol et l'acétate d'eugényle, on obtient une tâche au niveau de chacune de ces substances ; l'essence de giroflier ne contient pas l'acétate d'eugényle. Les affirmations sont vérifiées.</p>	0,25 0,25	

IV - POMME *malus communis* - 5 points

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1.1.</p> 	0,5	
<p>1.2. Le carbone portant le groupe hydroxyle est asymétrique.</p> 	0,25 0,5	On n'attend pas de définition des termes chiral et asymétrique.
<p>2.1. $H_2A + H_2O \rightleftharpoons HA^- + H_3O^+$ $HA^- + H_2O \rightleftharpoons A^{2-} + H_3O^+$</p>	0,25 0,25	
<p>2.2. Espèce amphotère : base du couple H_2A / HA^- acide du couple HA^- / A^{2-}.</p>	0,25	Espèce ampholyte
<p>2.3.</p> 	0,25	Accepter les domaines de prédominance limités par $pK_a + 1$ et $pK_a - 1$
<p>2.4.1. Le pourcentage molaire de l'espèce HA^- ne dépasse jamais 75 %. Les deux acidités sont dosées simultanément.</p>	0,5	
<p>2.4.2. Sur la courbe $pH = f(V_b)$ on n'observe qu'un seul saut de pH correspondant au dosage simultané des deux acidités.</p>	0,5	
<p>2.4.3. Le point d'équivalence correspond au volume de base forte $V_{be} = 20$ mL. D'après l'équation-bilan, une mole de H_2A réagit avec 2 moles de HO^-, x mole de H_2A réagissent avec 2x moles de HO^-. À l'équivalence, x est égal au nombre de moles d'acide de la prise d'essai : $x = c_a V_a$ et $2x = c_b V_{be} =$ nombre de moles d'ions HO^- à l'équivalence. Soit : $0,10 \times V_{be} = 2 \times 0,10 \times 10 \times 10^{-3}$ d'où $V_{be} = 20$ mL ce qui est en accord avec le document 2</p>	0,25 0,25 0,25 0,25	Accepter toute justification rigoureuse

<p>3.1. Le volume de solution de solution de soude à l'équivalence est $v_{be} = 11 \text{ mL}$. (même étude à l'équivalence qu'au 2.4.3.)</p> <p>D'où : $c = \frac{c_b V_{be}}{2V} = \frac{0,10 \times 11 \times 10^{-3}}{2 \times 10 \times 10^{-3}} = \frac{1,1}{20} = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$</p>	0,5	
<p>3.2.</p> $\begin{array}{c} \text{HO}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{OH} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{HO}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array} + \text{CO}_2$	0,25	Accepter l'équation avec les formules brutes

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2002

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice
L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé
Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré
Les données sont en italique

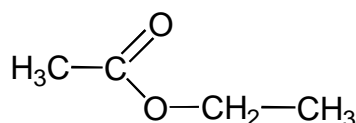
Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les quatre exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Étude cinétique d'une saponification
- II. Autour du carbone
- III. Étude expérimentale de dipôles : condensateur et bobine
- IV. Toujours plus loin

I. Étude cinétique d'une saponification (5,5 points)

L'éthanoate d'éthyle (ou acétate d'éthyle) est, à 20°C, un liquide de formule semi-développée :



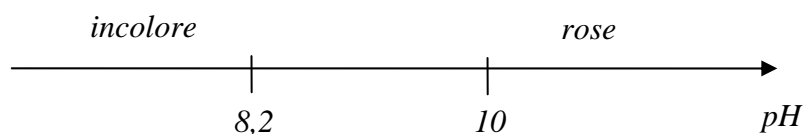
Certains organismes de sécurité indiquent qu'il y aurait incompatibilité entre l'éthanoate d'éthyle et la soude caustique. Ils font en fait référence à la possibilité d'une réaction de saponification dont on se propose d'étudier ici la cinétique chimique.

On dispose d'une part d'hydroxyde de sodium (ou soude), en solution aqueuse, et d'autre part, d'éthanoate d'éthyle.

À l'instant de date $t_0 = 0$ s, on met en présence $1,0 \times 10^{-2}$ mol de chacun des réactifs précédents. Le mélange est placé dans un bain thermostaté qui maintient la température à 20°C.

On prélève, à différentes dates, un volume $V = 2,0$ mL du mélange. Après avoir ajouté une grande quantité d'eau glacée, on dose les ions hydroxyde restants par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 5,0 \times 10^{-3}$ mol.L⁻¹ en présence de phénolphthaléine. Dans ces conditions, au moment du virage de cet indicateur, seuls les ions hydroxyde ont réagi avec l'acide chlorhydrique.

Donnée : zone de virage de la phénolphthaléine :



1.

- 1.1. Recopier la formule semi-développée de l'éthanoate d'éthyle, puis entourer et nommer le groupe "caractéristique" (ou fonctionnel) de cette molécule.
- 1.2. Écrire l'équation-bilan de la réaction de saponification de l'éthanoate d'éthyle.
- 1.3. Nommer les produits obtenus.
- 1.4. Donner les caractéristiques de cette réaction.

2.

- 2.1. Nommer la verrerie la plus adaptée pour prélever le volume $V = 2,0$ mL du mélange.
- 2.2. Pourquoi ajoute-t-on une grande quantité d'eau glacée avant de réaliser le dosage des ions hydroxyde restants dans le volume V prélevé ?
- 2.3. Écrire l'équation-bilan de la réaction qui sert de support au dosage.
- 2.4. Quel est le changement de teinte observé lors du dosage ?
- 2.5. Justifier que l'addition d'eau ne modifie pas le résultat du dosage.

2.6. Détermination de la quantité n_E d'éthanoate d'éthyle restant dans un prélèvement de volume $V = 2,0 \text{ mL}$. L'absence de résolution de cette question n'empêche pas de traiter les questions 3 et 4.

2.6.1. Établir l'expression donnant n_E en fonction de la concentration C_A et du volume $V_{A(E)}$ de la solution d'acide chlorhydrique versée à l'équivalence du dosage.

2.6.2. Dans le prélèvement réalisé à l'instant de date $t_1 = 7 \text{ min}$, le volume d'acide chlorhydrique versé pour atteindre l'équivalence du dosage est $V_{A(E)} = 6,0 \text{ mL}$.
Calculer la valeur numérique de la quantité n_E d'éthanoate d'éthyle restant à cet instant.

3. Les quantités n_E d'éthanoate d'éthyle restant aux différents instants de date t , dans un prélèvement de $2,0 \text{ mL}$, sont données dans le tableau ci-dessous.

On rappelle que $1 \mu\text{mol} = 10^{-6} \text{ mol}$.

$t \text{ (en min)}$	0	1	2	3	4	5	8	11	14	17	21
$n_E \text{ (en } \mu\text{mol)}$	100	80	65	55	48	42	27	19	14	12	10

Tracer la courbe donnant n_E en fonction de la durée t .

échelles : - en abscisses 1 cm pour 1 min

- en ordonnées 1 cm pour 10 μmol

4. On définit la vitesse instantanée de disparition de l'éthanoate d'éthyle à l'instant de date t par

$$v_E(t) = - \left(\frac{dn_E}{dt} \right)_t$$

4.1. Exposer succinctement la méthode permettant de déterminer la vitesse instantanée de disparition de l'éthanoate d'éthyle à l'instant de date t à partir de la courbe tracée.

4.2. Comment cette vitesse évolue-t-elle au cours du temps ? Justifier graphiquement sans calcul. Pourquoi subit-elle une telle évolution ?

4.3. Parmi les valeurs suivantes :

$1 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$ $3 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$ $7 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$ $12 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}$,

quelle est celle qui correspond à la valeur de la vitesse de disparition de l'éthanoate d'éthyle à l'instant de date $t_2 = 4 \text{ min}$?

4.4. Si on réalisait la même expérience à une température égale à 45°C , tracer l'allure de la courbe donnant n_E en fonction de la durée t sur le même graphique que celui de la question 3. Justifier ce tracé.

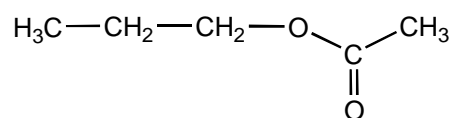
II. Autour du carbone (3,5 points)

Cet exercice aborde des notions de stéréochimie et quelques réactions de chimie organique. Pour chacune des propositions numérotées 1, 2, 3, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5 et 6, vous répondrez par VRAI ou par FAUX en justifiant à l'aide d'exemples ou de contre-exemples ou de définition ou d'équation-bilan... **Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires.**

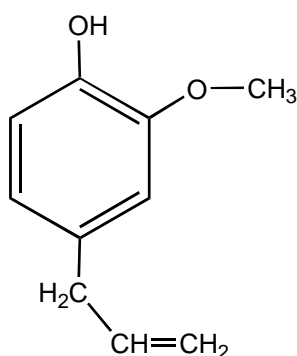
Les réponses sont à écrire dans un tableau dont le modèle est le suivant :

n° des propositions	VRAI ou FAUX	Justifications ou commentaires
1		
2		
.		
.		
6		

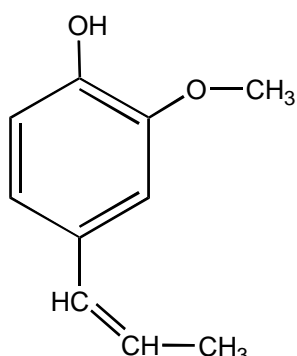
1. L'éthanoate de propyle, dont la formule est représentée ci-dessous, peut être synthétisé en faisant réagir directement l'acide propanoïque et l'éthanol.



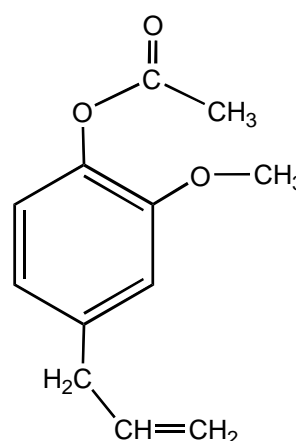
2. Les réactions de formation des esters à partir des anhydrides d'acide ont les mêmes caractéristiques que les réactions de formation des esters à partir des acides carboxyliques.
3. L'ion carboxylate d'un savon présente une partie hydrophile.
4. Parmi les composés A (eugénol), B (isoeugénol) et D (acétyleugénol), dont les formules respectives sont les suivantes :



A



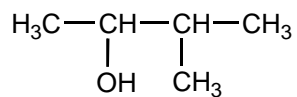
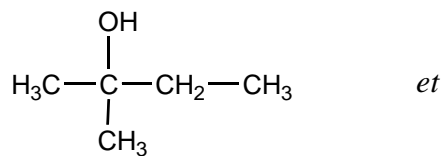
B



D

- 4.1. D possède un groupe "caractéristique" (ou fonctionnel) ester.
- 4.2. D peut être préparé par réaction de A avec l'anhydride acétique (ou anhydride éthanoïque).
- 4.3. A et B sont des isomères de constitution.
- 4.4. tous présentent la stéréoisomérisie Z - E.

5. Soient les deux molécules :

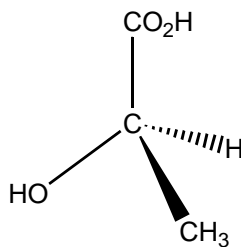
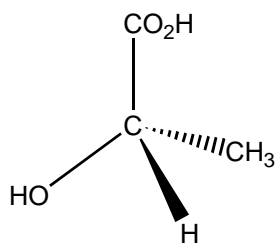


(notée E)

(notée F)

Les molécules notées E et F possèdent, toutes les deux, un carbone asymétrique.

6. Voici deux structures spatiales :



Elles forment un couple d'énantiomères.

III. Étude expérimentale de dipôles : condensateur et bobine (6 points)

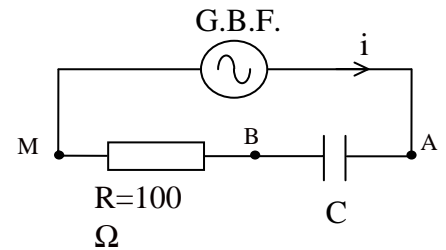
On dispose au laboratoire d'un condensateur de capacité C et d'une bobine, sans noyau de fer, d'inductance L . On pourrait mesurer les valeurs numériques de C et de L avec un multimètre.

On se propose d'utiliser, dans cet exercice, les connaissances et les savoir-faire acquis par les candidats pour :

- retrouver la valeur numérique de C (première partie de l'exercice) et celle de L (deuxième partie de l'exercice);
- étudier la décharge de ce condensateur dans cette bobine (troisième partie).

1. Première partie : mesure de la capacité C d'un condensateur

On réalise le montage ci-contre. Le générateur basse fréquence (G.B.F.) délivre une tension sinusoïdale de fréquence 250 Hz et d'amplitude voisine de 5V. On visualise à l'oscilloscope, sur la voie 1, l'évolution au cours du temps de la tension $u_1 = u_{AM}(t)$ et, sur la voie 2, l'évolution au cours du temps de la tension $u_2 = u_{BM}(t)$. Le sens de i choisi comme sens positif est indiqué sur le schéma.



- 1.1. Reproduire le schéma du circuit sur votre copie et indiquer les connexions à réaliser au niveau de l'oscilloscope pour visualiser les tensions u_1 et u_2 .
- 1.2. Exprimer la tension u_{AB} en fonction de u_1 et u_2 en précisant la loi utilisée.
- 1.3. On remplace l'oscilloscope par un dispositif d'acquisition relié à un ordinateur qui suit l'évolution des tensions u_1 et u_2 au cours du temps. Un logiciel adapté effectue les calculs et les représentations graphiques souhaités. Le graphe 1-a représente l'évolution de u_{AB} au cours de la durée t . En utilisant ce graphe :
 - donner le signe de la charge q_A portée par l'armature A aux instants de dates t_1 et t_3 .
 - préciser deux intervalles de temps entre les instants de dates t_1 et t_5 pendant lesquels le condensateur se charge. On admettra ici que le condensateur se charge lorsque la valeur absolue de q_A croît en fonction du temps.
- 1.4. L'intensité i est égale à la dérivée par rapport au temps de la charge q_A portée par l'armature A : $i = \frac{d(q_A)}{dt}$. On pose $\dot{u}_{AB} = \frac{d(u_{AB})}{dt}$. Établir la relation $i = C \dot{u}_{AB}$.
- 1.5. En déduire le signe de i entre les instants de dates t_1 et t_3 . Justifier.
- 1.6. La mesure de u_2 et les données introductives permettent le calcul de i . Préciser pourquoi.
- 1.7. Le logiciel calcule i et \dot{u}_{AB} ; il permet d'obtenir, entre les instants de dates t_2 et t_4 , le graphe représentant l'évolution de i en fonction de \dot{u}_{AB} (graphe 1-b).
 - 1.7.1. Montrer que le graphe 1-b permet d'obtenir la valeur de la capacité C du condensateur.
 - 1.7.2. Calculer une valeur numérique approchée de C .
 - 1.7.3. Les coordonnées du point P, placé sur le graphe 1-b, ont été calculées à un instant de date t_P . Cette date t_P est voisine d'une des trois dates t_2 , t_3 ou t_4 indiquées sur le graphe 1-a. Préciser laquelle en utilisant ce graphe.

2. Deuxième partie : mesure de l'inductance L d'une bobine

Dans le montage précédent, on remplace le condensateur par une bobine sans noyau de fer, d'inductance L et de résistance $r = 12 \Omega$ à 250 Hz.

On rappelle que la tension u_{AB} aux bornes de la bobine est : $u_{AB} = ri + L \frac{di}{dt}$.

Le logiciel permet les calculs de la grandeur $u = u_1 - u_2 - ri$ et permet d'obtenir le graphe donnant l'évolution de u en fonction de $\frac{di}{dt}$ (graphe 2).

- 2.1. Représenter le schéma du circuit et établir la relation $u = L \frac{di}{dt}$.

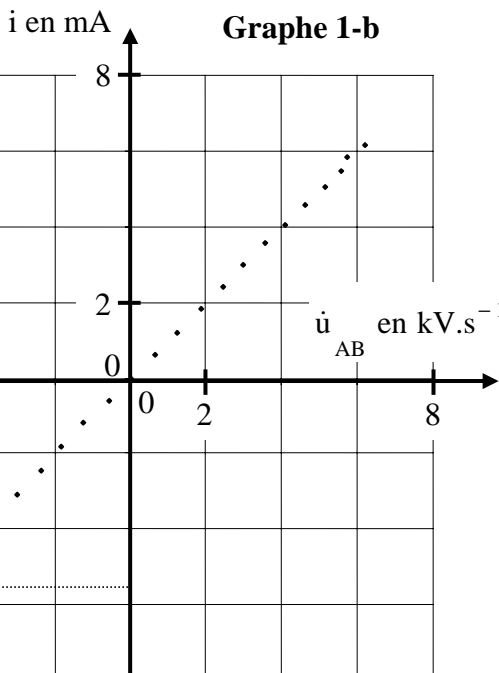
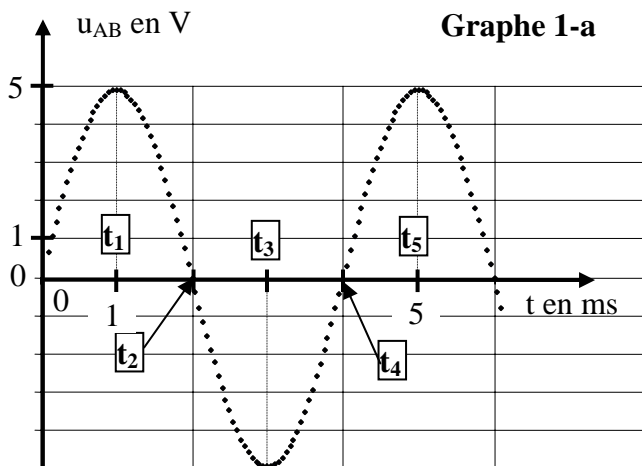
2.2. Montrer que le graphe 2 permet d'obtenir la valeur de l'inductance L de la bobine. Calculer une valeur approchée de L .

3. Troisième partie : association du condensateur et de la bobine

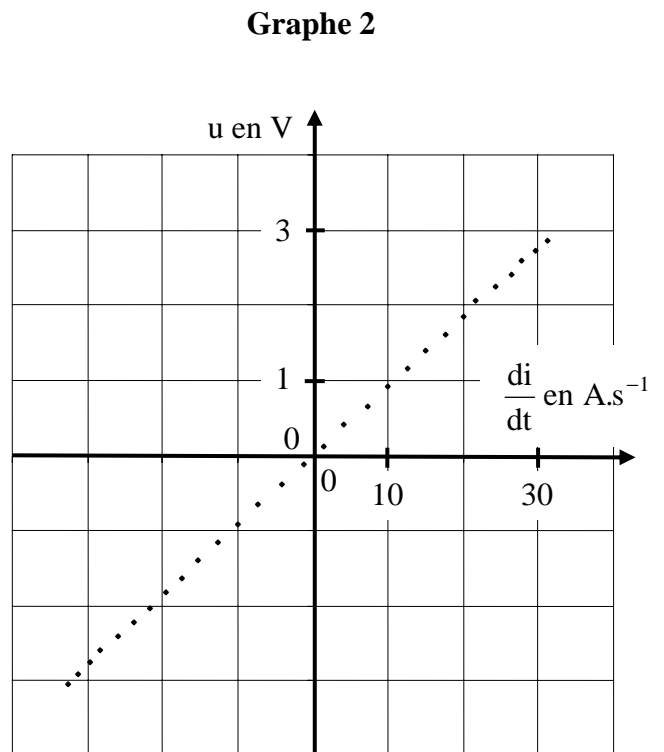
On envisage, immédiatement après avoir chargé le condensateur étudié dans la première partie, d'étudier sa décharge à travers un circuit comportant la bobine précédente d'inductance L et de résistance $r = 12 \Omega$ à 250 Hz . On souhaite limiter les pertes de puissance par effet Joule lors de cette décharge. On dispose du matériel suivant : un générateur de tension continue, divers interrupteurs, plusieurs conducteurs ohmiques de résistance R , un oscilloscope adapté pour les visualisations souhaitées et les deux dipôles étudiés précédemment.

- 3.1. Représenter le schéma d'un circuit électrique permettant la visualisation à l'oscilloscope de la tension $u_3(t)$ aux bornes du condensateur lors de sa charge et de sa décharge. Indiquer les connexions à réaliser aux bornes de l'oscilloscope pour visualiser $u_3(t)$ au cours d'une charge et au cours d'une décharge.
- 3.2. Représenter graphiquement l'allure de la courbe $u_3(t)$ lors de la décharge. Quel phénomène est donc mis en évidence lors de la décharge du condensateur dans ce circuit ?
- 3.3. Donner une valeur approchée de la pseudo-période de la tension $u_3(t)$ en prenant $C \approx 1 \mu\text{F}$ et $L \approx 0,1 \text{ H}$. On donne $\pi\sqrt{10} \approx 10$ et $\frac{\pi}{\sqrt{10}} \approx 1$.

Graphes relatifs à la première partie



Graphe relatif à la deuxième partie



IV. Toujours plus loin (5 points)

Deux enfants Amélie et Benoît sont sur un balcon. Ils jouent avec des palets de hockey identiques, et, au cours de leurs différentes parties, ils s'interrogent.....

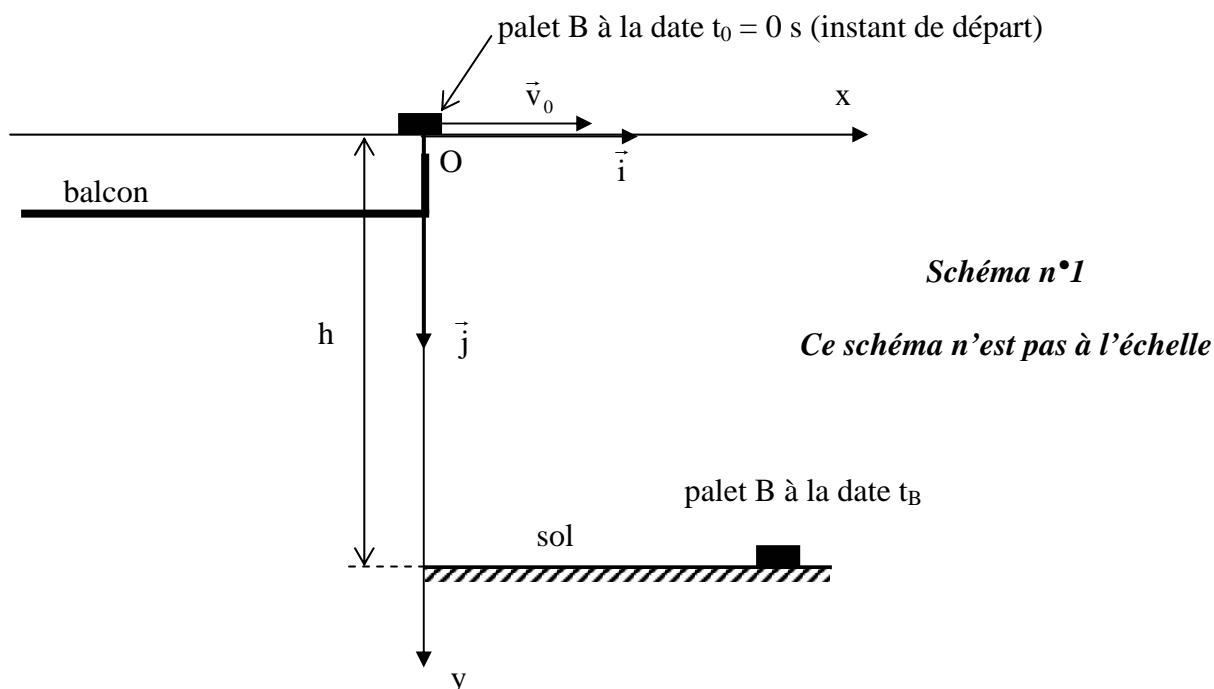
1. Première partie : Amélie lâche son palet A sans vitesse initiale, et, en même temps, de la même altitude par rapport au sol, Benoît lance son palet B avec une vitesse initiale horizontale \vec{v}_0 . Benoît pense que son palet touchera le sol plus tard que celui d'Amélie.

La modélisation est la suivante :

- les palets sont assimilés à des points matériels (confondus avec leur centre d'inertie) de masse M ,
- les actions de l'air sont négligeables par rapport aux autres forces,
- les palets sont initialement à une altitude $h = 5,0$ m par rapport au sol (voir schéma n° 1).

On considérera que le référentiel terrestre est galiléen et on prendra pour accélération de la pesanteur $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

La situation est schématisée ci-dessous.



- 1.1. On considère que le mouvement a lieu dans le plan vertical xOy (voir schéma n°1). Dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) , représenté sur le schéma n°1, établir sous forme littérale les équations horaires $x_B(t)$ et $y_B(t)$ du palet B.
- 1.2. En déduire l'expression littérale de la durée de chute t_B .
- 1.3. À l'aide de ce résultat, montrer que Benoît a tort, et préciser si son palet arrive plus tôt ou en même temps que le palet d'Amélie.

2. Deuxième partie : Amélie et Benoît décident de comparer leur force. Une gouttière lisse et horizontale leur sert de rampe de lancement. L'un après l'autre, chacun d'eux place son palet en K et le pousse jusqu'au point O où le palet quitte la rampe.

Le palet A touche le sol à la distance $D_A = 8,0$ m du pied H du balcon, le point H appartenant au plan vertical xOy . Le palet B touche le sol à la distance $D_B = 4,0$ m de H. Amélie affirme à Benoît : « je suis deux fois plus forte que toi. ».

On se propose de savoir si elle a raison.

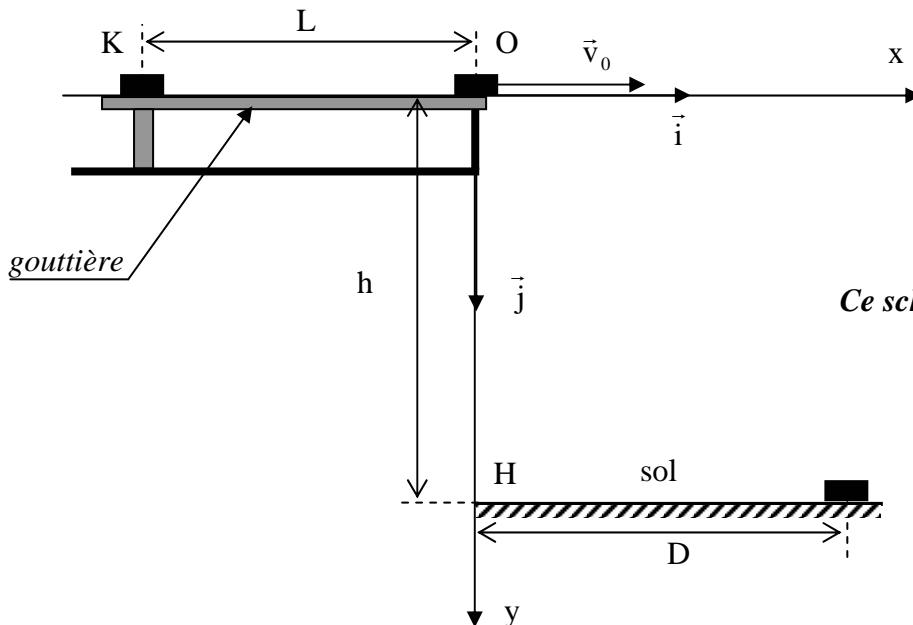


Schéma n°2

Ce schéma n'est pas à l'échelle

L'étude dynamique du mouvement du centre d'inertie du palet dans la phase de chute conduit à l'expression : $D = v_0 \times \sqrt{\frac{2 \times h}{g}}$, où v_0 est la valeur de la vitesse en O.

On modélise l'action des mains d'Amélie (ou de Benoît) sur un palet par une force horizontale constante \vec{F} qui s'exerce sur la distance $KO = L = 1,0$ m. La vitesse en K est nulle (voir schéma n° 2). Les forces de frottement agissant sur un palet sont négligées par rapport aux autres forces.

- 2.1. Faire le bilan des forces appliquées à un palet entre K et O et les représenter sur un schéma.
- 2.2. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer l'expression de v_0 en fonction de F, M et L.
- 2.3. En déduire l'expression de F en fonction de D, M, L, g et h.
- 2.4. En déduire, sans calcul numérique, si la valeur de la force exercée par Amélie est deux fois plus grande que celle exercée par Benoît. Justifier.

3. Troisième partie : Amélie se demande quelle vitesse devrait avoir le palet s'il tournait au voisinage de la surface de la Terre. Le mouvement supposé du palet peut être assimilé, dans ce cas, à un mouvement circulaire de centre T, centre de la Terre, et de rayon $R = 6,4 \times 10^3$ km.

- 3.1. Au cours d'un tel mouvement, le champ de gravitation peut-il être considéré comme uniforme ? Justifier.
- 3.2. Dans quel référentiel faut-il se placer pour étudier ce mouvement circulaire?
- 3.3. En assimilant le champ de gravitation au champ de pesanteur, montrer que ce mouvement serait uniforme.
- 3.4. Établir alors l'expression de la vitesse du palet en fonction de g et de R.
- 3.5. Calculer la valeur numérique de cette vitesse, en prenant $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE Sujet OBLIGATOIRE

- I. Etude de la cinétique de la saponification (5,5 points)
- II. Vous avez dit carbone ? (3,5 points)
- III. Etude expérimentale de dipôles : condensateur et bobine (6 points)
- IV. Toujours plus loin (5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter les différents allègements/aménagements : note de service n° 98-175 du 03.09.1998 (BOEN n° 33 du 10 septembre 1998) et (BOEN n° 12 hors série du 29 octobre 1998), note de service n° 99-168 du 27-10-1999 publiée au BOEN n° 39 du 4 novembre 1999 et BOEN HS n° 8 du 31 août 2000 et **BOEN HS n°3 du 30 août 2001**.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et les compétences à évaluer précisées dans le texte définissant l'épreuve de physique-chimie : arrêté du 12 janvier 1995, fixant le programme de terminale S (BOEN n° 3 du 16 février 1995) et note de service n° 96-223 du 10.09.1996 (BOEN n° 33 du 19 septembre 1996).

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

BOEN HS n°3 du 30 août 2001

I - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE, PHYSIQUE

Dans la partie II, "Systèmes oscillants", supprimer les contenus suivants :

- la rubrique 3.2.1 dans son entier ("Phénomène d'induction. Loi de Lenz. Applications.");

- la rubrique 4.2 dans son entier ("Oscillations entretenues. Apport d'énergie (réaction positive) et limitation de l'amplitude (non linéarité). Retour sur les exemples étudiés, horloge mécanique, oscillateur électrique, effet Larsen").

Supprimer également les compétences exigibles suivantes :

- "Savoir qu'un circuit indéformable qui voit un champ magnétique variable est le siège d'une force électromotrice";

- "Connaître la loi de Lenz".

Supprimer toute la partie III, "Lumière visible et invisible", et les compétences exigibles correspondantes.

II - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ, PHYSIQUE ("IMAGE ET COMMUNICATION")

Dans le chapitre 1, "Formation optique d'une image" :

- supprimer les compétences les "Montrer l'importance du flux lumineux et expliquer le rôle d'un condenseur" et "Montrer qu'à un point objet correspond une tache dont la dimension dépend du système";
- supprimer "Flux lumineux collecté";
- remplacer la compétence "Régler un montage optique simple à deux éléments pour obtenir une image" par "Régler un montage optique simple à deux éléments convergents pour obtenir une image";
- remplacer la compétence "Analyser un montage optique dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux" par "Analyser un montage optique, ne comportant que des lentilles convergentes, dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux".

Dans le chapitre 2, "Télécommunications" :

- supprimer les activités expérimentales suivantes :
- "Réaliser un oscillateur électrique et mesurer sa fréquence d'oscillation et son amplitude";
- "Expériences illustrant la transformation d'une information lumineuse en tension ou courant";
- "Photodiode, cellule CCD";
- "Exploitation de l'oscilloscope pour illustrer le fonctionnement de l'écran de télévision : balayage, variation de l'intensité, persistance des impressions lumineuses, synchronisation";
- "Mise en évidence de l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie)";
- "Écran couleur et synthèse additive";
- "Observation à l'oscilloscope d'un signal vidéo simple (exemple : image d'un damier)".
- et supprimer les compétences suivantes :
- "Expliquer le principe de la modulation de fréquence";
- "Connaître les grandes étapes du développement des télécommunications";
- "Connaître les propriétés d'une photodiode (variation de l'intensité avec l'éclairement, domaine de sensibilité en longueur d'onde)";
- "Mettre en évidence l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie)";
- "Expliquer le principe de la télévision : pixels, balayage ligne et balayage image (trame, nécessité de la synchronisation)";
- "Expliquer le principe de la télévision couleur : les trois faisceaux, l'écran couleur et la synthèse additive des couleurs";
- "Observer à l'oscilloscope un signal vidéo simple (exemple : image d'un damier)";
- "Expliquer le principe de fonctionnement d'un caméscope : formation d'une image optique sur une mosaïque de cellules CCD, tension de sortie du caméscope reproduisant l'état de chaque cellule".

Rappel : la théorie des filtres et leur étude n'est pas explicitement au programme. La persistance de l'image rétinienne et le principe du cinéma sont étudiés dans le cadre de l'optique.

III - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE, CHIMIE ("LES MOLÉCULES DE L'HYGIÈNE, DE LA BEAUTÉ ET DE LA SANTÉ")

Dans le chapitre 2, "Acides et bases en solution aqueuse", rubrique 2.4, "Dosage d'un acide faible", supprimer la compétence : "Reconnaître suivant l'allure des courbes de variation de pH les cas : acide faible-base forte et acide fort-base forte".

Dans le chapitre 3, "Notions élémentaires de stéréochimie", rubrique 3.1, "Justification de la géométrie des molécules simples par la méthode VSEPR", supprimer :

- "Distinction entre paires d'électrons libres et paires d'électrons liés";
- "Justification de la géométrie des molécules de type AX₂, AX₃, AX₄, AX₃E, AX₂E₂".

Dans le chapitre 3, "Notions élémentaires de stéréochimie", rubrique 3.2, "Notions de configuration et de conformation", supprimer :

- "Conformations éclipsées et décalées autour d'une liaison simple carbone-carbone : cas de l'éthane et du butane";
- ainsi que la compétence : "Distinguer un isomère de configuration d'un isomère de conformation".

Dans le chapitre 4, "Parfums et savons", rubrique 4.2, "Les savons", supprimer :

- "Intermédiaire tétraédrique dans le mécanisme de la réaction de saponification : propriétés nucléophile de l'ion OH⁻ et électrophile de la fonction ester".
- ainsi que les compétences : "Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène donnent à l'ion OH⁻ un caractère nucléophile" et "Reconnaître le site électrophile de la fonction ester"

Dans le chapitre 5, "Médicaments" :

- supprimer la rubrique 5.1, "Histoire et production industrielle d'un médicament : l'aspirine" dans sa totalité;
- dans la rubrique 5.2, "Synthèse d'un médicament au laboratoire", supprimer l'exemple du chlorure d'acyle dans les réactions de formation des esters et des amides ainsi que les compétences suivantes :
- "Connaître la formule développée d'un chlorure d'acyle";
- "Savoir que la réaction d'un chlorure d'acyle avec un alcool est rapide, donne un ester et peut être quantitative";
- "Écrire et exploiter quantitativement les équations-bilans de formation des amides";
- "Reconnaître la fonction amide dans une chaîne carbonée";
- "À partir de la formule semi-développée d'un amide, retrouver la formule de l'acide carboxylique correspondant et, dans le cas d'un amide monosubstitué, retrouver aussi celle de l'amine";
- "Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène confèrent aux alcools des propriétés nucléophiles";
- "Savoir que le doublet libre de l'atome d'azote confère aux amines des propriétés nucléophiles";
- "Reconnaître le site électrophile du groupe carbonyle".

IV - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ, CHIMIE (LES MOLÉCULES DE L'ALIMENTATION)

Dans le chapitre 1, "Espèces ioniques présentes dans les boissons" :

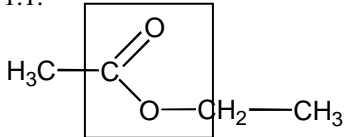
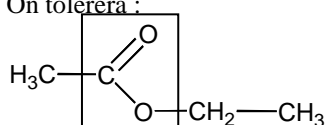
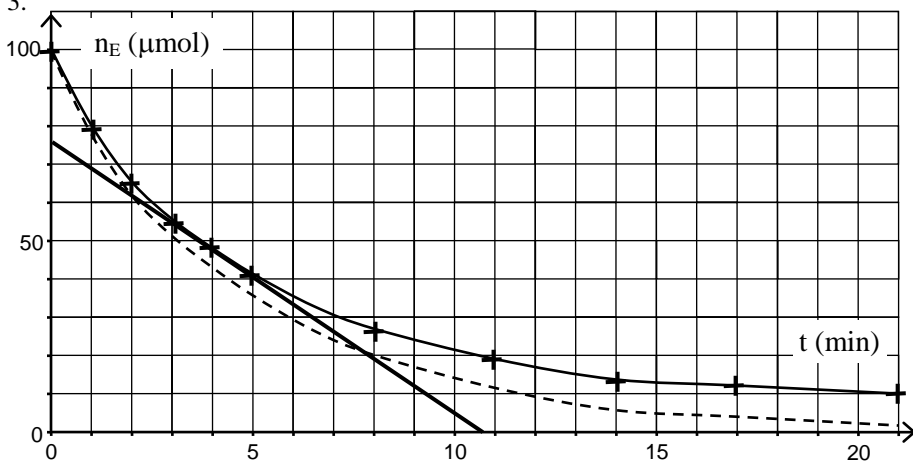
- supprimer :
- l'activité expérimentale "Mises en évidence d'espèces ioniques minérales dissoutes";
- la rubrique "Approfondissements : Réactions d'identification des ions";
- ainsi que les compétences "Savoir identifier les ions suivants : Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Ca²⁺";
- et ajouter "Aucune connaissance n'est exigible sur les méthodes de dosage des ions (en particulier : méthode de Mohr et méthode de Charpentier Volhard)".

Dans le chapitre 2, "Sucres et édulcorants", supprimer :

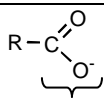
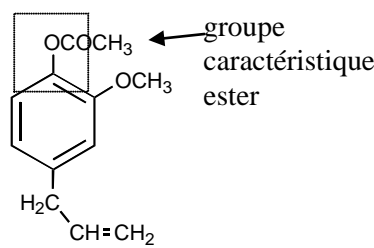
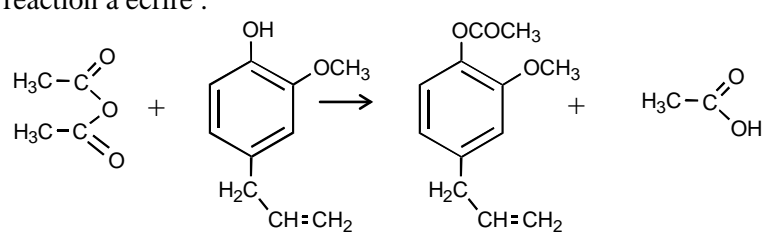
- les activités expérimentales "Dosage d'un ose réducteur", "Étude chimique d'un édulcorant : l'aspartame" et "Le groupement fonctionnel amide";
- la compétence "Savoir réaliser le dosage d'un ose réducteur".

Dans le chapitre 4, "Arômes, colorants et conservateurs", supprimer l'ensemble de la rubrique 4.4, "Synthèse d'un arôme".

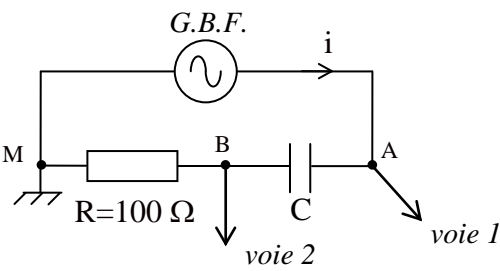
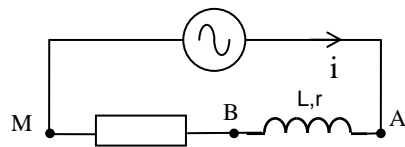
I - ETUDE DE LA CINETIQUE DE LA SAPONIFICATION (5,5 POINTS)

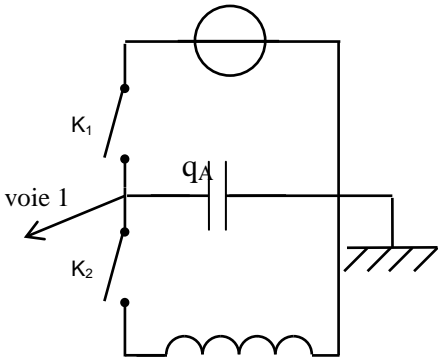
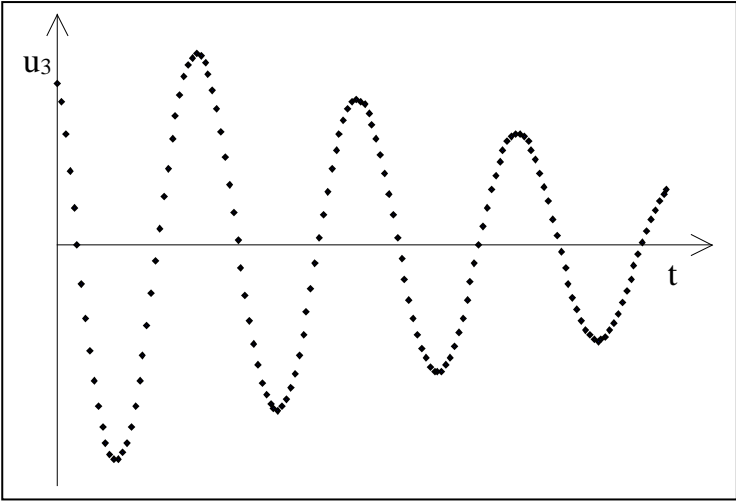
Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.1. 	0,25 + 0,25	0,25 pour le groupe encadré. On tolèrera :  0,25 pour le nom
1.2. $\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + (\text{Na}^+) + \text{HO}^-$ $\longrightarrow (\text{Na}^+) + \text{CH}_3\text{CO}_2^- + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	0,5	Na^+ non exigible - 0,25 si \rightleftharpoons
1.3. éthanoate (ou acétate) de sodium et éthanol	0,25 + 0,25	ou ion éthanoate et éthanol
1.4. totale et lente	0,25	pour les deux
2.1. pipette jaugée 2,0 mL	0,25	aucune autre verrerie n'est acceptée
2.2. Pour stopper la réaction (trempe)	0,25	Le mot "trempe" n'est pas exigé
2.3. $\text{HO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	0,25	
2.4. virage du rose à l'incolore	0,25	
2.5. ajouter de l'eau ne modifie pas la quantité des ions HO^- présents (compte tenu des concentrations utilisées).	0,25	aucun autre commentaire n'est demandé
2.6.1. $n_E = n(\text{HO}^- \text{ restant})$ car réaction mole à mole et initialement mélange équimolaire. Or $n(\text{HO}^- \text{ restant}) = n(\text{H}_3\text{O}^+ \text{ à l'équivalence})$ Donc $n_E = C_A V_{A(E)}$	0,25 0,25	0 si $n_E = n(\text{HO}^- \text{ restant})$ non justifié 0 si $n_E = C_A V_{A(E)}$ seul sans justification
2.6.2. $n_E(t_i) = 5,0 \times 10^{-3} \times 6,0 \times 10^{-3} = 3,0 \times 10^{-5} \text{ mol} = 30 \mu\text{mol}$	0,25	
3. 		barème : 0,5
4.1. On calcule l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t.	0,25	
4.2. la pente de la tangente à la courbe diminue (en valeur absolue) au cours du temps, donc la vitesse diminue au cours du temps. La vitesse diminue au cours du temps car la concentration des réactifs diminue.	0,25 0,25	0 si non justifié
4.3. $v_E(t = 4 \text{ min}) = -\frac{(0 - 76)}{10,7 - 0} \approx \frac{77}{11} \approx 7 \mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$	0,25	0 si non justifié
4.4. voir courbe en pointillé ci-dessus. v_E augmentant avec la température, l'état final est atteint plus rapidement.	0,25	

II – AUTOUR DU CARBONE (3,5 POINTS)

Réponses attendues		Barème	Commentaire
n° des propositions	VRAI ou FAUX	Justifications	
1.	FAUX	* Soit : l'acide propanoïque réagit avec l'éthanol pour donner le propanoate d'éthyle * Soit : pour synthétiser l'éthanoate de propyle à partir d'un acide, il faut que l'acide soit l'acide éthanoïque et/ou que l'alcool soit le propan-1-ol.	0,25 aucune équation-bilan n'est exigée. 0,25 accordé avec : - soit le nom du produit, - soit le nom d'un des 2 réactifs
2.	FAUX	La réaction de formation est: totale, rapide, en général, et exothermique dans le cas des anhydrides d'acide, limitée, lente et athermique dans le cas des acides carboxyliques.	0,25 accepter si une seule caractéristique est donnée et comparée
3.	VRAI	 partie hydrophile	0,25
4.1.	VRAI		0,25 ne pas pénaliser si le carbone du cycle n'est pas compris dans le groupe caractéristique
4.2.	VRAI	réaction à écrire : 	0,5
4.3.	VRAI	même formule brute ; squelette carboné différent	0,5
4.4.	FAUX	A et D ne présentent pas la stéréoisomérie (Z/E) car le C terminal doublement lié dans R-CH = CH ₂ porte deux atomes d'hydrogène ou : si la formule est de type AHC=CHB, isomérisation Z/E si A≠H et B≠H	0,25 : - si A et D ne présentent pas la stéréoisomérisation Z/E - ou si : B présente la stéréoisomérisation Z/E 0,25 pour la justification
5.	FAUX	E ne possède pas de C asymétrique car aucun C (tétraédrique) n'est lié à 4 groupes d'atomes différents.	0,25 0,25
6.	VRAI	Ces deux molécules ne sont pas superposables. Ces 2 molécules sont images l'une de l'autre dans un miroir.	0,25 0,25 aucune représentation n'est demandée

III - ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE DIPÔLES : CONDENSATEUR ET BOBINE (6 POINTS)

Réponses attendues	Barème 6 points	Commentaires
<p>1.1.</p> 	0,25	0 si une erreur
<p>1.2. D'après la loi d'additivité des tensions, on déduit :</p> $u_{AB} = u_1 - u_2$	0,25	0 si la loi n'est pas nommée (loi des mailles acceptée)
<p>1.3. $q_A = C \cdot u_{AB}$. Le graphe 1-a montre qu'à la date t_1, $u_{AB} > 0$ donc $q_A(t_1) > 0$. À la date t_3, $q_A(t_3) < 0$.</p> <p>De t_2 à t_3, le condensateur se charge car la valeur absolue de q_A augmente.</p> <p>De t_4 à t_5, le condensateur se charge</p>	0,25 0,25 0,25 0,25 0,25	-0,25 si pas de justification
<p>1.4. $i = \frac{dq_A}{dt}$ avec $q_A = C u_{AB}$, donc $i = \frac{dq_A}{dt} = C \cdot \frac{du_{AB}}{dt}$ $= C \cdot \dot{u}_{AB}$</p>	0,25	
<p>1.5.</p> <p>Le graphe 1-a montre que u_{AB} diminue de t_1 à t_3 donc, \dot{u}_{AB} est négatif donc i est négatif.</p>	0,25 0,25	
<p>1.6. $u_2 = u_{BM} = R \cdot i$ (R est la valeur de la résistance placée entre M et B) donc la mesure de u_2 et la connaissance de la valeur de R permet le calcul de i : $i = \frac{u_2}{R} = \frac{u_2}{100}$.</p>	0,25	
<p>1.7.1. Le graphe 1-b montre que les points expérimentaux sont alignés sur une droite passant par l'origine : i est donc proportionnel à \dot{u}_{AB}. La relation $i = C \cdot \dot{u}_{AB}$ est vérifiée si C est le coefficient directeur de cette droite.</p>	0,25	toute justification correcte est acceptée
<p>1.7.2. Le coefficient directeur est $C \approx \frac{4 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^3} \approx 10^{-6}$ F.</p>	0,25	
<p>1.7.3. en P, $\dot{u}_{AB} < 0$, donc $u_{AB}(t)$ est décroissante, donc t_P est voisin de t_2</p>	0,25	
<p>2.1.</p> 	0,25	

$u_{AB} = ri + L \frac{di}{dt}$, avec $u_{AB} = u_1 - u_2$ (cf 1.2.), donc $u_1 - u_2 - ri = L \frac{di}{dt}$, soit $u = L \frac{di}{dt}$.	0,25	
<p>2.2. Le graphe 2 montre que les points expérimentaux sont alignés sur une droite passant par l'origine : u est donc proportionnel à $\frac{di}{dt}$.</p> <p>La relation $u = L \frac{di}{dt}$ est vérifiée avec L constante ; L est le coefficient directeur de cette droite. Le coefficient directeur est $L \approx \frac{1,9}{20} \approx 0,1H$</p>	0,25 0,25	
<p>3.1.</p> 	0,5	0,25 pour le schéma 0,25 pour les branchements de l'oscilloscope. Accepter deux interrupteurs ou un interrupteur inverseur. Si R est dans le circuit de décharge : enlever 0,25
<p>3.2.</p>  <p>On observe un phénomène d'oscillations électriques libres et amorties.</p>	0,25 0,25	On acceptera la représentation graphique sans amortissement On acceptera libres et/ou amorties
<p>3.3.</p> <p>La pseudo-période est très voisine de $T_0 = 2.\pi.\sqrt{L.C}$ avec $C \approx 10^{-6} F$ et $L \approx 0,1 H$, donc $T \approx 2 ms$.</p>	0,5	0,25 pour la formule 0,25 pour l'application numérique.

IV - TOUJOURS PLUS LOIN (5 POINTS)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1.1. Référentiel terrestre considéré comme galiléen Système étudié : le palet B Bilan des forces extérieures : le poids \vec{P} 2^{ème} loi de Newton: $\sum \vec{F} = M \vec{a}$ (palet ponctuel) donc $\vec{P} = M \vec{a} = M \vec{g}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$ $\vec{a} \begin{cases} a_{x_B} = 0 \\ a_{y_B} = g \end{cases}$ et $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ donc $\vec{v}(t) \begin{cases} v_{x_B} = \text{Cte} \\ v_{y_B} = gt + \text{Cte}_2 \end{cases}$ à $t_0 = 0$, $\vec{v}(t_0) = \vec{v}_0$ donc $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{x_B}(0) = v_0 \\ v_{y_B}(0) = 0 \end{cases}$ donc $\vec{v}(t) \begin{cases} v_{x_B} = v_0 \\ v_{y_B} = gt \end{cases}$ $\vec{v} = \frac{d\vec{OB}}{dt}$ donc $\vec{OB}(t) \begin{cases} x_B = v_0 t + 0 \\ y_B = \frac{1}{2} g t^2 + 0 \end{cases}$ car à $t_0 = 0$, $x_B = y_B = 0$</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p> <p>0,5</p> <p>0,25</p>	<p>accepter théorème du centre d'inertie - 0,25 si expressions de \vec{a} et de \vec{v} non vectorielles</p>
<p>1.2. à $t = t_B$, $y_B = h$; $h = \frac{1}{2} g t_B^2$ donc $t_B = \sqrt{\frac{2h}{g}}$</p>	0,25	
<p>1.3 t_B ne dépend que de la hauteur de chute. Benoît a tort, son palet arrive en même temps que celle d'Amélie</p>	0,25	
<p>2.1. Système étudié : le palet Bilan des forces : le poids du palet \vec{P} ; la force de poussée \vec{F} ; l'action de la rampe \vec{R}</p>	0,25	Schéma exigé
<p>2.2. $\Delta E_c = W_{KO}(\vec{F}) + W_{KO}(\vec{P}) + W_{KO}(\vec{R})$ $(E_c)_O - (E_c)_K = \frac{1}{2} M v_0^2 = F \times L + 0 + 0$ $v_0 = \sqrt{\frac{2FL}{M}}$</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>pour le calcul des travaux</p>
<p>2.3. $v_0^2 = \frac{2FL}{M}$; $D^2 = v_0^2 \frac{2h}{g}$ donc $F = \frac{MD^2g}{4Lh}$</p>	0,25	
<p>2.4. Non car $D_A = 2 D_B$ donc $F_A = 4 F_B$</p>	0,25	
<p>3.1. \vec{g} n'est pas uniforme car il change de direction.</p>	0,25	
<p>3.2 Référentiel géocentrique</p>	0,25	
<p>3.3 Système étudié : le palet Bilan des forces : force de gravitation \vec{F} $\vec{F} = M \vec{a}$ avec $\vec{F} = M \vec{g}$ et $\vec{a} = a_t \vec{t} + a_n \vec{n}$ donc $a_t = 0 = \frac{dv}{dt}$ donc $v = \text{cte}$</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	
<p>3.4 $\vec{F} = M \vec{a} = M \vec{g}$ et $\vec{a} = a_n \vec{n}$ et $a_n = \frac{v^2}{R}$ On en déduit que $v = \sqrt{gR}$</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	
<p>3.5 $v = \sqrt{6400 \times 10^3 \times 10} = 8 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$</p>	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2002

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice
L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé
Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré
Les données sont en italique

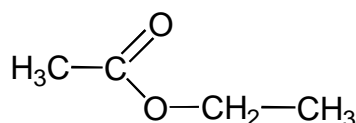
Ce sujet comporte deux exercices de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les quatre exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Étude cinétique d'une saponification
- II. Autour du carbone
- III. Étude expérimentale de dipôles : condensateur et bobine
- IV. Une carte plein cadre

I. Étude cinétique d'une saponification (5,5 points)

L'éthanoate d'éthyle (ou acétate d'éthyle) est, à 20°C, un liquide de formule semi-développée :



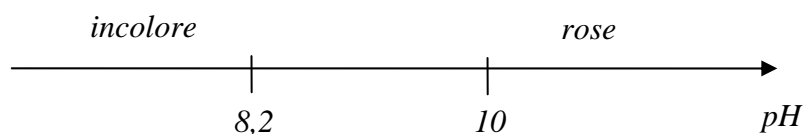
Certains organismes de sécurité indiquent qu'il y aurait incompatibilité entre l'éthanoate d'éthyle et la soude caustique. Ils font en fait référence à la possibilité d'une réaction de saponification dont on se propose d'étudier ici la cinétique chimique.

On dispose d'une part d'hydroxyde de sodium (ou soude), en solution aqueuse, et d'autre part, d'éthanoate d'éthyle.

À l'instant de date $t_0 = 0$ s, on met en présence $1,0 \times 10^{-2}$ mol de chacun des réactifs précédents. Le mélange est placé dans un bain thermostaté qui maintient la température à 20°C.

On prélève, à différentes dates, un volume $V = 2,0$ mL du mélange. Après avoir ajouté une grande quantité d'eau glacée, on dose les ions hydroxyde restants par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 5,0 \times 10^{-3}$ mol.L⁻¹ en présence de phénolphthaléine. Dans ces conditions, au moment du virage de cet indicateur, seuls les ions hydroxyde ont réagi avec l'acide chlorhydrique.

Donnée : zone de virage de la phénolphthaléine :



1.

- 1.1. Recopier la formule semi-développée de l'éthanoate d'éthyle, puis entourer et nommer le groupe "caractéristique" (ou fonctionnel) de cette molécule.
- 1.2. Écrire l'équation-bilan de la réaction de saponification de l'éthanoate d'éthyle.
- 1.3. Nommer les produits obtenus.
- 1.4. Donner les caractéristiques de cette réaction.

2.

- 2.1. Nommer la verrerie la plus adaptée pour prélever le volume $V = 2,0$ mL du mélange.
- 2.2. Pourquoi ajoute-t-on une grande quantité d'eau glacée avant de réaliser le dosage des ions hydroxyde restants dans le volume V prélevé ?
- 2.3. Écrire l'équation-bilan de la réaction qui sert de support au dosage.
- 2.4. Quel est le changement de teinte observé lors du dosage ?
- 2.5. Justifier que l'addition d'eau ne modifie pas le résultat du dosage.

2.6. Détermination de la quantité n_E d'éthanoate d'éthyle restant dans un prélèvement de volume $V = 2,0 \text{ mL}$. L'absence de résolution de cette question n'empêche pas de traiter les questions 3 et 4.

2.6.1. Établir l'expression donnant n_E en fonction de la concentration C_A et du volume $V_{A(E)}$ de la solution d'acide chlorhydrique versée à l'équivalence du dosage.

2.6.2. Dans le prélèvement réalisé à l'instant de date $t_1 = 7 \text{ min}$, le volume d'acide chlorhydrique versé pour atteindre l'équivalence du dosage est $V_{A(E)} = 6,0 \text{ mL}$. Calculer la valeur numérique de la quantité n_E d'éthanoate d'éthyle restant à cet instant.

3. Les quantités n_E d'éthanoate d'éthyle restant aux différents instants de date t , dans un prélèvement de $2,0 \text{ mL}$, sont données dans le tableau ci-dessous.

On rappelle que $1 \mu\text{mol} = 10^{-6} \text{ mol}$.

$t \text{ (en min)}$	0	1	2	3	4	5	8	11	14	17	21
$n_E \text{ (en } \mu\text{mol)}$	100	80	65	55	48	42	27	19	14	12	10

Tracer la courbe donnant n_E en fonction de la durée t .

échelles : - en abscisses 1 cm pour 1 min

- en ordonnées 1 cm pour 10 μmol

4. On définit la vitesse instantanée de disparition de l'éthanoate d'éthyle à l'instant de date t par

$$v_E(t) = - \left(\frac{dn_E}{dt} \right)_t$$

4.1. Exposer succinctement la méthode permettant de déterminer la vitesse instantanée de disparition de l'éthanoate d'éthyle à l'instant de date t à partir de la courbe tracée.

4.2. Comment cette vitesse évolue-t-elle au cours du temps ? Justifier graphiquement sans calcul. Pourquoi subit-elle une telle évolution ?

4.3. Parmi les valeurs suivantes :

$$1 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1} \quad 3 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1} \quad 7 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1} \quad 12 \mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1},$$

quelle est celle qui correspond à la valeur de la vitesse de disparition de l'éthanoate d'éthyle à l'instant de date $t_2 = 4 \text{ min}$?

4.4. Si on réalisait la même expérience à une température égale à 45°C , tracer l'allure de la courbe donnant n_E en fonction de la durée t sur le même graphique que celui de la question 3. Justifier ce tracé.

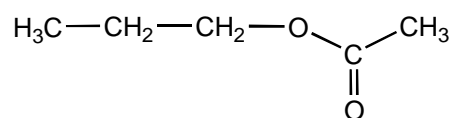
II. Autour du carbone (3,5 points)

Cet exercice aborde des notions de stéréochimie et quelques réactions de chimie organique. Pour chacune des propositions numérotées 1, 2, 3, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5 et 6, vous répondrez par VRAI ou par FAUX en justifiant à l'aide d'exemples ou de contre-exemples ou de définition ou d'équation-bilan... **Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires.**

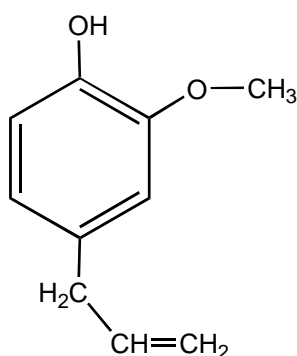
Les réponses sont à écrire dans un tableau dont le modèle est le suivant :

n° des propositions	VRAI ou FAUX	Justifications ou commentaires
1		
2		
.		
.		
6		

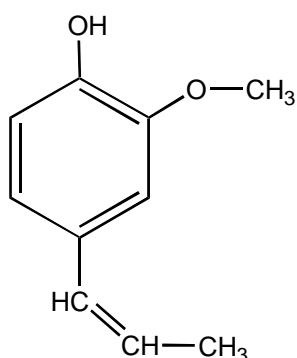
1. L'éthanoate de propyle, dont la formule est représentée ci-dessous, peut être synthétisé en faisant réagir directement l'acide propanoïque et l'éthanol.



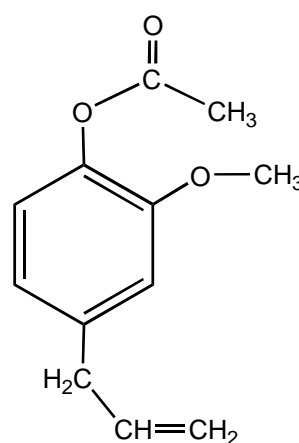
2. Les réactions de formation des esters à partir des anhydrides d'acide ont les mêmes caractéristiques que les réactions de formation des esters à partir des acides carboxyliques.
3. L'ion carboxylate d'un savon présente une partie hydrophile.
4. Parmi les composés A (eugénol), B (isoeugénol) et D (acétyleugénol), dont les formules respectives sont les suivantes :



A



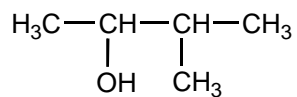
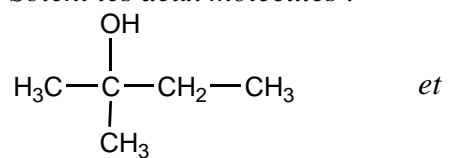
B



D

- 4.1. D possède un groupe "caractéristique" (ou fonctionnel) ester.
- 4.2. D peut être préparé par réaction de A avec l'anhydride acétique (ou anhydride éthanoïque).
- 4.3. A et B sont des isomères de constitution.
- 4.4. tous présentent la stéréoisomérisie Z - E.

5. Soient les deux molécules :

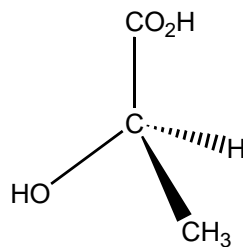
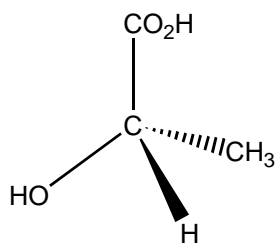


(notée E)

(notée F)

Les molécules notées E et F possèdent, toutes les deux, un carbone asymétrique.

6. Voici deux structures spatiales :



Elles forment un couple d'énantiomères.

III. Étude expérimentale de dipôles : condensateur et bobine (6 points)

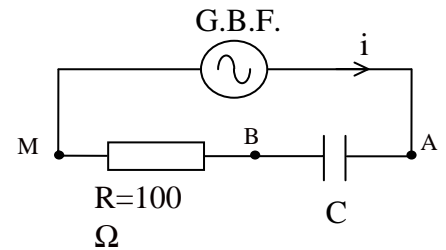
On dispose au laboratoire d'un condensateur de capacité C et d'une bobine, sans noyau de fer, d'inductance L . On pourrait mesurer les valeurs numériques de C et de L avec un multimètre.

On se propose d'utiliser, dans cet exercice, les connaissances et les savoir-faire acquis par les candidats pour :

- retrouver la valeur numérique de C (première partie de l'exercice) et celle de L (deuxième partie de l'exercice);
- étudier la décharge de ce condensateur dans cette bobine (troisième partie).

1. Première partie : mesure de la capacité C d'un condensateur

On réalise le montage ci-contre. Le générateur basse fréquence (G.B.F.) délivre une tension sinusoïdale de fréquence 250 Hz et d'amplitude voisine de 5V. On visualise à l'oscilloscope, sur la voie 1, l'évolution au cours du temps de la tension $u_1 = u_{AM}(t)$ et, sur la voie 2, l'évolution au cours du temps de la tension $u_2 = u_{BM}(t)$. Le sens de i choisi comme sens positif est indiqué sur le schéma.



- 1.1. Reproduire le schéma du circuit sur votre copie et indiquer les connexions à réaliser au niveau de l'oscilloscope pour visualiser les tensions u_1 et u_2 .
- 1.2. Exprimer la tension u_{AB} en fonction de u_1 et u_2 en précisant la loi utilisée.
- 1.3. On remplace l'oscilloscope par un dispositif d'acquisition relié à un ordinateur qui suit l'évolution des tensions u_1 et u_2 au cours du temps. Un logiciel adapté effectue les calculs et les représentations graphiques souhaités. Le graphe 1-a représente l'évolution de u_{AB} au cours de la durée t . En utilisant ce graphe :
 - donner le signe de la charge q_A portée par l'armature A aux instants de dates t_1 et t_3 .
 - préciser deux intervalles de temps entre les instants de dates t_1 et t_5 pendant lesquels le condensateur se charge. On admettra ici que le condensateur se charge lorsque la valeur absolue de q_A croît en fonction du temps.
- 1.4. L'intensité i est égale à la dérivée par rapport au temps de la charge q_A portée par l'armature A : $i = \frac{d(q_A)}{dt}$. On pose $\dot{u}_{AB} = \frac{d(u_{AB})}{dt}$. Établir la relation $i = C \dot{u}_{AB}$.
- 1.5. En déduire le signe de i entre les instants de dates t_1 et t_3 . Justifier.
- 1.6. La mesure de u_2 et les données introductives permettent le calcul de i . Préciser pourquoi.
- 1.7. Le logiciel calcule i et \dot{u}_{AB} ; il permet d'obtenir, entre les instants de dates t_2 et t_4 , le graphe représentant l'évolution de i en fonction de \dot{u}_{AB} (graphe 1-b).
 - 1.7.1. Montrer que le graphe 1-b permet d'obtenir la valeur de la capacité C du condensateur.
 - 1.7.2. Calculer une valeur numérique approchée de C .
 - 1.7.3. Les coordonnées du point P, placé sur le graphe 1-b, ont été calculées à un instant de date t_P . Cette date t_P est voisine d'une des trois dates t_2 , t_3 ou t_4 indiquées sur le graphe 1-a. Préciser laquelle en utilisant ce graphe.

2. Deuxième partie : mesure de l'inductance L d'une bobine

Dans le montage précédent, on remplace le condensateur par une bobine sans noyau de fer, d'inductance L et de résistance $r = 12 \Omega$ à 250 Hz.

On rappelle que la tension u_{AB} aux bornes de la bobine est : $u_{AB} = ri + L \frac{di}{dt}$.

Le logiciel permet les calculs de la grandeur $u = u_1 - u_2 - ri$ et permet d'obtenir le graphe donnant l'évolution de u en fonction de $\frac{di}{dt}$ (graphe 2).

- 2.1. Représenter le schéma du circuit et établir la relation $u = L \frac{di}{dt}$.

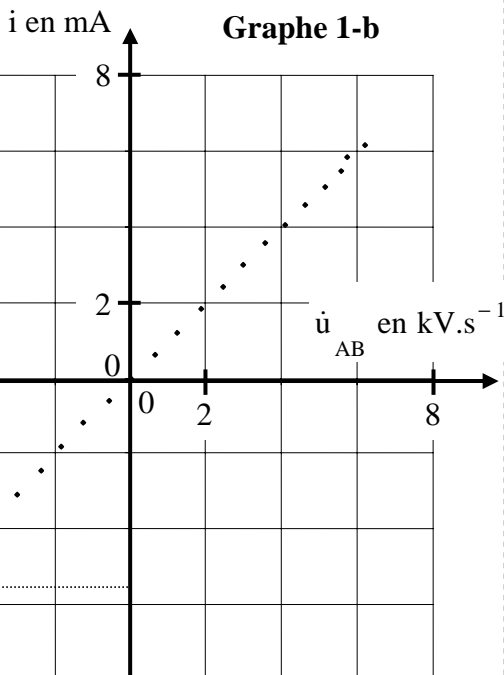
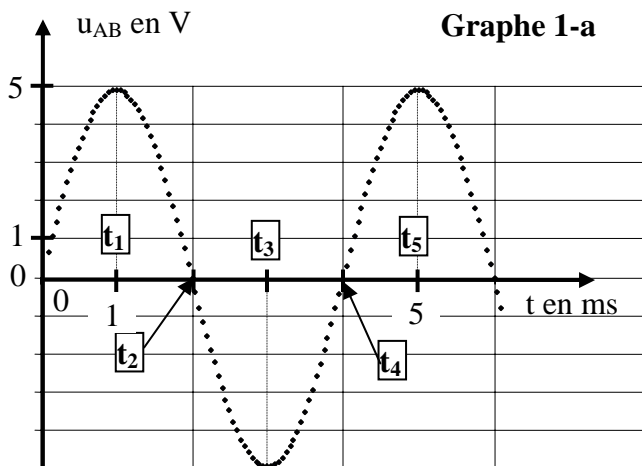
2.2. Montrer que le graphe 2 permet d'obtenir la valeur de l'inductance L de la bobine. Calculer une valeur approchée de L .

3. Troisième partie : association du condensateur et de la bobine

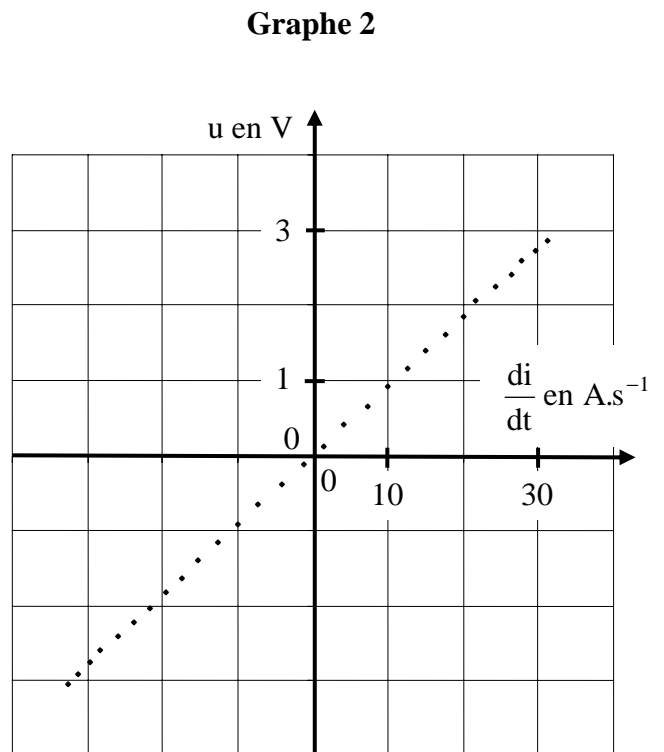
On envisage, immédiatement après avoir chargé le condensateur étudié dans la première partie, d'étudier sa décharge à travers un circuit comportant la bobine précédente d'inductance L et de résistance $r = 12 \Omega$ à 250 Hz . On souhaite limiter les pertes de puissance par effet Joule lors de cette décharge. On dispose du matériel suivant : un générateur de tension continue, divers interrupteurs, plusieurs conducteurs ohmiques de résistance R , un oscilloscope adapté pour les visualisations souhaitées et les deux dipôles étudiés précédemment.

- 3.1. Représenter le schéma d'un circuit électrique permettant la visualisation à l'oscilloscope de la tension $u_3(t)$ aux bornes du condensateur lors de sa charge et de sa décharge. Indiquer les connexions à réaliser aux bornes de l'oscilloscope pour visualiser $u_3(t)$ au cours d'une charge et au cours d'une décharge.
- 3.2. Représenter graphiquement l'allure de la courbe $u_3(t)$ lors de la décharge. Quel phénomène est donc mis en évidence lors de la décharge du condensateur dans ce circuit ?
- 3.3. Donner une valeur approchée de la pseudo-période de la tension $u_3(t)$ en prenant $C \approx 1 \mu\text{F}$ et $L \approx 0,1 \text{ H}$. On donne $\pi\sqrt{10} \approx 10$ et $\frac{\pi}{\sqrt{10}} \approx 1$.

Graphes relatifs à la première partie



Graphe relatif à la deuxième partie



IV. Une carte plein cadre (5 points)

Un appareil photographique comporte deux éléments essentiels : l'objectif et la pellicule. On modélise :

- l'objectif par une lentille mince convergente (L) de centre optique O ; on appelle F et F' les foyers principaux, respectivement objet et image, de cette lentille, dont la distance focale est : $\overline{OF'} = +50 \text{ mm}$;
- la pellicule par un écran (E), où se forme l'image réelle de l'objet photographié (figure 1).

L'objectif est conçu pour pouvoir déplacer la lentille (L) par rapport à la pellicule.

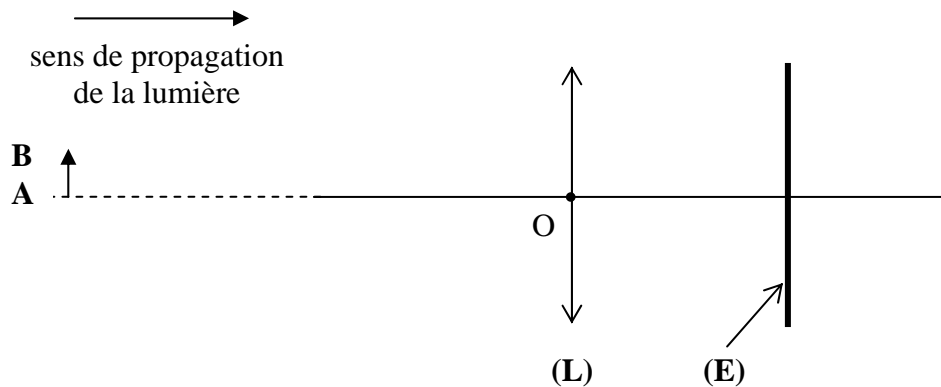


figure 1

On rappelle les relations de conjugaison et de grandissement, avec A', point image d'un point A situé sur l'axe principal, et B', point image d'un point B situé dans un plan perpendiculaire à cet axe contenant A :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \qquad \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

1. On photographie un objet AB situé à une très grande distance de (L).
En le considérant « à l'infini », et pour avoir une image nette, à quelle distance OA' de l'écran (E) se trouve la lentille (L) ?
2. Pour obtenir des images, sur l'écran (E), d'objets plus rapprochés de (L), il est nécessaire d'effectuer une mise au point, c'est-à-dire de faire varier la distance lentille – écran (voir la figure 2 page 9).
 - 2.1. Si l'objet AB à photographier se rapproche de (L), la distance entre la lentille et l'écran doit-elle augmenter ou diminuer ? Justifier à l'aide d'un schéma.
 - 2.2. L'objectif permet d'augmenter de 5 mm au maximum la distance entre la lentille et la pellicule par rapport à sa position quand l'objet est « à l'infini ».
 - 2.2.1. À quelle distance doit se trouver un objet pour que son image soit nette sur la pellicule quand la distance lentille - écran est maximale ?
 - 2.2.2. Calculer le grandissement γ dans ces conditions.

3. On veut photographier une carte postale de format $10\text{ cm} \times 15\text{ cm}$.

3.1. En plaçant à 55 cm de (L) dans un plan perpendiculaire à l'axe optique de la lentille (L), le grandissement vaut $0,1$ en valeur absolue. Quelles seraient les dimensions de son image sur la pellicule de format $24\text{ mm} \times 36\text{ mm}$?

3.2. On veut que les dimensions de l'image de la carte postale soient $24\text{ mm} \times 36\text{ mm}$.

3.2.1. Calculer la valeur absolue du grandissement γ souhaité.

3.2.2. Pour simplifier les calculs numériques, prendre : $\gamma = -\frac{1}{4}$.

Calculer alors la distance OA à laquelle on doit placer la carte postale, ainsi que la distance OA' entre la lentille et l'écran.

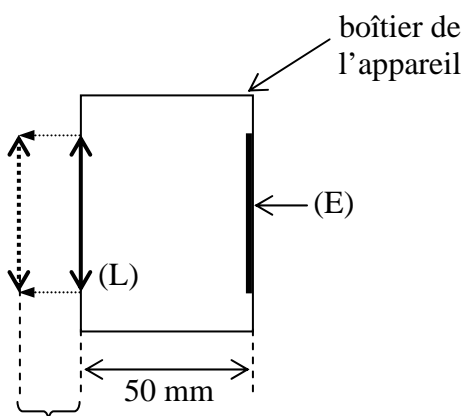
3.2.3. On ne peut pas obtenir la distance OA' nécessaire trouvée au 3.2.2. avec le seul objectif de l'appareil photographique.

Il est toutefois possible d'adapter, entre l'objectif et le boîtier de l'appareil photographique, un ou plusieurs tubes creux appelés « bagues allonges » de longueur d (figure 3 ci-dessous).

Disposant de bagues allonges de longueurs 5 mm , 10 mm et 20 mm , indiquer :

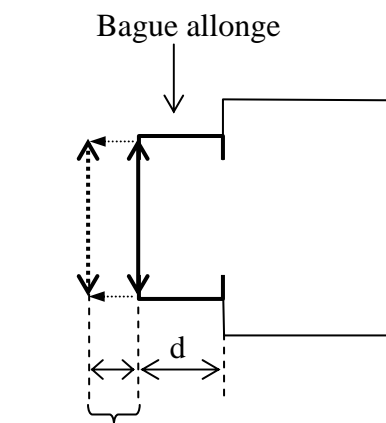
- laquelle ou lesquelles choisir;
- comment procéder pour que l'image de la carte postale soit nette sur la pellicule avec pour grandissement $\gamma = -\frac{1}{4}$.

Les figures ci-dessous ne sont pas représentées à l'échelle.



déplacement maximal de la lentille (L) de 5 mm

figure 2



déplacement de la lentille (L)

figure 3

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE Sujet de SPECIALITE

- I. Etude de la cinétique de la saponification (5,5 points)
- II. Vous avez dit carbone ? (3,5 points)
- III. Etude expérimentale de dipôles : condensateur et bobine (6 points)
- IV. Une carte plein cadre (5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter les différents allègements/aménagements : note de service n° 98-175 du 03.09.1998 (BOEN n° 33 du 10 septembre 1998) et (BOEN n° 12 hors série du 29 octobre 1998), note de service n° 99-168 du 27-10-1999 publiée au BOEN n° 39 du 4 novembre 1999 et BOEN HS n° 8 du 31 août 2000 et **BOEN HS n°3 du 30 août 2001**.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et les compétences à évaluer précisées dans le texte définissant l'épreuve de physique-chimie : arrêté du 12 janvier 1995, fixant le programme de terminale S (BOEN n° 3 du 16 février 1995) et note de service n° 96-223 du 10.09.1996 (BOEN n° 33 du 19 septembre 1996).

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

BOEN HS n°3 du 30 août 2001

I - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE, PHYSIQUE

Dans la partie II, "Systèmes oscillants", supprimer les contenus suivants :

- la rubrique 3.2.1 dans son entier ("Phénomène d'induction. Loi de Lenz. Applications.");

- la rubrique 4.2 dans son entier ("Oscillations entretenues. Apport d'énergie (réaction positive) et limitation de l'amplitude (non linéarité). Retour sur les exemples étudiés, horloge mécanique, oscillateur électrique, effet Larsen").

Supprimer également les compétences exigibles suivantes :

- "Savoir qu'un circuit indéformable qui voit un champ magnétique variable est le siège d'une force électromotrice";

- "Connaître la loi de Lenz".

Supprimer toute la partie III, "Lumière visible et invisible", et les compétences exigibles correspondantes.

II - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ, PHYSIQUE ("IMAGE ET COMMUNICATION")

Dans le chapitre 1, "Formation optique d'une image" :

- supprimer les compétences les "Montrer l'importance du flux lumineux et expliquer le rôle d'un condenseur" et "Montrer qu'à un point objet correspond une tache dont la dimension dépend du système";
- supprimer "Flux lumineux collecté";
- remplacer la compétence "Régler un montage optique simple à deux éléments pour obtenir une image" par "Régler un montage optique simple à deux éléments convergents pour obtenir une image";
- remplacer la compétence "Analyser un montage optique dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux" par "Analyser un montage optique, ne comportant que des lentilles convergentes, dont la description est donnée : le transcrire sous forme d'un schéma, trouver la position des images, donner le trajet d'un pinceau lumineux".

Dans le chapitre 2, "Télécommunications" :

- supprimer les activités expérimentales suivantes :
- "Réaliser un oscillateur électrique et mesurer sa fréquence d'oscillation et son amplitude";
- "Expériences illustrant la transformation d'une information lumineuse en tension ou courant";
- "Photodiode, cellule CCD";
- "Exploitation de l'oscilloscope pour illustrer le fonctionnement de l'écran de télévision : balayage, variation de l'intensité, persistance des impressions lumineuses, synchronisation";
- "Mise en évidence de l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie)";
- "Écran couleur et synthèse additive";
- "Observation à l'oscilloscope d'un signal vidéo simple (exemple : image d'un damier)".
- et supprimer les compétences suivantes :
- "Expliquer le principe de la modulation de fréquence";
- "Connaître les grandes étapes du développement des télécommunications";
- "Connaître les propriétés d'une photodiode (variation de l'intensité avec l'éclairement, domaine de sensibilité en longueur d'onde)";
- "Mettre en évidence l'éclairement périodique d'une zone de l'écran de télévision et du balayage (stroboscopie)";
- "Expliquer le principe de la télévision : pixels, balayage ligne et balayage image (trame, nécessité de la synchronisation)";
- "Expliquer le principe de la télévision couleur : les trois faisceaux, l'écran couleur et la synthèse additive des couleurs";
- "Observer à l'oscilloscope un signal vidéo simple (exemple : image d'un damier)";
- "Expliquer le principe de fonctionnement d'un caméscope : formation d'une image optique sur une mosaïque de cellules CCD, tension de sortie du caméscope reproduisant l'état de chaque cellule".

Rappel : la théorie des filtres et leur étude n'est pas explicitement au programme. La persistance de l'image rétinienne et le principe du cinéma sont étudiés dans le cadre de l'optique.

III - ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE, CHIMIE ("LES MOLÉCULES DE L'HYGIÈNE, DE LA BEAUTÉ ET DE LA SANTÉ")

Dans le chapitre 2, "Acides et bases en solution aqueuse", rubrique 2.4, "Dosage d'un acide faible", supprimer la compétence : "Reconnaître suivant l'allure des courbes de variation de pH les cas : acide faible-base forte et acide fort-base forte".

Dans le chapitre 3, "Notions élémentaires de stéréochimie", rubrique 3.1, "Justification de la géométrie des molécules simples par la méthode VSEPR", supprimer :

- "Distinction entre paires d'électrons libres et paires d'électrons liés";
- "Justification de la géométrie des molécules de type AX₂, AX₃, AX₄, AX₃E, AX₂E₂".

Dans le chapitre 3, "Notions élémentaires de stéréochimie", rubrique 3.2, "Notions de configuration et de conformation", supprimer :

- "Conformations éclipsées et décalées autour d'une liaison simple carbone-carbone : cas de l'éthane et du butane";
- ainsi que la compétence : "Distinguer un isomère de configuration d'un isomère de conformation".

Dans le chapitre 4, "Parfums et savons", rubrique 4.2, "Les savons", supprimer :

- "Intermédiaire tétraédrique dans le mécanisme de la réaction de saponification : propriétés nucléophile de l'ion OH⁻ et électrophile de la fonction ester".
- ainsi que les compétences : "Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène donnent à l'ion OH⁻ un caractère nucléophile" et "Reconnaître le site électrophile de la fonction ester"

Dans le chapitre 5, "Médicaments" :

- supprimer la rubrique 5.1, "Histoire et production industrielle d'un médicament : l'aspirine" dans sa totalité;
- dans la rubrique 5.2, "Synthèse d'un médicament au laboratoire", supprimer l'exemple du chlorure d'acyle dans les réactions de formation des esters et des amides ainsi que les compétences suivantes :
- "Connaître la formule développée d'un chlorure d'acyle";
- "Savoir que la réaction d'un chlorure d'acyle avec un alcool est rapide, donne un ester et peut être quantitative";
- "Écrire et exploiter quantitativement les équations-bilans de formation des amides";
- "Reconnaître la fonction amide dans une chaîne carbonée";
- "À partir de la formule semi-développée d'un amide, retrouver la formule de l'acide carboxylique correspondant et, dans le cas d'un amide monosubstitué, retrouver aussi celle de l'amine";
- "Savoir que les doublets libres de l'atome d'oxygène confèrent aux alcools des propriétés nucléophiles";
- "Savoir que le doublet libre de l'atome d'azote confère aux amines des propriétés nucléophiles";
- "Reconnaître le site électrophile du groupe carbonyle".

IV - ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ, CHIMIE (LES MOLÉCULES DE L'ALIMENTATION)

Dans le chapitre 1, "Espèces ioniques présentes dans les boissons" :

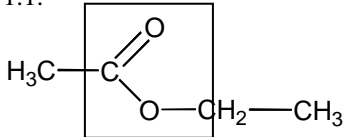
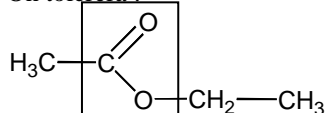
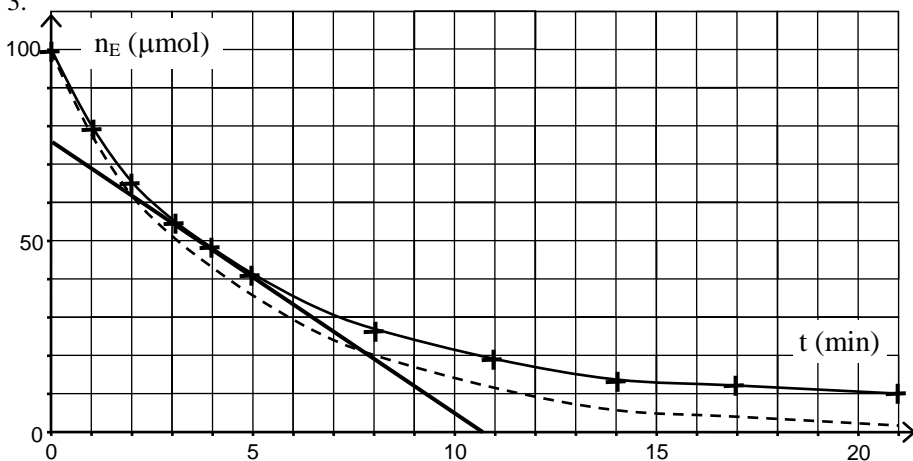
- supprimer :
- l'activité expérimentale "Mises en évidence d'espèces ioniques minérales dissoutes";
- la rubrique "Approfondissements : Réactions d'identification des ions";
- ainsi que les compétences "Savoir identifier les ions suivants : Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Ca²⁺";
- et ajouter "Aucune connaissance n'est exigible sur les méthodes de dosage des ions (en particulier : méthode de Mohr et méthode de Charpentier Volhard)".

Dans le chapitre 2, "Sucres et édulcorants", supprimer :

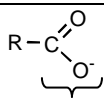
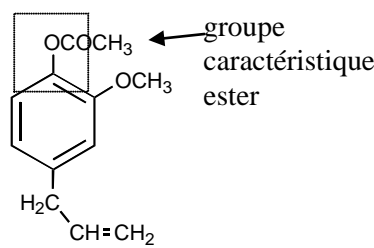
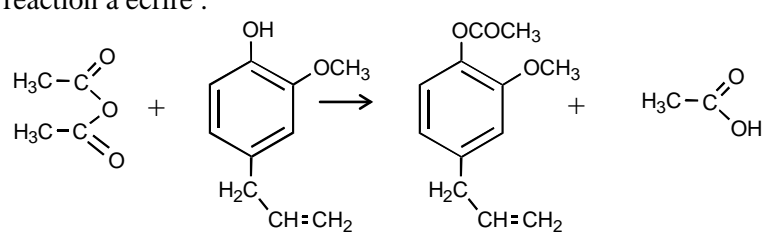
- les activités expérimentales "Dosage d'un ose réducteur", "Étude chimique d'un édulcorant : l'aspartame" et "Le groupement fonctionnel amide";
- la compétence "Savoir réaliser le dosage d'un ose réducteur".

Dans le chapitre 4, "Arômes, colorants et conservateurs", supprimer l'ensemble de la rubrique 4.4, "Synthèse d'un arôme".

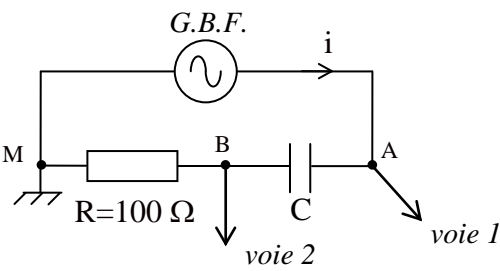
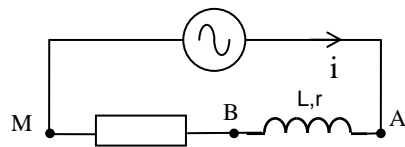
I - ETUDE DE LA CINETIQUE DE LA SAPONIFICATION (5,5 POINTS)

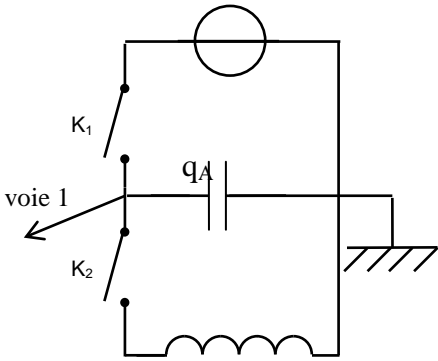
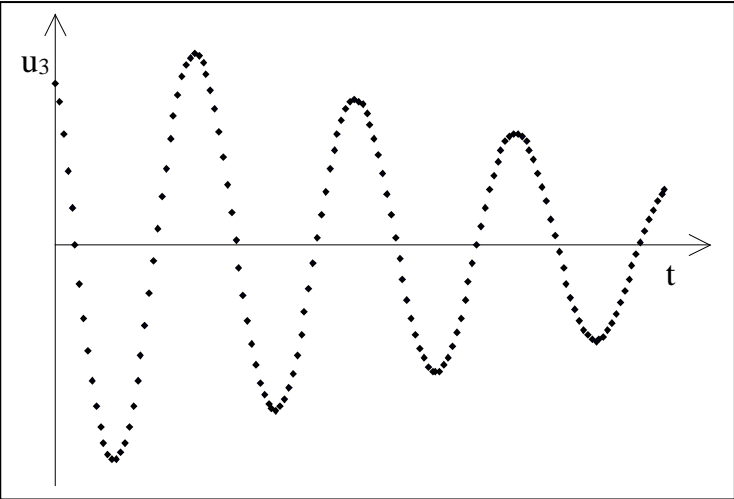
Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.1. 	0,25 + 0,25	0,25 pour le groupe encadré On tolèrera :  0,25 pour le nom
1.2. $\text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + (\text{Na}^+) + \text{HO}^-$ $\longrightarrow (\text{Na}^+) + \text{CH}_3\text{CO}_2^- + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	0,5	Na^+ non exigible - 0,25 si \rightleftharpoons
1.3. éthanoate (ou acétate) de sodium et éthanol	0,25 + 0,25	ou ion éthanoate et éthanol
1.4. totale et lente	0,25	pour les deux
2.1. pipette jaugée 2,0 mL	0,25	aucune autre verrerie n'est acceptée
2.2. Pour stopper la réaction (trempe)	0,25	Le mot "trempe" n'est pas exigé
2.3. $\text{HO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	0,25	
2.4. virage du rose à l'incolore	0,25	
2.5. ajouter de l'eau ne modifie pas la quantité des ions HO^- présents (compte tenu des concentrations utilisées).	0,25	aucun autre commentaire n'est demandé
2.6.1. $n_E = n(\text{HO}^- \text{ restant})$ car réaction mole à mole et initialement mélange équimolaire. Or $n(\text{HO}^- \text{ restant}) = n(\text{H}_3\text{O}^+ \text{ à l'équivalence})$ Donc $n_E = C_A V_{A(E)}$	0,25 0,25	0 si $n_E = n(\text{HO}^- \text{ restant})$ non justifié 0 si $n_E = C_A V_{A(E)}$ seul sans justification
2.6.2. $n_E(t_i) = 5,0 \times 10^{-3} \times 6,0 \times 10^{-3} = 3,0 \times 10^{-5} \text{ mol} = 30 \mu\text{mol}$	0,25	
3. 		barème : 0,5
4.1. On calcule l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t.	0,25	
4.2. la pente de la tangente à la courbe diminue (en valeur absolue) au cours du temps, donc la vitesse diminue au cours du temps. La vitesse diminue au cours du temps car la concentration des réactifs diminue.	0,25 0,25	0 si non justifié
4.3. $v_E(t = 4 \text{ min}) = -\frac{(0 - 76)}{10,7 - 0} \approx \frac{77}{11} \approx 7 \mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1}$	0,25	0 si non justifié
4.4. voir courbe en pointillé ci-dessus. v_E augmentant avec la température, l'état final est atteint plus rapidement.	0,25	

II – AUTOUR DU CARBONE (3,5 POINTS)

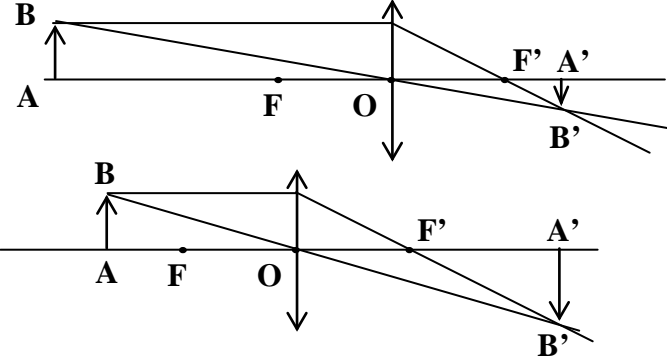
Réponses attendues		Barème	Commentaire
n° des propositions	VRAI ou FAUX	Justifications	
1.	FAUX	* Soit : l'acide propanoïque réagit avec l'éthanol pour donner le propanoate d'éthyle * Soit : pour synthétiser l'éthanoate de propyle à partir d'un acide, il faut que l'acide soit l'acide éthanoïque et/ou que l'alcool soit le propan-1-ol.	0,25 aucune équation-bilan n'est exigée. 0,25 accordé avec : - soit le nom du produit, - soit le nom d'un des 2 réactifs
2.	FAUX	La réaction de formation est: totale, rapide, en général, et exothermique dans le cas des anhydrides d'acide, limitée, lente et athermique dans le cas des acides carboxyliques.	0,25 accepter si une seule caractéristique est donnée et comparée
3.	VRAI	 partie hydrophile	0,25
4.1.	VRAI		0,25 ne pas pénaliser si le carbone du cycle n'est pas compris dans le groupe caractéristique
4.2.	VRAI	réaction à écrire : 	0,5
4.3.	VRAI	même formule brute ; squelette carboné différent	0,5
4.4.	FAUX	A et D ne présentent pas la stéréoisomérie (Z/E) car le C terminal doublement lié dans R-CH = CH ₂ porte deux atomes d'hydrogène ou : si la formule est de type AHC=CHB, isomérisation Z/E si A≠H et B≠H	0,25 : - si A et D ne présentent pas la stéréoisomérisation Z/E - ou si : B présente la stéréoisomérisation Z/E 0,25 pour la justification
5.	FAUX	E ne possède pas de C asymétrique car aucun C (tétraédrique) n'est lié à 4 groupes d'atomes différents.	0,25 0,25
6.	VRAI	Ces deux molécules ne sont pas superposables. Ces 2 molécules sont images l'une de l'autre dans un miroir.	0,25 0,25 aucune représentation n'est demandée

III - ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE DIPÔLES : CONDENSATEUR ET BOBINE (6 POINTS)

Réponses attendues	Barème 6 points	Commentaires
<p>1.1.</p> 	0,25	0 si une erreur
<p>1.2. D'après la loi d'additivité des tensions, on déduit :</p> $u_{AB} = u_1 - u_2$	0,25	0 si la loi n'est pas nommée (loi des mailles acceptée)
<p>1.3. $q_A = C \cdot u_{AB}$. Le graphe 1-a montre qu'à la date t_1, $u_{AB} > 0$ donc $q_A(t_1) > 0$. À la date t_3, $q_A(t_3) < 0$.</p> <p>De t_2 à t_3, le condensateur se charge car la valeur absolue de q_A augmente.</p> <p>De t_4 à t_5, le condensateur se charge</p>	0,25 0,25 0,25 0,25 0,25	-0,25 si pas de justification
<p>1.4. $i = \frac{dq_A}{dt}$ avec $q_A = C u_{AB}$, donc $i = \frac{dq_A}{dt} = C \cdot \frac{du_{AB}}{dt}$ $= C \cdot \dot{u}_{AB}$</p>	0,25	
<p>1.5. Le graphe 1-a montre que u_{AB} diminue de t_1 à t_3 donc, \dot{u}_{AB} est négatif donc i est négatif.</p>	0,25 0,25	
<p>1.6. $u_2 = u_{BM} = R \cdot i$ (R est la valeur de la résistance placée entre M et B) donc la mesure de u_2 et la connaissance de la valeur de R permet le calcul de i : $i = \frac{u_2}{R} = \frac{u_2}{100}$.</p>	0,25	
<p>1.7.1. Le graphe 1-b montre que les points expérimentaux sont alignés sur une droite passant par l'origine : i est donc proportionnel à \dot{u}_{AB}. La relation $i = C \cdot \dot{u}_{AB}$ est vérifiée si C est le coefficient directeur de cette droite.</p>	0,25	toute justification correcte est acceptée
<p>1.7.2. Le coefficient directeur est $C \approx \frac{4 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^3} \approx 10^{-6}$ F.</p>	0,25	
<p>1.7.3. en P, $\dot{u}_{AB} < 0$, donc $u_{AB}(t)$ est décroissante, donc t_P est voisin de t_2</p>	0,25	
<p>2.1.</p> 	0,25	

$u_{AB} = ri + L \frac{di}{dt}$, avec $u_{AB} = u_1 - u_2$ (cf 1.2.), donc $u_1 - u_2 - ri = L \frac{di}{dt}$, soit $u = L \frac{di}{dt}$.	0,25	
<p>2.2. Le graphe 2 montre que les points expérimentaux sont alignés sur une droite passant par l'origine : u est donc proportionnel à $\frac{di}{dt}$.</p> <p>La relation $u = L \frac{di}{dt}$ est vérifiée avec L constante ; L est le coefficient directeur de cette droite. Le coefficient directeur est $L \approx \frac{1,9}{20} \approx 0,1H$</p>	0,25 0,25	
<p>3.1.</p> 	0,5	0,25 pour le schéma 0,25 pour les branchements de l'oscilloscope. Accepter deux interrupteurs ou un interrupteur inverseur. Si R est dans le circuit de décharge : enlever 0,25
<p>3.2.</p>  <p>On observe un phénomène d'oscillations électriques libres et amorties.</p>	0,25 0,25	On acceptera la représentation graphique sans amortissement On acceptera libres et/ou amorties
<p>3.3.</p> <p>La pseudo-période est très voisine de $T_0 = 2.\pi.\sqrt{L.C}$ avec $C \approx 10^{-6} F$ et $L \approx 0,1 H$, donc $T \approx 2 ms$.</p>	0,5	0,25 pour la formule 0,25 pour l'application numérique.

IV.-UNE CARTE PLEIN CADRE (5 POINTS)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$; \overline{OA} est infini : $\overline{OA'} \approx \overline{OF'} \Rightarrow \overline{OA'} \approx +50$ mm	0,25	accepter sans justification à l'aide de la formule de conjugaison
2.1. Le sens de déplacement d'une image est le même que le sens du déplacement de l'objet, donc si l'objet AB se rapproche de la lentille, l'image se forme plus loin de la lentille. Par conséquent la distance lentille – écran augmente. 	0,75	0 si pas de justification 0,5 pour le schéma 0,25 pour la conclusion
2.2.1. $\overline{OA'}_{\max} = 50+5 = 55$ mm. $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$ $\Rightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{55 \cdot 10^{-3}} - \frac{1}{50 \cdot 10^{-3}} = \frac{(50-55) \cdot 10^{-3}}{55 \times 50 \times 10^{-6}}$ $\frac{1}{\overline{OA}} = \frac{-5}{55 \times 50 \times 10^{-3}} \Rightarrow \overline{OA} = \frac{-55 \times 50 \times 10^{-3}}{5} = -550 \times 10^{-3} \text{ m} = -550 \text{ mm}$ $\overline{OA} = -55$ cm	0,75	0,25 pour $\overline{OA'}$ 0,5 pour le calcul de $\overline{OA'}$
2.2.2. $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{55 \times 10^{-3}}{-55 \cdot 10^{-2}} = -1,0 \cdot 10^{-1} = -0,1$	0,5	-0,25 si pas de signe
3.1. $L' = \gamma L = 0,1 \times 15 = 1,5 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$ $\ell' = \gamma \ell = 0,1 \times 10 = 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$	0,5	0,25 par calcul
3.2.1. $\ell' = 24 \text{ mm}$; $L' = 36 \text{ mm}$; $ \gamma = \frac{L'}{L}$ et $ \gamma = \frac{\ell'}{\ell}$ $ \gamma = \frac{24}{100} = 0,24$ $ \gamma = \frac{36}{150} = 0,24$	0,5	
3.2.2. $\gamma = -\frac{1}{4} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Rightarrow \overline{OA'} = -\frac{\overline{OA}}{4}$ $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$ $\Rightarrow -\frac{4}{\overline{OA}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$ $-\frac{5}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$ $\Rightarrow \overline{OA} = -5 \times \overline{OF'} = -5 \times 5 = -25 \text{ cm}$ $\overline{OA'} = -\frac{\overline{OA}}{4} = \frac{25}{4} = 6,25 \text{ cm} = 62,5 \text{ mm}$	1	0,25 pour l'expression de $\overline{OA'}$ en fonction de \overline{OA} 0,5 pour le premier calcul (de \overline{OA} ou de $\overline{OA'}$) 0,25 pour le second calcul accepter 62 ; 62,5 ; 63 mm
3.2.3. On veut $\overline{OA'} = 62,5$ mm, alors que la distance de (L) par rapport à l'écran ne peut pas dépasser 55 mm. Il faut donc rajouter une bague allonge de 10 mm et ajuster : si la distance initiale de (L) / (E) = 55 mm : réduire de 2,5 mm si la distance initiale de (L) / (E) = 50 mm : augmenter de 2,5 mm	0,75	Tout raisonnement cohérent est accepté.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 - COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 7 pages numérotées de 1 à 7, y compris celle-ci. Le **feuillet des annexes** (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, **EST À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Étude de la vitamine C (4 points)
- II. Charge d'un condensateur à l'aide d'une pile (7 points)
- III. Autour du radium (5 points)

L'acide ascorbique, couramment dénommé vitamine C, est un réducteur naturel que l'on qualifie usuellement d'antioxydant. On le trouve dans de nombreux fruits et légumes. Une carence prolongée en vitamine C favorise le scorbut. On a montré que la vitamine C peut prévenir des petits maux quotidiens tels que le rhume ainsi qu'aider dans le traitement de certains cancers.

En pharmacie il est possible de trouver l'acide ascorbique, par exemple sous forme de comprimés « de vitamine C 500 ».

1. Étude de la réaction entre une solution aqueuse d'acide ascorbique et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude)

Pour simplifier, l'acide ascorbique, de formule brute $C_6H_8O_6$, sera désigné par HA dans la suite de l'exercice.

Dans cette étude, on envisage la réaction très rapide entre une solution aqueuse d'acide ascorbique de concentration molaire en soluté apporté $C_A = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté $C_B = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Le volume initial de la solution aqueuse d'acide ascorbique est $V_A = 20,0 \text{ mL}$ et on note V_B le volume de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versée.

1.1. Écrire l'équation traduisant cette réaction.

1.2. On étudie le mélange, à 25°C , lorsque l'on a versé $V_B = 5,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.

1.2.1. Le pH du mélange est alors égal à 4,0. En déduire la concentration en ions oxonium H_3O^+ dans ce mélange.

1.2.2. Calculer la concentration en ions hydroxyde dans ce mélange. En déduire la quantité $n_f(\text{HO}^-)$ d'ions hydroxyde présents à l'état final dans ce mélange.

On donne le produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$.

1.2.3. **DANS L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**, compléter le **TABLEAU 1** descriptif de la réaction chimique entre l'acide ascorbique et les ions hydroxyde. En déduire la valeur numérique de l'avancement final x_f .

1.2.4. La transformation est-elle totale ? La réaction associée à cette transformation peut-elle servir de support au dosage d'une solution aqueuse d'acide ascorbique par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ?

2. Dosage colorimétrique d'un comprimé de vitamine C

On écrase un comprimé de « vitamine C 500 » dans un mortier. On dissout la poudre dans un peu d'eau distillée et l'on introduit l'ensemble dans une fiole jaugée de $100,0 \text{ mL}$; on complète avec de l'eau distillée. Après homogénéisation, on obtient la solution S.

On prélève un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S que l'on dose avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire en soluté apporté $C_B = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ en présence d'un indicateur coloré convenablement choisi. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $V_{BE} = 14,4 \text{ mL}$.

2.1. Représenter un schéma annoté du dispositif pour réaliser ce titrage.

2.2. Quel indicateur coloré doit-on choisir parmi les trois proposés ci-après ? On pourra s'aider de la courbe $\text{pH} = f(V_B)$ donnée **SUR LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE** pour justifier la réponse à cette question. Cette courbe a été obtenue à partir d'un logiciel de simulation, indépendamment des quantités dosées dans l'exercice.

On donne la zone de virage de quelques indicateurs colorés :

indicateur coloré	zone de virage
rouge de méthyle	4,2 - 6,2
bleu de bromophénol	3,0 - 4,6
rouge de crésol	7,2 - 8,8

2.3. Définir l'équivalence.

2.4. Calculer la quantité d'acide ascorbique dans les 10,0 mL de solution titrée en utilisant les données introductives de la question 2.

2.5. En déduire la masse m , en mg, d'acide ascorbique contenu dans un comprimé.

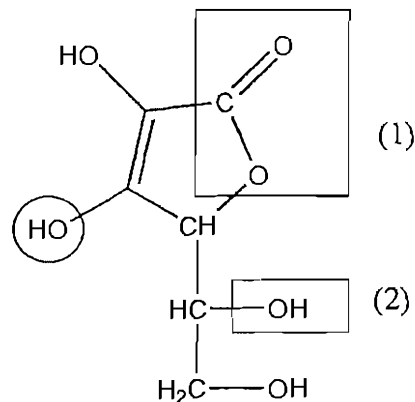
Expliquer l'indication du fabricant « vitamine C 500 ».

On donne les masses molaires atomiques en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$:

$$M(\text{C}) = 12,0 ; M(\text{H}) = 1,0 ; M(\text{O}) = 16,0.$$

3. Étude de la molécule de l'acide ascorbique

La formule semi-développée de l'acide ascorbique est la suivante :



Les propriétés acido-basiques de cette molécule sont dues à l'hydrogène du groupe caractéristique (ou fonctionnel) entouré par un cercle. Cette molécule possède d'autres groupes caractéristiques.

À quelle famille de composés correspondent respectivement les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) encadrés dans la formule de l'acide ascorbique et notés (1) et (2) ?

1. Réalisation de la pile

On souhaite réaliser une pile au laboratoire. Pour cela, on dispose d'une lame de zinc et d'une lame de cuivre ainsi que d'un volume $V_1 = 100 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de sulfate de zinc de concentration molaire en soluté apporté $C_1 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ et d'un volume $V_2 = 100 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre de concentration molaire en soluté apporté $C_2 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ et d'un pont salin.

L'expérience est réalisée à la température de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. À cette température, la constante d'équilibre associée à l'équation : $\text{Cu}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{Zn}_{(\text{s})} = \text{Zn}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{Cu}_{(\text{s})}$ est $K = 4,6 \times 10^{36}$.

La pile ainsi réalisée est placée dans un circuit électrique comportant une résistance et un interrupteur. On ferme ce circuit électrique à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$.

- 1.1. Faire un schéma légendé de cette pile. Compléter le schéma avec la résistance et l'interrupteur.
- 1.2. Déterminer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ du système ainsi constitué à l'instant de date t_0 . En déduire le sens d'évolution spontanée du système.
- 1.3. Pour chaque électrode, écrire la demi-équation correspondant au couple qui intervient.
- 1.4. En déduire, en justifiant la réponse, à quel métal correspond le pôle + de la pile et à quel métal correspond le pôle -.
- 1.5. D'après la théorie, on considère que la pile s'arrête de fonctionner quand le réactif limitant, constitué soit par les ions Cu^{2+} , soit par les ions Zn^{2+} , a été complètement consommé.

En utilisant l'équation de la réaction se produisant à l'une des électrodes, calculer la quantité maximale d'électricité que pourrait théoriquement débiter cette pile.

On donne la constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, la charge électrique élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

2. Charge d'un condensateur

On réalise un circuit électrique en montant en série la pile étudiée précédemment, un condensateur de capacité $C = 330 \text{ } \mu\text{F}$ et un interrupteur K . Le schéma est représenté ci-dessous :

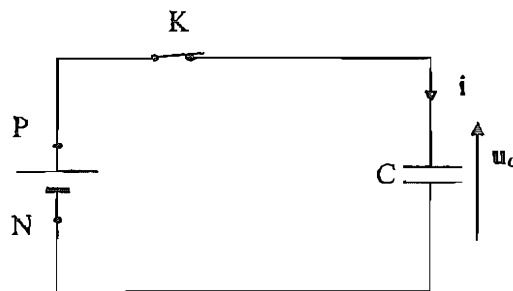


Schéma 1

Pour visualiser l'évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur en fonction du temps, on utilise un dispositif d'acquisition comme un oscilloscope à mémoire ou un ordinateur avec une interface. À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$, on ferme l'interrupteur K et on obtient l'enregistrement $u_c = f(t)$ présenté SUR LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.

Pour interpréter cette courbe, on modélise la pile par l'association en série d'une résistance r et d'un générateur idéal de tension de force électromotrice E .

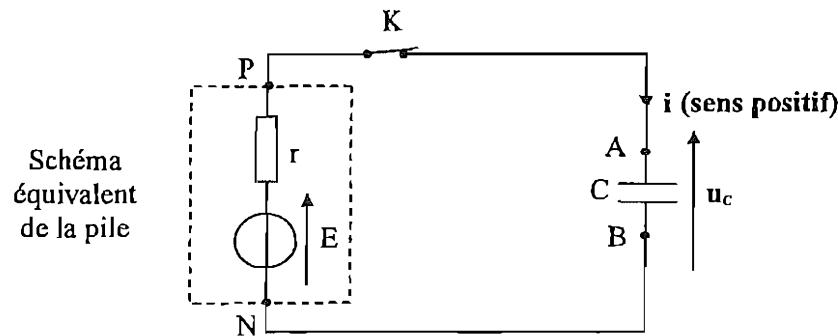


Schéma 2

- 2.1. À l'instant de date $t_1 = 20 \text{ s}$, on considère que le condensateur est chargé complètement. Quelle est la valeur de l'intensité du courant qui circule alors dans le circuit ? La force électromotrice E est la valeur de la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite pas de courant. À partir de l'enregistrement $u_c = f(t)$ SUR LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE, donner la valeur de E .
- 2.2. Détermination de la résistance interne de la pile.
- 2.2.1. Donner l'expression littérale de la constante de temps τ . Justifier que cette grandeur est de même dimension qu'une durée.
- 2.2.2. Déterminer graphiquement la valeur de τ , par la méthode de votre choix qui apparaîtra SUR LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE .
- 2.2.3. En déduire la valeur de la résistance interne r de la pile.
- 2.3. Expression de $u_c(t)$
- 2.3.1. En respectant l'orientation du circuit indiquée sur le schéma 2, donner la relation entre l'intensité i du courant et la charge q portée par l'armature A.
- 2.3.2. Donner la relation entre la charge q et la tension u_c aux bornes du condensateur.
- 2.3.3. Montrer qu'à partir de l'instant de date t_0 où l'on ferme l'interrupteur, la tension u_c vérifie l'équation différentielle suivante : $E = u_c + r \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt}$.
- 2.3.4. La solution générale de cette équation différentielle est de la forme : $u_c(t) = E (1 - e^{-\alpha \cdot t})$. En déduire l'expression littérale de α .

Cet exercice comporte 10 AFFIRMATIONS indépendantes concernant les transformations radioactives.

Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires. À chaque affirmation, vous répondrez donc par VRAI ou FAUX, en justifiant votre choix à l'aide de définitions, de calculs, d'équations de réactions nucléaires, ...

À la fin du $\text{XIX}^{\text{ième}}$ siècle, Pierre et Marie Curie découvrent deux éléments chimiques : le polonium puis le radium.

Marie Curie obtient en 1903 le prix Nobel de physique et, en 1911, celui de chimie.

Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ se désintègre spontanément en émettant une particule α . Le noyau fils est un isotope du radon (Rn). Le radon est un gaz dans les conditions ordinaires de température et de pression.

Le $^{228}_{88}\text{Ra}$ est radioactif β^- .

On rappelle que les données sont en italique.

1. AFFIRMATION : Le noyau de polonium noté $^{208}_{84}\text{Po}$ est composé de 84 neutrons et 124 protons.
2. AFFIRMATION : La masse d'un noyau de radium est égale à la somme des masses de ses nucléons.
3. AFFIRMATION : L'équation de désintégration du radium est $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$
4. AFFIRMATION : Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ et le radon $^{226}_{86}\text{Rn}$ sont isotopes.
5. AFFIRMATION : Puisque le radium ^{228}Ra est radioactif β^- , son noyau fils est donc un noyau de francium.
6. *La demi-vie du radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ est 3,8 jours.*
AFFIRMATION : Au bout de 11,4 jours, le pourcentage de noyaux de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ restant par rapport au nombre initial est de 12,5 % .
7. *Le noyau de radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ est obtenu à partir d'une suite de désintégrations radioactives α et β^- du noyau d'uranium $^{238}_{92}\text{U}$.*
AFFIRMATION : Au cours de ces désintégrations successives deux particules α et trois électrons sont émis.
8. *Un échantillon de « radium 226 » a une activité de $6,0 \times 10^5 \text{ Bq}$.*
AFFIRMATION : $2,0 \times 10^4$ noyaux de radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ se sont désintégrés en une minute.
9. AFFIRMATION : L'énergie libérée par la réaction $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$ est égale à 8 MeV.

10. La teneur en radon ^{222}Rn dans les gaz du sol a été déterminée en mesurant une activité de $3,75 \times 10^3 \text{ Bq}$ par m^3 de gaz prélevé. La constante radioactive λ du radon ^{222}Rn est $2,10 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$.

AFFIRMATION : La quantité de matière en radon ^{222}Rn dans 1 m^3 responsable de cette activité est d'environ $3 \times 10^{-15} \text{ mol}$.

Données :

L'activité A d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations qu'il produit par seconde

$$\text{soit } A(t) = \frac{|\Delta N(t)|}{\Delta t}$$

À un instant de date t , A est proportionnelle au nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs contenus dans

l'échantillon à cet instant et à la constante de radioactivité λ : $A(t) = \frac{|\Delta N(t)|}{\Delta t} = \lambda \times N(t)$.

La particule α est un noyau d'hélium noté ${}^4_2\text{He}$.

Célérité de la lumière dans le vide $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

$1 \text{ an} \approx 3,156 \times 10^7 \text{ s}$

Constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

éléments	symbole	numéro atomique Z
radon	Rn	86
francium	Fr	87
radium	Ra	88
actinium	Ac	89
thorium	Th	90
protactinium	Pa	91

entités	masse en kg
neutron	$1,674\,927 \times 10^{-27}$
proton	$1,672\,621 \times 10^{-27}$
noyau ${}^4_2\text{He}$	$6,644\,65 \times 10^{-27}$
noyau ^{226}Ra	$3,752\,438 \times 10^{-25}$
noyau ^{222}Rn	$3,685\,904 \times 10^{-25}$

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE
OBLIGATOIRE

Série : S

Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-les.
... / ...

*FEUILLET DES ANNEXES
À RENDRE AVEC LA COPIE.*

Tournez la page S.V.P.

TABLEAU 1

équation de la réaction		HA + = +			
état du système	avancement en mol	quantité de matière en mol			
état initial	0	$n_0(\text{HA}) =$			
état final	x_f	$n_f(\text{HA}) =$			

FIGURE 2

Évolution du pH au cours de la réaction entre un volume $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse d'acide ascorbique de concentration molaire en soluté apporté $1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et un volume V_B de solution aqueuse de soude de concentration molaire en soluté apporté $2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

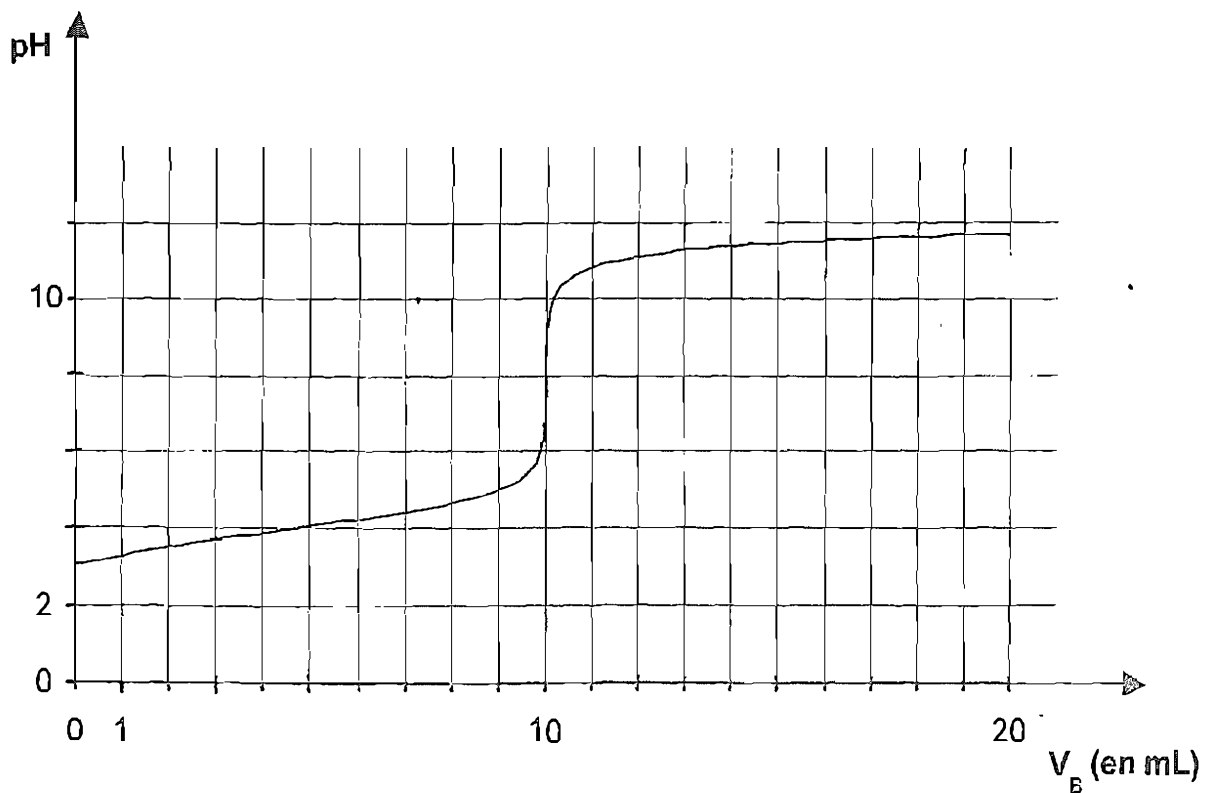
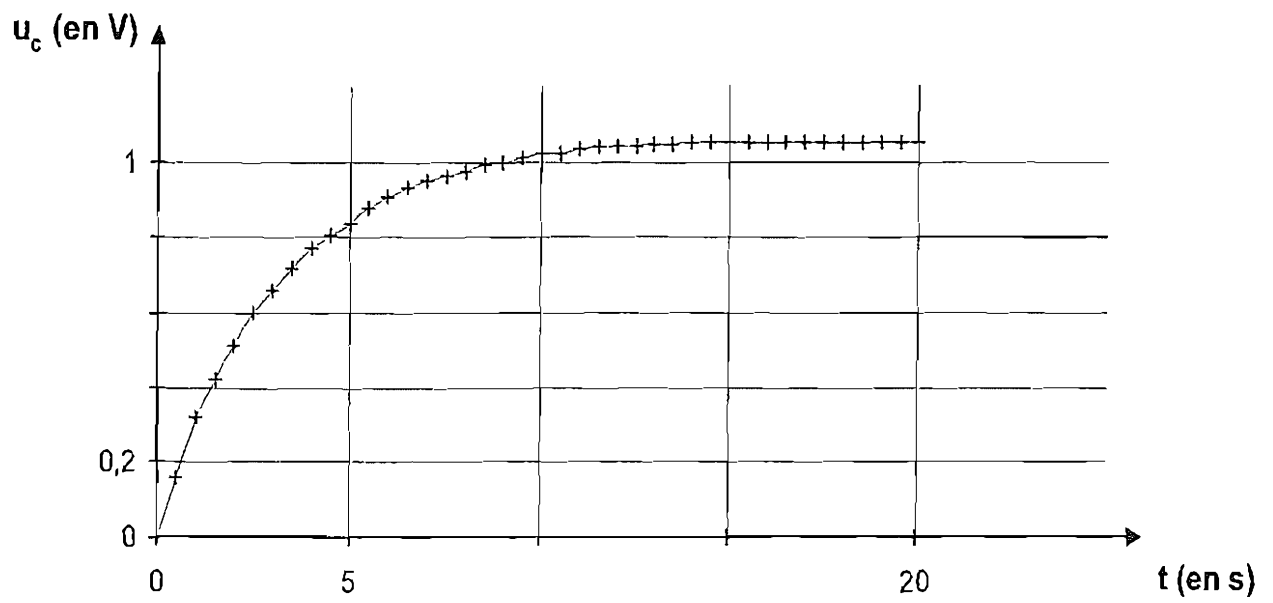


FIGURE 3



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. Étude de la vitamine C (4 points)
- II. Charge d'un condensateur à l'aide d'une pile (7 points)
- III. Autour du radium (5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

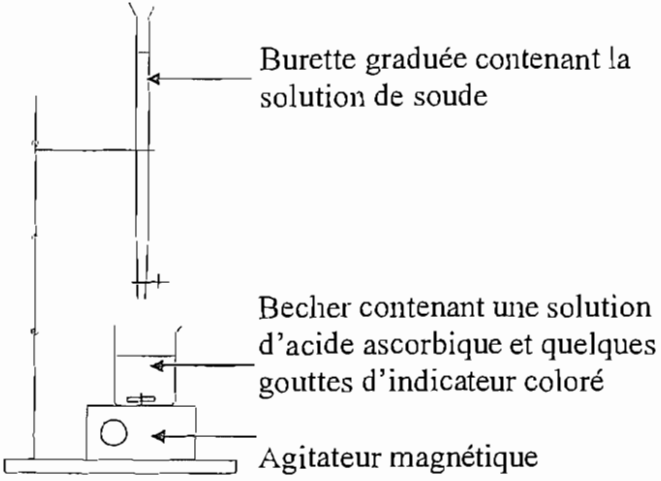
Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

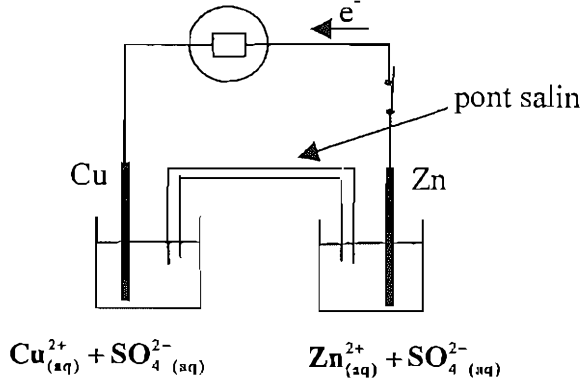
Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. ÉTUDE DE LA VITAMINE C (4 POINTS)

Réponses attendues		Barème	Commentaires
1.1. $\text{HA}_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} = \text{H}_2\text{O} + \text{A}^-_{(\text{aq})}$		0,25	On accepte le signe = ou la flèche simple ou la flèche double la notation (aq) n'est pas exigée.
1.2.1. Pour $\text{pH} = 4,0$ $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$		0,25	
1.2.2. $[\text{HO}^-] = \frac{K_c}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = 1,0 \times 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}$ donc $n_f(\text{HO}^-) = 1,0 \times 10^{-10} \times 25 \times 10^{-3} = 2,5 \times 10^{-12} \text{ mol}$		0,25	0,25 pour l'ensemble des 2 calculs.
1.2.3.			
équation chimique		$\text{HA} + \text{HO}^- = \text{A}^- + \text{H}_2\text{O}$	
état du système	Avancement en mol	quantité de matière en mol	
état initial	2,00	$n_0(\text{HA}) = C_A V_A = 2,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$	$n_0(\text{HO}^-) = C_B V_B = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$
état final	x_f	$n_f(\text{HA}) = C_A V_A - x_f$	$n_f(\text{HO}^-) = C_B V_B - x_f$
		0	excès
		x_f	excès
$x_f = C_B \cdot V_B - n_f(\text{HO}^-) = 1,0 \times 10^{-4} - 2,5 \times 10^{-12} \approx 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$		0,25	0,25 pour les calculs de quantités de matière à l'état initial pour HA et HO ⁻ .
1.2.4. L'avancement maximal x_{max} est calculé en supposant la transformation totale c'est-à-dire quand le réactif limitant a été entièrement consommé. Le réactif limitant est l'ion hydroxyde donc $x_{\text{max}} = C_B \cdot V_B = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ $\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = 1$. La transformation est totale . La réaction peut servir de support au dosage d'une solution aqueuse d'acide ascorbique par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium car elle est totale, très rapide, unique et que le point d'équivalence est facilement décelable.		0,25	Remarque : on acceptera la remarque $n_f(\text{HO}^-) \ll C_B \cdot V_B$: tous les ions HO ⁻ introduits ont été consommés donc la transformation est totale. Le calcul de τ n'est pas exigé.
		0,25	0,25 pour totale et rapide.

<p>2.1.</p>  <p>Burette graduée contenant la solution de soude</p> <p>Becher contenant une solution d'acide ascorbique et quelques gouttes d'indicateur coloré</p> <p>Agitateur magnétique</p>	0,25	
<p>2.2.</p> <p>La zone de virage de l'indicateur coloré doit se trouver dans le saut de pH. Il faut choisir le rouge de crésol.</p>	0,25	
<p>2.3.</p> <p>L'équivalence est atteinte lorsque l'on a changement de réactif limitant</p>	0,25	Toute autre définition est acceptée.
<p>2.4.</p> <p>A l'équivalence $n_f(\text{HA}) = n_0(\text{HA}) - x_f = 0$ et $n_f(\text{HO}^-) = n(\text{HO}^-)_{\text{versé à l'équivalence}} - x_f = 0$ d'où $x_f = n_0(\text{HA}) = n(\text{HO}^-)_{\text{versé à l'équivalence}}$ soit $n_0(\text{HA}) = C_B \cdot V_{BE}$ donc $n_0(\text{HA}) = 2,00 \times 10^{-2} \times 14,4 \times 10^{-3}$ $= 2,88 \times 10^{-4} \text{ mol}$</p>	0,5	0,25 pour l'expression. Le tableau d'avancement n'est pas exigé. $n_0(\text{HA}) = C_B \cdot V_{BE}$ 0,25 pour l'application numérique.
<p>2.5.</p> <p>La masse molaire $M(\text{HA}) = 176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Dans la fiole jaugée de 100,0 mL, la quantité d'acide ascorbique est $10 \times n_0(\text{HA}) = 2,88 \times 10^{-3} \text{ mol}$. La masse d'acide dans un comprimé est :</p> $m = 2,88 \times 10^{-3} \times 176$ $= 507 \text{ mg}$ <p>vitamine « C 500 » : 500 représente la masse en mg d'acide ascorbique dans un comprimé .</p>	0,25 0,25	
<p>3.</p> <p>Le groupe 1 : ester Le groupe 2 : alcool</p>	0,25 0,25	

**EXERCICE II. CHARGE D'UN CONDENSATEUR A L'AIDE D'UNE PILE
(7 POINTS)**

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1.1.</p>  <p align="center"> $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ </p>	0,5	0,25 pour l'association entre les électrodes et les solutions. 0,25 pour le pont salin
<p>1.2. $Q_{r,i} = \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} = \frac{C_1}{C_2} = 1.$</p> <p>$Q_{r,i} < K$ donc la réaction a lieu dans le sens direct :</p> $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Zn}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Cu}_{(\text{s})}$	0,5 0,25	
<p>1.3. À l'électrode de cuivre, on a : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2e^- = \text{Cu}_{(\text{s})}$</p> <p>À l'électrode de zinc, on a : $\text{Zn}_{(\text{s})} = \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2e^-$</p>	0,25 0,25	
<p>1.4. Les électrons quittent la lame de zinc d'après l'équation à l'électrode de zinc. Le pôle + est la lame de cuivre. Le pôle - est la lame de zinc. Les électrons circulent à l'extérieur de la pile du pôle - vers le pôle +.</p>	0,5	0,25 les justifications 0,25 pour les polarités.
<p>1.5. Compte tenu du sens d'évolution spontané du système, l'ion Cu^{2+} est le réactif limitant.</p> $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2e^- = \text{Cu}_{(\text{s})}$ <p>$n(\text{Cu}^{2+}) = C_2 V_2 = 0,10 \text{ mol}$, donc lorsque le réactif limitant est épuisé, la quantité d'électrons transférés est $n(e^-) = 0,20 \text{ mol}$.</p> $Q = n(e^-) N_A e = 1,9 \times 10^4 \text{ C}$	0,25 0,25 0,25	On acceptera toute méthode. Pour le calcul
<p>2.1. En fin de charge, à $t = 20 \text{ s}$, on a $i = 0 \text{ A}$ donc $u_C = E = 1,05 \text{ V}$</p>	0,5	Accepter $1,04 \text{ V} \leq E \leq 1,06 \text{ V}$
<p>2.2.1. $\tau = r \cdot C$</p> $[R] = \frac{[U]}{[I]} \text{ et } [C] = \frac{[Q]}{[U]} = \frac{[I] \cdot [T]}{[U]} \text{ d'où } [RC] = [T]$ <p>$\tau = r \cdot C$ s'exprime en s.</p>	0,25 0,5	Accepter les equations aux dimensions avec les unités

<p>2.2.2. $\tau = 3,0 \text{ s}$ avec la tangente à la courbe à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$. On acceptera la valeur correspondant à la construction correcte de la tangente (entre 2,5 et 3,5).</p>	0,5	On acceptera toute méthode permettant de déterminer τ
<p>2.2.3 $r = \frac{\tau}{C} = \frac{3,2}{330 \times 10^{-6}} = 9,7 \times 10^3 \Omega$ $= \frac{2,8}{330 \times 10^{-6}} = 8,5 \times 10^3 \Omega$</p>	0,25	On acceptera toute valeur de r compatible avec la valeur trouvée 2.2.2
2.3.1. $i = \frac{dq}{dt}$	0,25	
2.3.2. $q = C u_C$	0,25	
<p>2.3.3. $u_C = u_{PN} = E - r i$ $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$ $u_C = E - r C \frac{du_C}{dt}$ $E = u_C + r C \frac{du_C}{dt}$</p>	0,25 0,5	0,25 pour $i = \frac{dq}{dt}$ 0,25 pour $i = C \frac{du_C}{dt}$
<p>2.3.4. $u_C = E (1 - e^{-\alpha \cdot t})$ donc $\frac{du_C}{dt} = E \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot t}$ L'équation différentielle devient : $E = E - E \cdot e^{-\alpha \cdot t} + r \cdot C \cdot E \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot t}$ $0 = E (r \cdot C \cdot \alpha - 1) \cdot e^{-\alpha \cdot t}$ Donc $\alpha = \frac{1}{rC}$.</p>	0,25 0,25 0,25	Pour $\frac{du_C}{dt}$

EXERCICE III. AUTOUR DU RADIUM (5 POINTS)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1. FAUX. Le noyau de polonium $^{208}_{84}\text{Po}$ est composé de 84 protons et de $208-84 = 124$ neutrons.</p>	0,5	
<p>2. FAUX La masse d'un noyau est toujours plus petite que la somme des masses de ses constituants.</p>	0,25	Accepter le calcul $m_{\text{noyau Ra}} < 84 m_p + 124 m_n$
<p>3. VRAI. Il y a conservation du nombre de charges ($88 = 86 + 2$) et du nombre de nucléons ($226 = 222 + 4$).</p>	0,25	0 si une mauvaise réponse.
<p>4. FAUX. Les deux noyaux n'ont pas le même numéro atomique Z.</p>	0,25	
<p>5. FAUX. $^{228}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{228}_{89}\text{X}$ avec X : actinium.</p>	0,5	0,25 pour l'équation 0,25 pour le nom
<p>6. VRAI Au bout de $11,4 = 3 \times 3,8$ jours, le nombre de noyaux restants est $\frac{N_0}{2^3}$. Le pourcentage est $\frac{2^3}{N_0} \times 100 = 12,5\%$.</p>	0,5	On peut utiliser $N = N_0 e^{-\lambda t}$
<p>7. FAUX Au cours de ces désintégrations successives le nombre de charge varie de $92 - 88 = 4$ et le nombre de nucléons varie de $238 - 226 = 12$. Si deux particules α et 3 électrons sont émis, le nombre de charge diminue de $2 \times 2 - 3 = 1$ et le nombre de nucléons diminue de $2 \times 4 + 0 = 8$.</p>	0,75	Tout raisonnement correct est accepté
<p>8. FAUX 1 Bq correspond à 1 désintégration par seconde. En une minute, le nombre de désintégrations est $6,0 \times 10^5 \times 60 = 3,6 \times 10^7$</p>	0,5	AN exacte Définition du Bq <u>non</u> exigée. 0,25 si AN fausse <u>mais</u> traduction correcte de la signification du becquerel
<p>9. FAUX. Le défaut de masse Δm est: $\Delta m = m(\text{Ra}) - m(\text{Rn}) - m(\text{He})$ $\Delta m = 8,8 \times 10^{-30} \text{ kg}$ L'énergie libérée par la réaction est ΔE: $\Delta E = \Delta m c^2$ $\Delta E = 4,9 \text{ MeV}$.</p>	0,75	0,25 pour expression de ΔE 0,5 pour le calcul

10. VRAI.

$$A(t) = \lambda \times N(t)$$

$$N(t) = \frac{A(t)}{\lambda} = 1,79 \times 10^9$$

Soit une quantité de matière :

$$n(t) = \frac{N(t)}{N_A} = \frac{A(t)}{\lambda \cdot N_A} = \frac{1,79 \times 10^9}{6,02 \times 10^{23}} = 2,97 \times 10^{-15} \text{ mol}$$

$$n(t) \approx 3 \times 10^{-15} \text{ mol}$$

0,75

0,25 pour la valeur
de N(t)
0,25 pour
l'expression de n(t)
0,25 pour le calcul

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 7 pages numérotées de 1 à 7, y compris celle-ci. **Le feuillet des annexes** (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, **EST À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Étude d'un médicament (4 points) (spécialité)
- II. Charge d'un condensateur à l'aide d'une pile (7 points)
- III. Autour du radium (5 points)

EXERCICE I. ÉTUDE D'UN MÉDICAMENT (4 POINTS)

Le fer est un élément vital...et toxique pour la santé. Il intervient dans de nombreuses réactions biochimiques et permet, notamment, le transport de l'oxygène par l'hémoglobine des globules rouges.

Cet exercice concerne l'étude d'un médicament qui contient l'élément fer sous forme d'ions fer (II) : Fe^{2+} . Il se présente sous forme de comprimés, dont l'enrobage contient un colorant alimentaire (code E 127) de couleur rose. La notice de ce médicament mentionne la composition quantitative d'un comprimé : « sulfate ferreux sesquihydraté: 256,30 mg soit 80 mg en ions Fe^{2+} ». Nous proposons de vérifier la teneur en élément fer dans ce comprimé.

1. Principe

On effectue un dosage spectrophotométrique des ions $Fe_{(aq)}^{2+}$ contenus dans un comprimé dissous dans l'eau.

En présence d'o-phénanthroline, les ions $Fe_{(aq)}^{2+}$ réagissent avec apparition d'une coloration rouge. La concentration des ions $Fe_{(aq)}^{2+}$ de cette solution peut alors être déterminée par la mesure de son absorbance à une certaine longueur d'onde (ici 500 nm). Il faut préalablement réaliser une échelle de teintes.

Les ions $Fe_{(aq)}^{2+}$ sont facilement oxydés à l'état d'ions fer (III) : $Fe_{(aq)}^{3+}$. Afin d'éviter cette oxydation, on ajoute, dans la solution d'ions $Fe_{(aq)}^{2+}$, un réducteur approprié en excès, l'hydroquinone. L'hydroquinone restante n'absorbe pas à la longueur d'onde de 500 nm et la forme oxydée de l'hydroquinone non plus.

Écrire la demi-équation de réduction de l'ion $Fe_{(aq)}^{3+}$ en ion $Fe_{(aq)}^{2+}$.

2. Préparation de l'échelle de teintes

À partir d'une solution S contenant 20,0 mg d'ions $Fe_{(aq)}^{2+}$ par litre (soit une concentration massique $t = 20,0 \times 10^{-3} \text{ g.L}^{-1}$), on réalise les mélanges présentés dans le tableau, on les complète à 50,0 mL avec de l'eau distillée puis on mesure l'absorbance A de chaque solution obtenue.

mélange n°	1	2	3	4	5	6
volume de solution S (en mL)	25,0	22,5	20,0	17,5	15,0	12,5
volume de solution d'o-phénanthroline (en mL)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
volume d'hydroquinone (en mL)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
volume total (en mL)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
absorbance	1,80	1,60	1,45	1,25	1,05	0,90

Pour réaliser les différents mélanges, on dispose :

- d'une solution d'o-phénanthroline à $0,015 \text{ mol.L}^{-1}$
- d'une solution d'hydroquinone à 1%
- de la verrerie suivante :
 - pipettes jaugées de 1,00 et 2,00 mL ;
 - burette graduée de 25,0 mL ;
 - éprouvettes graduées de 25 et 50 mL ;
 - bechers de 25 ; 50 et 100 mL ;
 - fioles jaugées de 50,0 et 100,0 mL.

2.1. Indiquer la verrerie qu'il faut utiliser pour préparer le mélange n°1.

2.2. Calculer la concentration massique t_1 en ion $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ introduit dans le mélange n°1.

2.3. On veut disposer d'une échelle de teintes indicatrice de la concentration en ions $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ de chaque mélange.

Pourquoi la solution incolore d'o-phénanthroline ne doit-elle pas être introduite en défaut ?

2.4. Le graphe donnant l'évolution de l'absorbance A en fonction de la concentration massique t en ions $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ est représentée **SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE.**

En exploitant ce graphe, donner la relation numérique qui existe entre les grandeurs A et t , en précisant les unités.

3. Détermination expérimentale de la teneur en élément fer

On lave rapidement à l'eau distillée un comprimé de façon à retirer la totalité du colorant. On écrase ensuite ce comprimé dans un mortier. La totalité du comprimé écrasé est introduite dans une fiole jaugée de 1000,0 mL. On complète avec de l'eau distillée et on agite longuement la solution. Soit S_0 la solution incolore obtenue. On réalise ensuite le mélange suivant puis on mesure son absorbance A à 500 nm :

volume de solution S_0 (en mL)	5,00
volume de solution d'o-phénanthroline (en mL)	2,00
volume d'hydroquinone (en mL)	1,00
volume total (en mL)	50,0
absorbance	1,35

3.1. Pourquoi retire-t-on la totalité du colorant avant d'écraser le comprimé ?

3.2. En utilisant le graphe ou la relation établie à la question 2.4., déterminer la concentration massique t'_0 en ion $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ dans le mélange.

En déduire la valeur t_0 de la concentration massique en ion $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ dans la solution S_0 .

3.3. Calculer la masse d'ions $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$ contenue dans un comprimé. Calculer l'écart relatif entre le résultat expérimental et l'indication du fabricant.

On précise que l'écart relatif = $\frac{| \text{valeur indiquée} - \text{valeur expérimentale} |}{\text{valeur indiquée}}$

3.4. D'après la notice, la masse de « sulfate ferreux sesquihydraté » dans un comprimé est de 256,30 mg alors que la masse d'ions Fe^{2+} est de 80 mg. En notant $\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ la formule du sulfate ferreux sesquihydraté, montrer que $x = 1,5$.

Données :

masse molaire en g.mol^{-1} : $M(\text{Fe}) = 55,8$; $M(\text{S}) = 32,1$; $M(\text{O}) = 16,0$; $M(\text{H}) = 1,0$

EXERCICE II. CHARGE D'UN CONDENSATEUR À L'AIDE D'UNE PILE (7 POINTS)

1. Réalisation de la pile

On souhaite réaliser une pile au laboratoire. Pour cela, on dispose d'une lame de zinc et d'une lame de cuivre ainsi que d'un volume $V_1 = 100 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de sulfate de zinc de concentration molaire en soluté apporté $C_1 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ et d'un volume $V_2 = 100 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre de concentration molaire en soluté apporté $C_2 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ et d'un pont salin.

L'expérience est réalisée à la température de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. À cette température, la constante d'équilibre associée à l'équation : $\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + \text{Zn}_{(s)} = \text{Zn}_{(aq)}^{2+} + \text{Cu}_{(s)}$ est $K = 4,6 \times 10^{36}$.

La pile ainsi réalisée est placée dans un circuit électrique comportant une résistance et un interrupteur. On ferme ce circuit électrique à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$.

- 1.1. Faire un schéma légendé de cette pile. Compléter le schéma avec la résistance et l'interrupteur.
- 1.2. Déterminer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ du système ainsi constitué à l'instant de date t_0 . En déduire le sens d'évolution spontanée du système.
- 1.3. Pour chaque électrode, écrire la demi-équation correspondant au couple qui intervient.
- 1.4. En déduire, en justifiant la réponse, à quel métal correspond le pôle + de la pile et à quel métal correspond le pôle -.
- 1.5. D'après la théorie, on considère que la pile s'arrête de fonctionner quand le réactif limitant, constitué soit par les ions Cu^{2+} , soit par les ions Zn^{2+} , a été complètement consommé.

En utilisant l'équation de la réaction se produisant à l'une des électrodes, calculer la quantité maximale d'électricité que pourrait théoriquement débiter cette pile.

On donne la constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, la charge électrique élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

2. Charge d'un condensateur

On réalise un circuit électrique en montant en série la pile étudiée précédemment, un condensateur de capacité $C = 330 \text{ } \mu\text{F}$ et un interrupteur K . Le schéma est représenté ci-dessous :

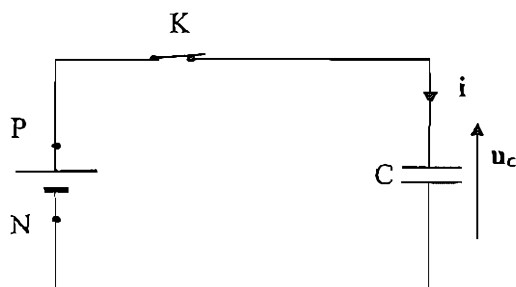


Schéma 1

Pour visualiser l'évolution de la tension u_c aux bornes du condensateur en fonction du temps, on utilise un dispositif d'acquisition comme un oscilloscope à mémoire ou un ordinateur avec une interface. À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$, on ferme l'interrupteur K et on obtient l'enregistrement $u_c = f(t)$ présenté SUR LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.

Pour interpréter cette courbe, on modélise la pile par l'association en série d'une résistance r et d'un générateur idéal de tension de force électromotrice E .

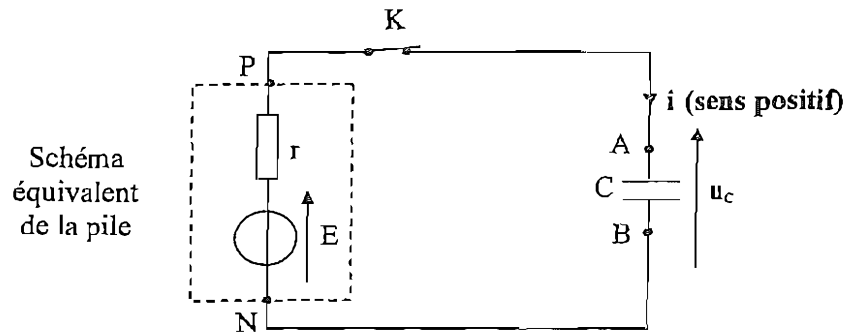


Schéma 2

- 2.1. À l'instant de date $t_1 = 20 \text{ s}$, on considère que le condensateur est chargé complètement. Quelle est la valeur de l'intensité du courant qui circule alors dans le circuit ?
 La force électromotrice E est la valeur de la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite pas de courant.
 À partir de l'enregistrement $u_c = f(t)$ **SUR LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**, donner la valeur de E .
- 2.2. Détermination de la résistance interne de la pile.
- 2.2.1. Donner l'expression littérale de la constante de temps τ . Justifier que cette grandeur est de même dimension qu'une durée.
- 2.2.2. Déterminer graphiquement la valeur de τ , par la méthode de votre choix qui apparaîtra **SUR LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**.
- 2.2.3. En déduire la valeur de la résistance interne r de la pile.
- 2.3. Expression de $u_c(t)$
- 2.3.1. En respectant l'orientation du circuit indiquée sur le schéma 2, donner la relation entre l'intensité i du courant et la charge q portée par l'armature A.
- 2.3.2. Donner la relation entre la charge q et la tension u_c aux bornes du condensateur.
- 2.3.3. Montrer qu'à partir de l'instant de date t_0 où l'on ferme l'interrupteur, la tension u_c vérifie l'équation différentielle suivante : $E = u_c + r \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt}$.
- 2.3.4. La solution générale de cette équation différentielle est de la forme : $u_c(t) = E (1 - e^{-\alpha t})$. En déduire l'expression littérale de α .

EXERCICE III. AUTOUR DU RADIUM (5 POINTS)

Cet exercice comporte 10 AFFIRMATIONS indépendantes concernant les transformations radioactives.

Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires. À chaque affirmation, vous répondrez donc par VRAI ou FAUX, en justifiant votre choix à l'aide de définitions, de calculs, d'équations de réactions nucléaires,...

À la fin du XIX^{ième} siècle, Pierre et Marie Curie découvrent deux éléments chimiques : le polonium puis le radium.

Marie Curie obtient en 1903 le prix Nobel de physique et, en 1911, celui de chimie.

Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ se désintègre spontanément en émettant une particule α . Le noyau fils est un isotope du radon (Rn). Le radon est un gaz dans les conditions ordinaires de température et de pression.

Le $^{228}_{88}\text{Ra}$ est radioactif β^- .

On rappelle que les données sont en italique.

1. AFFIRMATION : Le noyau de polonium noté $^{208}_{84}\text{Po}$ est composé de 84 neutrons et 124 protons.
2. AFFIRMATION : La masse d'un noyau de radium est égale à la somme des masses de ses nucléons.
3. AFFIRMATION : L'équation de désintégration du radium est $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$
4. AFFIRMATION : Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ et le radon $^{226}_{86}\text{Rn}$ sont isotopes.
5. AFFIRMATION : Puisque le radium ^{228}Ra est radioactif β^- , son noyau fils est donc un noyau de francium.
6. *La demi-vie du radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ est 3,8 jours.*
AFFIRMATION : Au bout de 11,4 jours, le pourcentage de noyaux de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ restant par rapport au nombre initial est de 12,5 % .
7. *Le noyau de radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ est obtenu à partir d'une suite de désintégrations radioactives α et β^- du noyau d'uranium $^{238}_{92}\text{U}$.*
AFFIRMATION : Au cours de ces désintégrations successives deux particules α et trois électrons sont émis.
8. *Un échantillon de « radium 226 » a une activité de $6,0 \times 10^5$ Bq.*
AFFIRMATION : $2,0 \times 10^4$ noyaux de radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ se sont désintégrés en une minute.
9. AFFIRMATION : L'énergie libérée par la réaction $^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$ est égale à 8 MeV.

10. La teneur en radon ^{222}Rn dans les gaz du sol a été déterminée en mesurant une activité de $3,75 \times 10^3 \text{ Bq}$ par m^3 de gaz prélevé. La constante radioactive λ du radon ^{222}Rn est $2,10 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$.

AFFIRMATION : La quantité de matière en radon ^{222}Rn dans 1 m^3 responsable de cette activité est d'environ $3 \times 10^{-15} \text{ mol}$.

Données :

L'activité A d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations qu'il produit par seconde

$$\text{soit } A(t) = \frac{|\Delta N(t)|}{\Delta t}$$

À un instant de date t , A est proportionnelle au nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs contenus dans

l'échantillon à cet instant et à la constante de radioactivité λ : $A(t) = \frac{|\Delta N(t)|}{\Delta t} = \lambda \times N(t)$.

La particule α est un noyau d'hélium noté ${}^4_2\text{He}$.

Célérité de la lumière dans le vide $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

$1 \text{ an} = 3,156 \times 10^7 \text{ s}$

Constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

éléments	symbole	numéro atomique Z
radon	Rn	86
francium	Fr	87
radium	Ra	88
actinium	Ac	89
thorium	Th	90
protactinium	Pa	91

entités	masse en kg
neutron	$1,674\,927 \times 10^{-27}$
proton	$1,672\,621 \times 10^{-27}$
noyau ${}^4_2\text{He}$	$6,644\,65 \times 10^{-27}$
noyau ^{226}Ra	$3,752\,438 \times 10^{-25}$
noyau ^{222}Rn	$3,685\,904 \times 10^{-25}$

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE
SPÉCIALITÉ

Série : S

Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-les.
... / ...

***FEUILLET DES ANNEXES
À RENDRE AVEC LA COPIE.***

Tournez la page S.V.P.

FIGURE 1

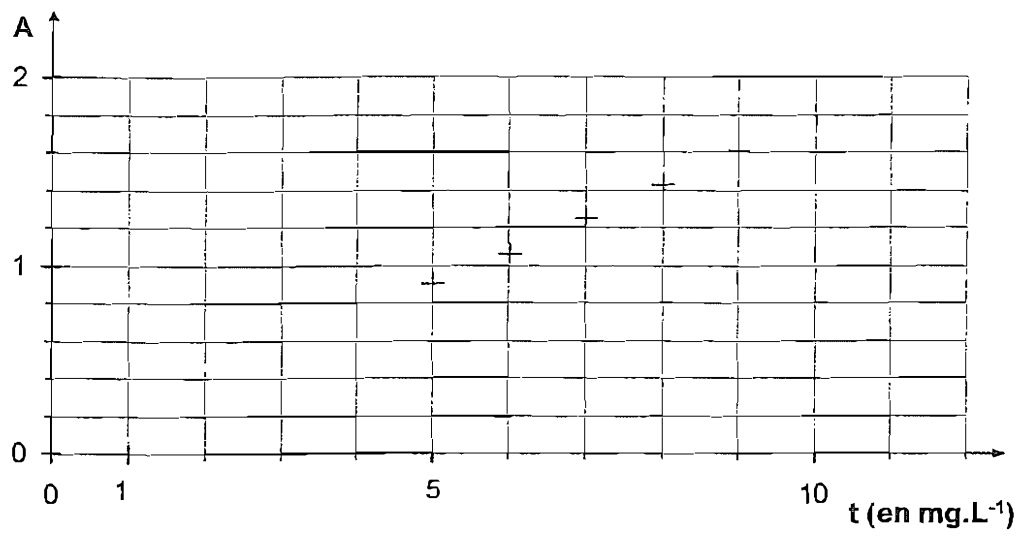
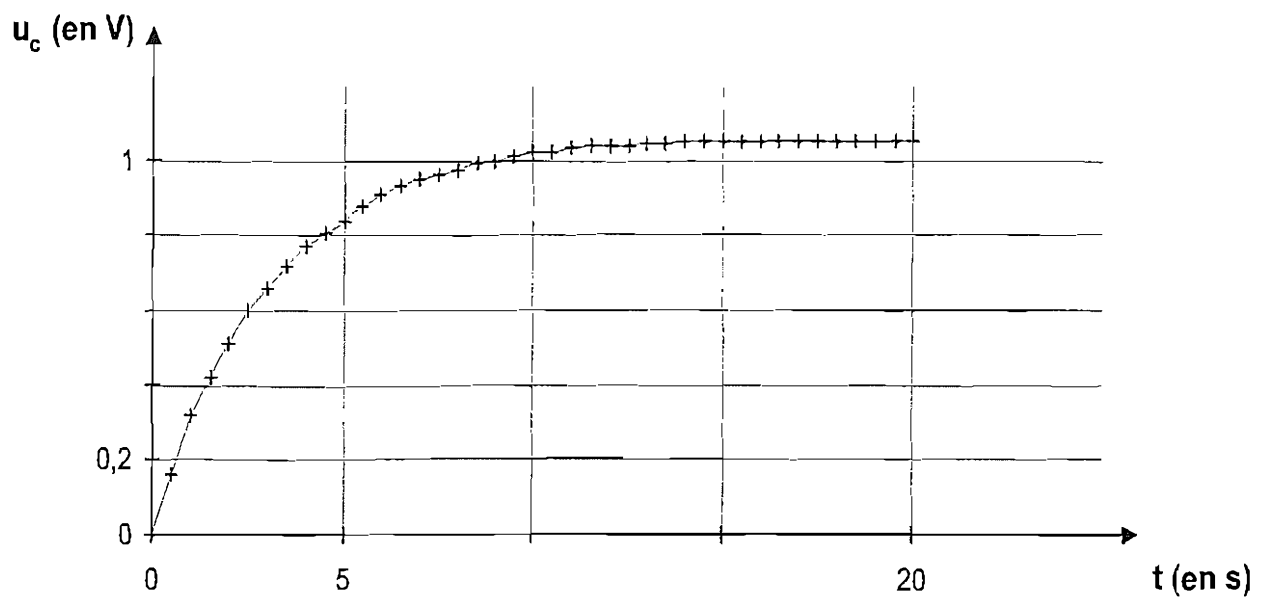


FIGURE 2



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. Étude d'un médicament (4 points) (spécialité)
- II. Charge d'un condensateur à l'aide d'une pile (7 points)
- III. Autour du radium (5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002

- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

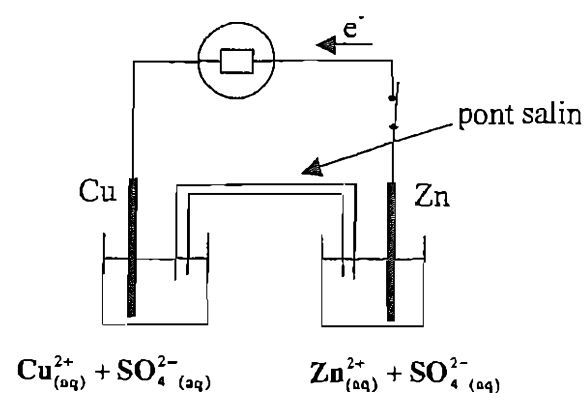
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. ETUDE D'UN MEDICAMENT (4 POINTS)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. $Fe_{(aq)}^{3+} + e^{-} = Fe_{(aq)}^{2+}$	0,25	
2.1 une burette de 25,0 mL pour prélever S, une pipette jaugée de 2,00 mL pour la solution d'o-phénanthroline, une pipette jaugée de 1,00 mL pour la solution d'hydroquinone, une fiole jaugée de 50,0 mL	0,75	- 0,25 pour chaque erreur ou chaque oubli. On accepte que les bechers soient nommés en plus pour le prélèvement de chaque solution.
2.2 La solution est diluée 2 fois donc $t_1 = t/2 = 10,0 \text{ mg.L}^{-1}$	0,25	Les points sont attribués au résultat même sans justificatif
2.3. Il faut que <u>tous</u> les ions Fe^{2+} réagissent avec l'o-phénanthroline pour chercher la relation entre l'absorbance A et la concentration en ions fer (II).	0,25	Toute explication logique est acceptée.
2.4. Le coefficient directeur est $k = 1,80/10,0 = 0,18 \text{ L.mg}^{-1}$ Donc $A = 0,18 \times t$ avec t en mg.L^{-1}	0,5	0,25 pour la valeur 0,25 pour l'unité
3.1. Le colorant est de couleur rose, couleur voisine de celle de la solution contenant des ions $Fe_{(aq)}^{2+}$ et l'o-phénanthroline. Ce colorant absorbe sans doute autour de 500nm et peut donc perturber les mesures.	0,25	
3.2. $t'_0 = A/0,18 = 1,35/0,18 = 7,5 \text{ mg.L}^{-1}$ $t_0 = 10 \times t'_0 = 75 \text{ mg.L}^{-1}$	0,5	0,25 pour le calcul de t'_0 0,25 pour le calcul de t_0 On acceptera, entre 7,5 et 7,8 si on exploite le graphique.
3.3. La masse du fer dans un comprimé est de 75 mg. L'écart relatif est $5/80 = 6\%$.	0,5	0,25 pour le calcul de m. 0,25 pour le calcul de l'écart.
3.4. $n(\text{Fe}) = \frac{256,30 \times 10^{-3}}{55,8 + 32,1 + 4 \times 16 + x \times 18} = \frac{256,30 \times 10^{-3}}{151,9 + 18 \times x} = \frac{80 \cdot 10^{-3}}{55,8}$ On tire $x = 1,49 \approx 1,5$	0,75	Tout raisonnement correct est accepté. 0,25 pour le calcul de n(Fe) 0,25 pour l'expression de n(Fe) avec la masse molaire du sulfate ferreux sesquihydraté 0,25 pour le calcul de x

**EXERCICE II. CHARGE D'UN CONDENSATEUR A L'AIDE D'UNE PILE
(7 POINTS)**

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1.1.</p>  <p align="center"> $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ </p>	0,5	0,25 pour l'association entre les électrodes et les solutions. 0,25 pour le pont salin
<p>1.2. $Q_{r,i} = \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} = \frac{C_1}{C_2} = 1.$ $Q_{r,i} < K$ donc la réaction a lieu dans le sens direct : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Zn}_{(\text{s})} \rightarrow \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Cu}_{(\text{s})}$</p>	0,5 0,25	
<p>1.3. À l'électrode de cuivre, on a : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2e^- = \text{Cu}_{(\text{s})}$ À l'électrode de zinc, on a : $\text{Zn}_{(\text{s})} = \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2e^-$</p>	0,25 0,25	
<p>1.4. Les électrons quittent la lame de zinc d'après l'équation à l'électrode de zinc. Le pôle + est la lame de cuivre. Le pôle - est la lame de zinc. Les électrons circulent à l'extérieur de la pile du pôle - vers le pôle +.</p>	0,5	0,25 les justifications 0,25 pour les polarités.
<p>1.5. Compte tenu du sens d'évolution spontané du système, l'ion Cu^{2+} est le réactif limitant. $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2e^- = \text{Cu}_{(\text{s})}$ $n(\text{Cu}^{2+}) = C_2 V_2 = 0,10 \text{ mol}$, donc lorsque le réactif limitant est épuisé, la quantité d'électrons transférés est $n(e^-) = 0,20 \text{ mol}$. $Q = n(e^-) N_A e = 1,9 \times 10^4 \text{ C}$</p>	0,25 0,25 0,25	On acceptera toute méthode. Pour le calcul
<p>2.1. En fin de charge, à $t = 20 \text{ s}$, on a $i = 0 \text{ A}$ donc $u_C = E = 1,05 \text{ V}$</p>	0,5	Accepter $1,04 \text{ V} \leq E \leq 1,06 \text{ V}$
<p>2.2.1. $\tau = r \cdot C$ $[R] = \frac{[U]}{[I]}$ et $[C] = \frac{[Q]}{[U]} = \frac{[I] \cdot [T]}{[U]}$ d'où $[RC] = [T]$ $\tau = r \cdot C$ s'exprime en s.</p>	0,25 0,5	Accepter les équations aux dimensions avec les unités

2.2.2. $\tau = 3,0 \text{ s}$ avec la tangente à la courbe à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$. On acceptera la valeur correspondant à la construction correcte de la tangente (entre 2,5 et 3,5).	0,5	On acceptera toute méthode permettant de déterminer τ
2.2.3 $r = \frac{\tau}{C} = \frac{3,2}{330 \times 10^{-6}} = 9,7 \times 10^3 \Omega$ $= \frac{2,8}{330 \times 10^{-6}} = 8,5 \times 10^3 \Omega$	0,25	On acceptera toute valeur de r compatible avec la valeur trouvée 2.2.2
2.3.1. $i = \frac{dq}{dt}$	0,25	
2.3.2. $q = C u_C$	0,25	
2.3.3. $u_C = u_{PN} = E - r i$ $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$ $u_C = E - r C \frac{du_C}{dt}$ $E = u_C + r C \frac{du_C}{dt}$	0,25 0,5	0,25 pour $i = \frac{dq}{dt}$ 0,25 pour $i = C \frac{du_C}{dt}$
2.3.4. $u_C = E (1 - e^{-\alpha \cdot t})$ donc $\frac{du_C}{dt} = E \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot t}$ L'équation différentielle devient : $E = E - E \cdot e^{-\alpha \cdot t} + r \cdot C \cdot E \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha \cdot t}$ $0 = E (r \cdot C \cdot \alpha - 1) \cdot e^{-\alpha \cdot t}$ Donc $\alpha = \frac{1}{rC}$.	0,25 0,25 0,25	Pour $\frac{du_C}{dt}$

EXERCICE III. AUTOUR DU RADIUM (5 POINTS)

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1. FAUX. Le noyau de polonium $^{208}_{84}\text{Po}$ est composé de 84 protons et de $208-84 = 124$ neutrons.</p>	0,5	
<p>2. FAUX La masse d'un noyau est toujours plus petite que la somme des masses de ses constituants.</p>	0,25	Accepter le calcul $m_{\text{noyau Ra}} < 84 m_p + 124 m_n$
<p>3. VRAI. Il y a conservation du nombre de charges ($88 = 86 + 2$) et du nombre de nucléons ($226 = 222 + 4$).</p>	0,25	0 si une mauvaise réponse.
<p>4. FAUX. Les deux noyaux n'ont pas le même numéro atomique Z.</p>	0,25	
<p>5. FAUX. $^{228}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{228}_{89}\text{X}$ avec X : actinium.</p>	0,5	0,25 pour l'équation 0,25 pour le nom
<p>6. VRAI Au bout de $11,4 = 3 \times 3,8$ jours, le nombre de noyaux restants est $\frac{N_0}{2^3}$. Le pourcentage est $\frac{2^3}{N_0} \times 100 = 12,5\%$.</p>	0,5	On peut utiliser $N = N_0 e^{-\lambda \cdot t}$
<p>7. FAUX Au cours de ces désintégrations successives le nombre de charge varie de $92 - 88 = 4$ et le nombre de nucléons varie de $238 - 226 = 12$. Si deux particules α et 3 électrons sont émis, le nombre de charge diminue de $2 \times 2 - 3 = 1$ et le nombre de nucléons diminue de $2 \times 4 + 0 = 8$.</p>	0,75	Tout raisonnement correct est accepté
<p>8. FAUX 1 Bq correspond à 1 désintégration par seconde. En une minute, le nombre de désintégrations est $6,0 \times 10^5 \cdot 60 = 3,6 \times 10^7$</p>	0,5	AN exacte Définition du Bq <u>non</u> exigée. 0,25 si AN fausse <u>mais</u> traduction correcte de la signification du becquerel
<p>9. FAUX. Le défaut de masse Δm est: $\Delta m = m(\text{Ra}) - m(\text{Rn}) - m(\text{He})$ $\Delta m = 8,8 \times 10^{-30} \text{ kg}$ L'énergie libérée par la réaction est ΔE: $\Delta E = \Delta m c^2$ $\Delta E = 4,9 \text{ MeV}$.</p>	0,75	0,25 pour expression de ΔE 0,5 pour le calcul

<p>10. VRAI.</p> $A(t) = \lambda \times N(t)$ $N(t) = \frac{A(t)}{\lambda} = 1,79 \times 10^9$ <p>Soit une quantité de matière :</p> $n(t) = \frac{N(t)}{N_A} = \frac{A(t)}{\lambda \cdot N_A} = \frac{1,79 \times 10^9}{6,02 \times 10^{23}} = 2,97 \times 10^{-15} \text{ mol}$ $n(t) \approx 3 \times 10^{-15} \text{ mol}$	0,75	<p>0,25 pour la valeur de N(t) 0,25 pour l'expression de n(t) 0,25 pour le calcul</p>
---	------	---

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. La lumière : une onde (4 points)
- II. L'arôme de banane (6,5 points)
- III. Temps caractéristiques de quelques systèmes (5,5 points)

EXERCICE I. LA LUMIÈRE : UNE ONDE (4 points)

Le texte ci-dessous retrace succinctement l'évolution de quelques idées à propos de la nature de la lumière.

Huyghens (1629-1695) donne à la lumière un caractère ondulatoire par analogie à la propagation des ondes à la surface de l'eau et à la propagation du son.

Pour Huyghens, le caractère ondulatoire de la lumière est fondé sur les faits suivants :

- « le son ne se propage pas dans une enceinte vide d'air tandis que la lumière se propage dans cette même enceinte. La lumière consiste dans un mouvement de la matière qui se trouve entre nous et le corps lumineux, matière qu'il nomme éther ».

- « la lumière s'étend de toutes parts ^① et, quand elle vient de différents endroits, même de tout opposés ^②, les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher ^③ »

- « la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être ^④ par le transport d'une matière, qui depuis cet objet s'en vient jusqu'à nous ainsi qu'une balle ou une flèche traverse l'air ».

Fresnel (1788-1827) s'attaque au problème des ombres et de la propagation rectiligne de la lumière.

Avec des moyens rudimentaires, il découvre et il exploite le phénomène de diffraction.

Il perce un petit trou dans une plaque de cuivre. Grâce à une lentille constituée par une goutte de miel déposée sur le trou, il concentre les rayons solaires sur un fil de fer.

Extraits d'articles parus dans l'ouvrage « Physique et Physiciens » et dans des revues « Sciences et Vie ».

- ① de toutes parts = dans toutes les directions ③ sans s'empêcher = sans se perturber
② de tout opposés = de sens opposés ④ ne saurait être = ne se fait pas

1. QUESTIONS À PROPOS DU DOCUMENT ENCADRÉ

1.1. Texte concernant Huyghens

1.1.1. Quelle erreur commet Huyghens en comparant la propagation de la lumière à celle des ondes mécaniques ?

1.1.2. Citer deux propriétés générales des ondes que l'on peut retrouver dans le texte de Huyghens.

1.2. Texte concernant Fresnel

1.2.1. Fresnel a utilisé les rayons solaires pour réaliser son expérience.

Une telle lumière est-elle monochromatique ou polychromatique ?

1.2.2. Fresnel exploite le phénomène de diffraction de la lumière par un fil de fer.

Le diamètre du fil a-t-il une importance pour observer le phénomène de diffraction ?

Si oui, indiquer quel doit être l'ordre de grandeur de ce diamètre.

2. DIFFRACTION

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ .

À quelques centimètres du laser, on place successivement des fils verticaux de diamètres connus. On désigne par a le diamètre d'un fil.

La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance $D = 1,60$ m des fils.

Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tache centrale.

À partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire θ du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-après).

Figure 1
(Vue du dessus)

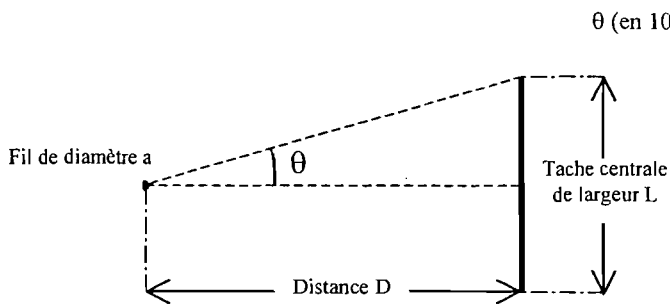
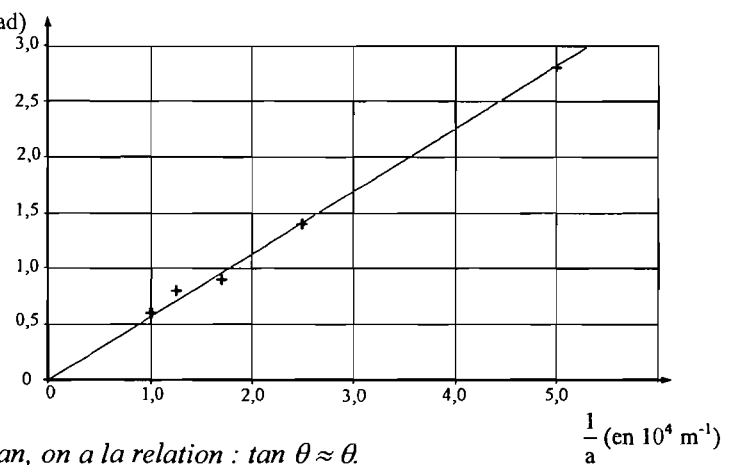


Figure 2



2.1. L'angle θ étant petit, θ étant exprimé en radian, on a la relation : $\tan \theta \approx \theta$.
Donner la relation entre L et D qui a permis de calculer θ pour chacun des fils.

2.2. Donner la relation liant θ , λ et a. Préciser les unités de θ , λ et a.

2.3. On trace la courbe $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$. Celle-ci est donnée sur la figure 2 ci-dessus :

Montrer que la courbe obtenue est en accord avec l'expression de θ donnée à la question 2.2.

2.4. Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée ?

2.5. En utilisant la figure 2, préciser parmi les valeurs de longueurs d'onde proposées ci-dessous, quelle est celle de la lumière utilisée.

560 cm ; 560 mm ; 560 μm ; 560 nm

2.6. Si l'on envisageait de réaliser la même étude expérimentale en utilisant une lumière blanche, on observerait des franges irisées.

En utilisant la réponse donnée à la question 2.2., justifier succinctement l'aspect « irisé » de la figure observée.

3. DISPERSION

Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit.

3.1. Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quel que soit le milieu transparent traversé ?

3.2. Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu homogène transparent, pour une radiation de fréquence donnée.

3.3. Rappeler la définition d'un milieu dispersif.

Pour un tel milieu, l'indice de réfraction dépend-il de la fréquence de la radiation monochromatique qui le traverse ?

3.4. À la traversée d'un prisme, lorsqu'une lumière monochromatique de fréquence donnée passe de l'air (d'indice $n_a = 1$) à du verre (d'indice $n_v > 1$), les angles d'incidence (i_1) et de réfraction (i_2), sont liés par la relation de Descartes-Snell : $\sin(i_1) = n_v \sin(i_2)$

Expliquer succinctement, sans calcul, la phrase : « Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit ».

EXERCICE II. L'ARÔME DE BANANE (6,5 points).

Les parties 1, 2, 3, 4, et 5 sont indépendantes.

L'arôme de banane est dû :

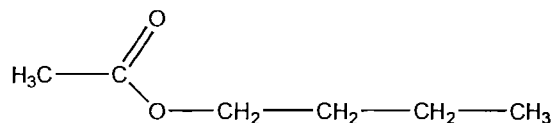
- soit à la présence d'extraits naturels de banane ;
- soit à la présence d'un composé artificiel, l'acétate de butyle (ou éthanoate de butyle).

1. COMPOSÉ NATUREL OU COMPOSÉ ARTIFICIEL ?

Donner une des raisons qui font qu'un industriel puisse plutôt avoir recours à l'utilisation du composé artificiel.

2. QUESTIONS PRÉLIMINAIRES.

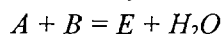
L'acétate de butyle a pour formule semi-développée :



2.1. À quelle famille de composés organiques appartient cette espèce chimique ?

2.2. La synthèse de l'acétate de butyle (E) peut être réalisée à partir d'un acide carboxylique (A) et d'un alcool (B).

L'équation associée à la réaction modélisant la synthèse de E s'écrit :



Parmi les composés cités ci-dessous reconnaître les composés A et B.

Acide carboxylique		Alcool	
acide méthanoïque	HCO_2H	butan-1-ol	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
acide acétique (ou acide éthanoïque)	$\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$	éthanol	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
acide butanoïque	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2\text{H}$	propan-1-ol	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

3. SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE DE BUTYLE AU LABORATOIRE.

On se propose de synthétiser au laboratoire l'acétate de butyle (E) à partir des composés A et B et de réaliser un suivi cinétique de cette synthèse.

Pour cela, dans un becher placé dans un bain d'eau glacée, on introduit :

- un volume $V_A = 5,8 \text{ mL}$ d'acide carboxylique A ;
- un volume $V_B = 9,2 \text{ mL}$ d'alcool B (soit $0,10 \text{ mol}$) ;
- quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Données :

	masse molaire M (en g.mol^{-1})	masse volumique μ (en g.mL^{-1})	température d'ébullition sous pression normale $\theta_{\text{éb}}$ (en $^\circ\text{C}$)
A	60	1,05	118,2
B	74	0,81	117,7
E	116	0,87	126,5
eau	18	1,00	100,0

3.1. Indiquer pourquoi il est nécessaire de placer initialement le becher dans un bain d'eau glacée.

3.2. Justifier succinctement l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique sachant qu'il ne participe pas à la transformation chimique étudiée.

3.3. Le mélange initial {acide + alcool} est équimolaire : la quantité d'acide introduit est égale à 0,10 mole.

En utilisant les données, écrire l'expression littérale permettant de calculer la quantité d'acide carboxylique A introduite dans un volume V_A .

3.4. Déterminer l'avancement maximal de la réaction dans ces conditions. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

4. SUIVI DE LA SYNTHÈSE PAR TITRAGE DE L'ACIDE RESTANT.

On agite le mélange initial et on répartit avec précision le mélange dans 10 tubes à essais placés préalablement dans un bain d'eau glacée ; chaque tube contient ainsi un dixième du volume du mélange initial. On munit chaque tube d'un réfrigérant.

On place ensuite simultanément tous les tubes dans un bain thermostaté à 80°C et on déclenche alors le chronomètre (instant de date $t_0 = 0$ s).

Afin de réaliser un suivi temporel de la synthèse de l'acétate de butyle, on dose, à des dates déterminées, les acides restants (acide sulfurique et acide carboxylique A) dans chacun des tubes par une solution de soude de concentration molaire apportée $c = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$, en présence d'un indicateur coloré. Avant chaque titrage, on plonge le tube dans un bain d'eau glacée.

Une étude préalable a permis de connaître le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide sulfurique présent dans chacun des tubes.

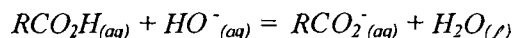
Les résultats expérimentaux des titrages successifs sont donnés ci-dessous. On désigne par V_{eq} le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide carboxylique seul.

t (en min)	0	5	10	15	20	30	45	60	75	90
V_{eq} (en mL)	10,0	6,3	5,0	4,4	4,0	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3

4.1. Quel est le rôle de l'indicateur coloré ?

4.2. Justifier, sans calcul, l'évolution au cours du temps du volume de soude à verser pour atteindre l'équivalence.

4.3. L'équation chimique associée au titrage de l'acide carboxylique seul par la soude est la suivante :



Définir l'équivalence correspondant à ce titrage.

4.4. En raisonnant sur le contenu d'un tube (c'est-à-dire sur un volume égal au dixième du volume du mélange réactionnel initial), exprimer la quantité d'acide carboxylique présent dans un tube à un instant de date t en fonction de c et V_{eq} . Pour la résolution de cette question, le candidat pourra, s'il le souhaite, utiliser un tableau d'avancement.

4.5. Pour la totalité du mélange initialement préparé {5,8 mL d'acide carboxylique A et 9,2 mL d'alcool B} :

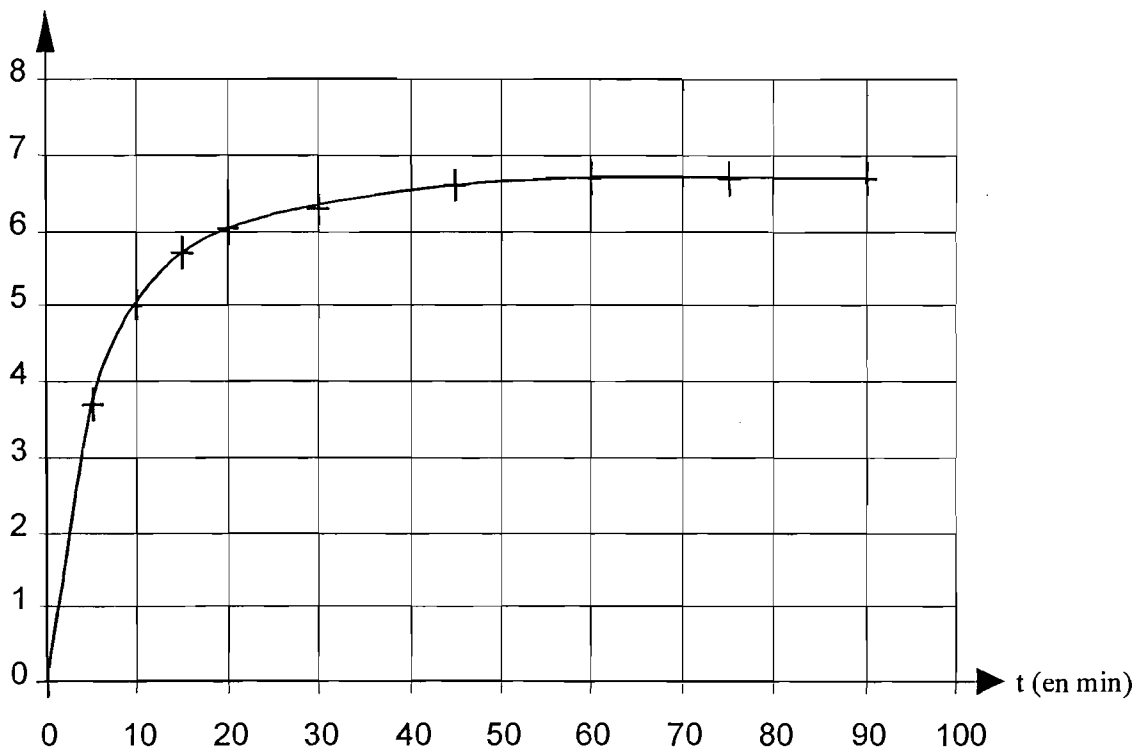
4.5.1. Préciser la relation existant entre l'avancement de la réaction de synthèse de l'ester et la quantité d'ester formé. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

4.5.2. Montrer qu'à une date t donnée, l'avancement de cette réaction de synthèse de l'ester est donné par la relation : $x = 0,10 - 10 \cdot c \cdot V_{eq}$.

5. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE L'AVANCEMENT DE LA SYNTHÈSE ORGANIQUE.

À partir des résultats expérimentaux, il est donc possible de tracer la courbe donnant l'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction de synthèse pour le mélange initial. La courbe est donnée ci-dessous :

x (en 10^{-2} mol)



- 5.1. Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final. En utilisant le résultat de la question 3.4., montrer que le taux d'avancement final est inférieur à 1.
- 5.2. À partir des résultats de la question 5.1. et de l'allure de la courbe $x = f(t)$, justifier chacune des deux propositions suivantes :
 - la transformation chimique est lente ;
 - la transformation chimique n'est pas totale.
- 5.3. Au bout d'une certaine durée, le système chimique est en état d'« équilibre dynamique ». Expliquer cette expression.
- 5.4. *La transformation réalisée est lente et non totale ce qui entraîne deux inconvénients pour cette synthèse.*
 - 5.4.1. À partir des mêmes réactifs (acide carboxylique A et alcool B) et du même catalyseur :
 - indiquer une méthode permettant d'accélérer la synthèse de l'acétate de butyle ;
 - indiquer une méthode permettant d'augmenter le taux d'avancement à l'équilibre.
 - 5.4.2. *Pour synthétiser l'acétate de butyle par une transformation chimique rapide et totale, il est possible de remplacer l'acide carboxylique A par un de ses dérivés.*
Donner son nom et sa formule semi-développée.

EXERCICE III. TEMPS CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES SYSTÈMES (5,5 points)

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes, toutefois l'objectif de cette étude expérimentale consiste, pour trois systèmes différents :

- d'une part, à étudier un « temps » défini comme « temps caractéristique »
- d'autre part, à observer l'influence éventuelle sur ce temps caractéristique :
 - de grandeurs caractéristiques ;
 - de conditions initiales ;
 - de paramètres extérieurs.

Pour chacun des phénomènes, les grandeurs caractéristiques, les conditions initiales et les paramètres extérieurs envisagés sont précisés dans le tableau de données.

1. DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

Un échantillon de matière radioactive est placé dans la chambre d'un photomultiplicateur.

Un détecteur, associé au photomultiplicateur, mesure un nombre d'événements, pendant une durée Δt déterminée.

On trace la courbe d'évolution du nombre d'événements mesuré par seconde (noté x), au cours du temps. Soit x_0 la valeur de x à l'instant choisi pour origine des dates.

On réalise des mesures avec des échantillons de radon $^{220}_{86}\text{Rn}$ et de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ qui sont des émetteurs α . Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1	expérience 2	Expérience 3
Grandeurs caractéristiques du système : nature du noyau	radon 220	radon 220	radon 222
Conditions initiales : population initiale de noyaux radioactifs $N_0 \neq N_0' \neq N_0''$	N_0	N_0'	N_0''
Paramètres extérieurs	Aucune modification des paramètres extérieurs		
Temps caractéristique	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = ?$ (déterminé à la question 1.3.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de x au cours du temps sont représentées à l'annexe page A2 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

- 1.1. Définir le temps de demi-vie (ou demi-vie).
- 1.2. La loi de décroissance radioactive s'écrit sous la forme $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, où :
 - N est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant de date t ,
 - N_0 est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant choisi pour origine des dates $t_0 = 0 \text{ s}$,
 - λ est la constante radioactive.
 En utilisant la définition du temps de demi-vie, établir l'expression de λ en fonction de $t_{1/2}$.
- 1.3. Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-vie. La détermination devra apparaître clairement sur la courbe (3) de l'annexe page A2 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

Pour cette détermination, on admettra que le nombre d'événements détectés par seconde, à l'instant de date t , est proportionnel au nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon, à cette même date.

Pour déterminer le temps de demi-vie, on peut alors utiliser la courbe $x = f(t)$ de la même façon que celle représentant le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon en fonction du temps.
- 1.4. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 1.3. préciser :
 - si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie ;
 - si les conditions initiales ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie.

2. CHARGE D'UN CONDENSATEUR À TRAVERS UN CONDUCTEUR OHMIQUE

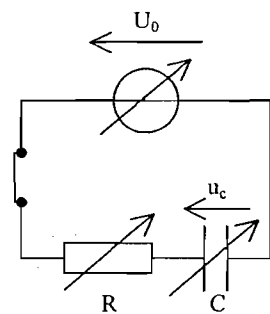
Soit un dipôle RC constitué d'un condensateur de capacité C réglable et d'un conducteur ohmique de résistance R réglable. On étudie la charge du condensateur à travers le conducteur ohmique.

Pour cela, on réalise le montage de la figure ci-contre.

Le générateur délivre, à ses bornes, une tension constante U_0 réglable.

Au cours d'une expérience avec acquisition et traitement informatisés des données, on enregistre les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur au cours du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales. Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :



	expérience 1	expérience 2	expérience 3	expérience 4
Grandeurs caractéristiques du système	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 10 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$
	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 12,5 \text{ }\mu\text{F}$
Conditions initiales : u_C (à $t_0 = 0 \text{ s}$) = $0,0 \text{ V}$	Aucune modification des conditions initiales			
Paramètres extérieurs	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 5,00 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_3 = 0,31 \text{ s}$	$\tau_4 = ?$ (déterminé à la question 2.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la tension u_C au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

- 2.1. Dans le cas de l'expérience 4, déterminer graphiquement par une méthode au choix, la constante de temps du circuit. La méthode sera explicitée et la détermination devra apparaître clairement sur la courbe.
- 2.2. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 2.1., préciser :
 - si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur de la constante de temps ;
 - si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur de la constante de temps.
- 2.3. Plusieurs expressions de la constante de temps τ d'un circuit RC sont proposées ci-dessous :

$$\tau = U_0 RC \quad (1) \quad ; \quad \tau = \frac{U_0}{RC} \quad (2) \quad ; \quad \tau = \frac{R}{C} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{C}{R} \quad (4) \quad ; \quad \tau = RC \quad (5) \quad ; \quad \tau = \sqrt{RC} \quad (6)$$

2.3.1 À partir de l'étude expérimentale précédente, justifier qu'une seule expression est à retenir.

2.3.2 Vérifier par une analyse dimensionnelle l'expression de la constante de temps trouvée à la question 2.3.1.

3. CHUTE AVEC FROTTEMENTS

À partir d'une même position de l'espace, on réalise dans deux fluides différents, la chute verticale sans vitesse initiale de solides de petites dimensions, de même forme, de même volume, mais de masses différentes. On filme la chute et un dispositif informatique permet de tracer la courbe donnant l'évolution de la vitesse v du centre d'inertie du solide en fonction du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales.

Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1 : solide A	expérience 2 : solide A	expérience 3 : solide B
Grandeurs caractéristiques du système	volume V	volume V	volume V
	masse m	masse m	masse m' ($m' \neq m$)
Conditions initiales : Position initiale Vitesse initiale	Aucune modification des conditions initiales		
Paramètres extérieurs	fluide : eau	fluide : détergent	fluide : eau
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,21 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,15 \text{ s}$	$\tau_3 = ?$ (déterminé à la question 3.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la vitesse v au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

- 3.1. Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement le temps caractéristique. La détermination devra apparaître clairement sur la courbe.
- 3.2. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 3.1., préciser :
 - si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps caractéristique ;
 - si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur du temps caractéristique.
- 3.3. Lors de la chute verticale d'un solide dans un fluide, le mouvement comporte deux phases :
 - une première phase correspondant au « régime initial » ;
 - une seconde phase correspondant au « régime asymptotique ».

En justifiant la réponse, préciser sans calcul la nature du mouvement du centre d'inertie du solide en chute :

- au cours du régime initial ;
- au cours du régime asymptotique.

4. BILAN

Sans étude complémentaire, compte-tenu des expériences réalisées et des réponses aux questions 1.4., 2.2 et 3.2., analyser **pour l'ensemble des trois systèmes étudiés**, chacune des propositions données ci-dessous :

- le temps caractéristique dépend des grandeurs caractéristiques du système (proposition 1) ;
- le temps caractéristique dépend des conditions initiales (proposition 2) ;
- le temps caractéristique dépend des paramètres extérieurs (proposition 3).

Si la proposition est vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition juste.

Si la proposition n'est pas vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition fautive.

Si les informations données sont insuffisantes pour conclure, on indiquera : informations insuffisantes.

Aucune justification n'est demandée.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE
OBLIGATOIRE

Série : S

***FEUILLET DE L'ANNEXE
À RENDRE AVEC LA COPIE.***

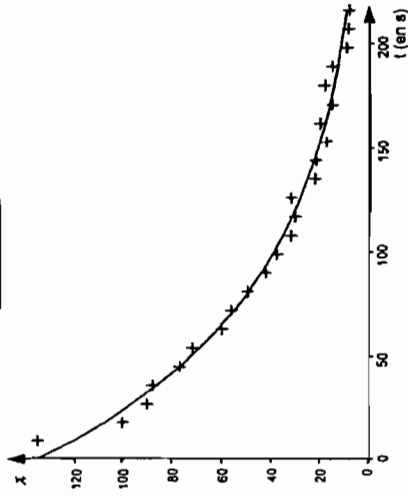
Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-les.
... / ...

Tournez la page S.V.P.

Expérience 2

RADON 220

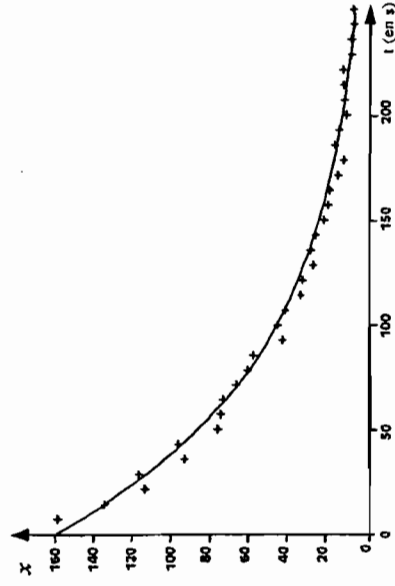
Courbe (1)



Expérience 2

RADON 220

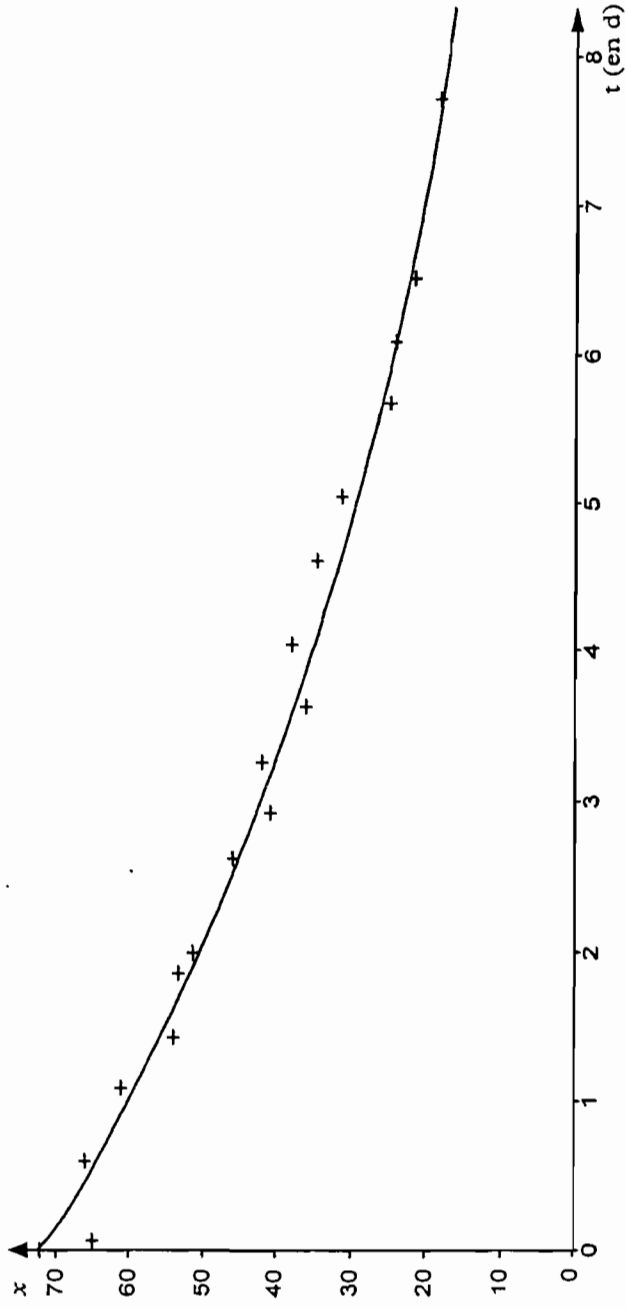
Courbe (2)



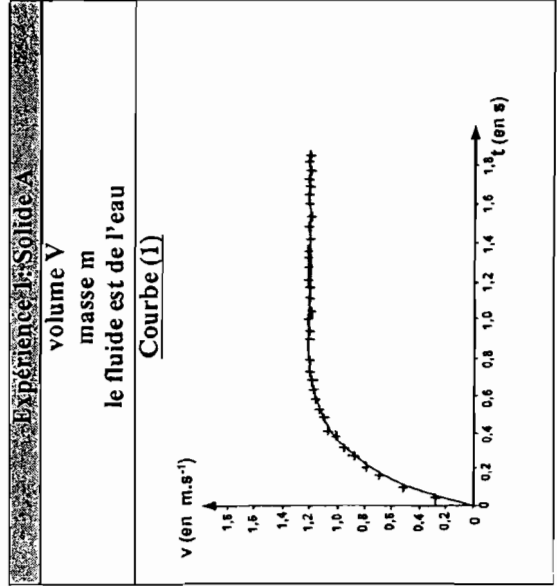
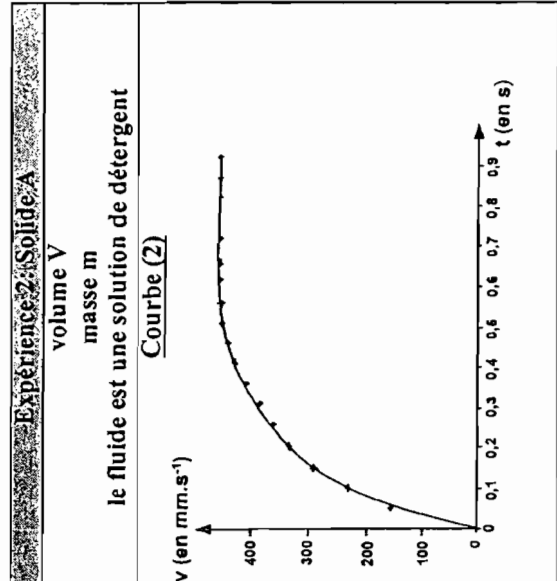
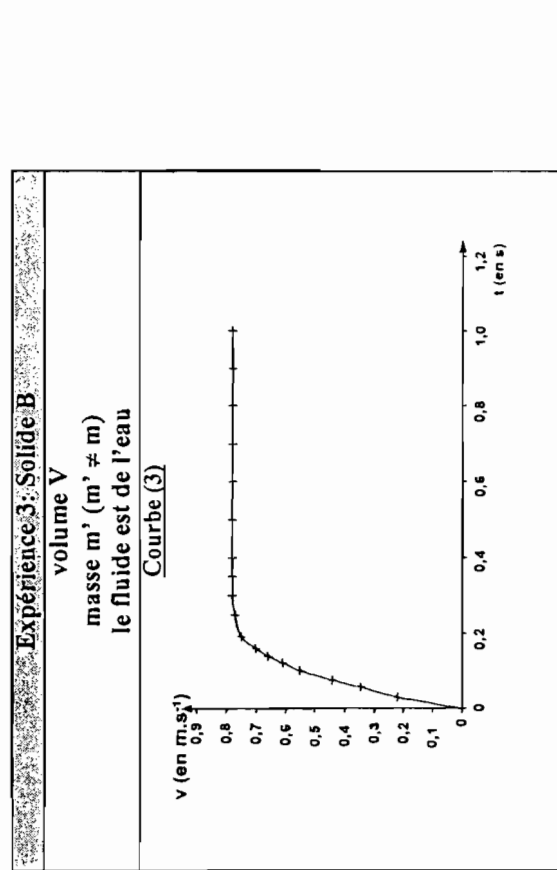
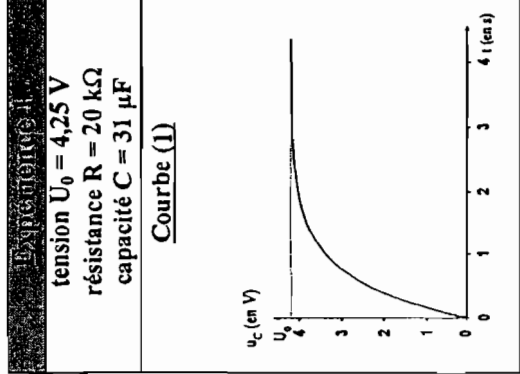
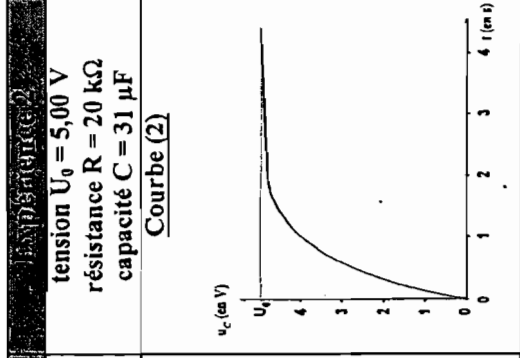
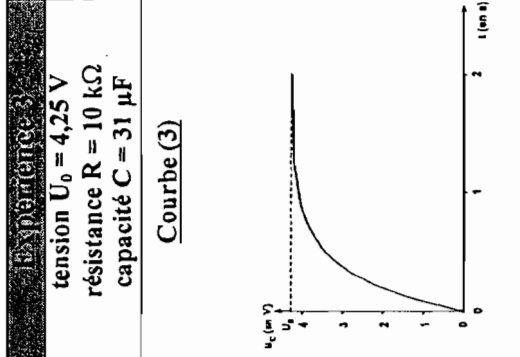
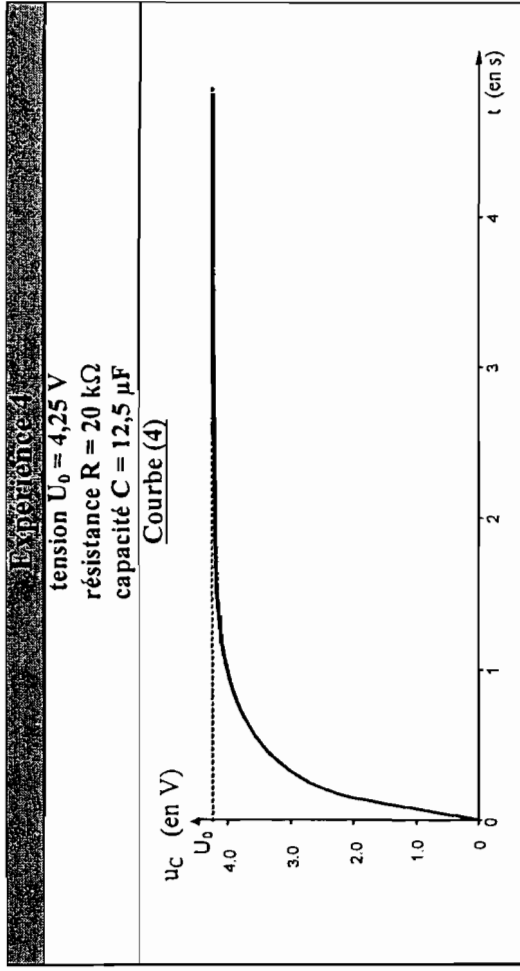
Expérience 3

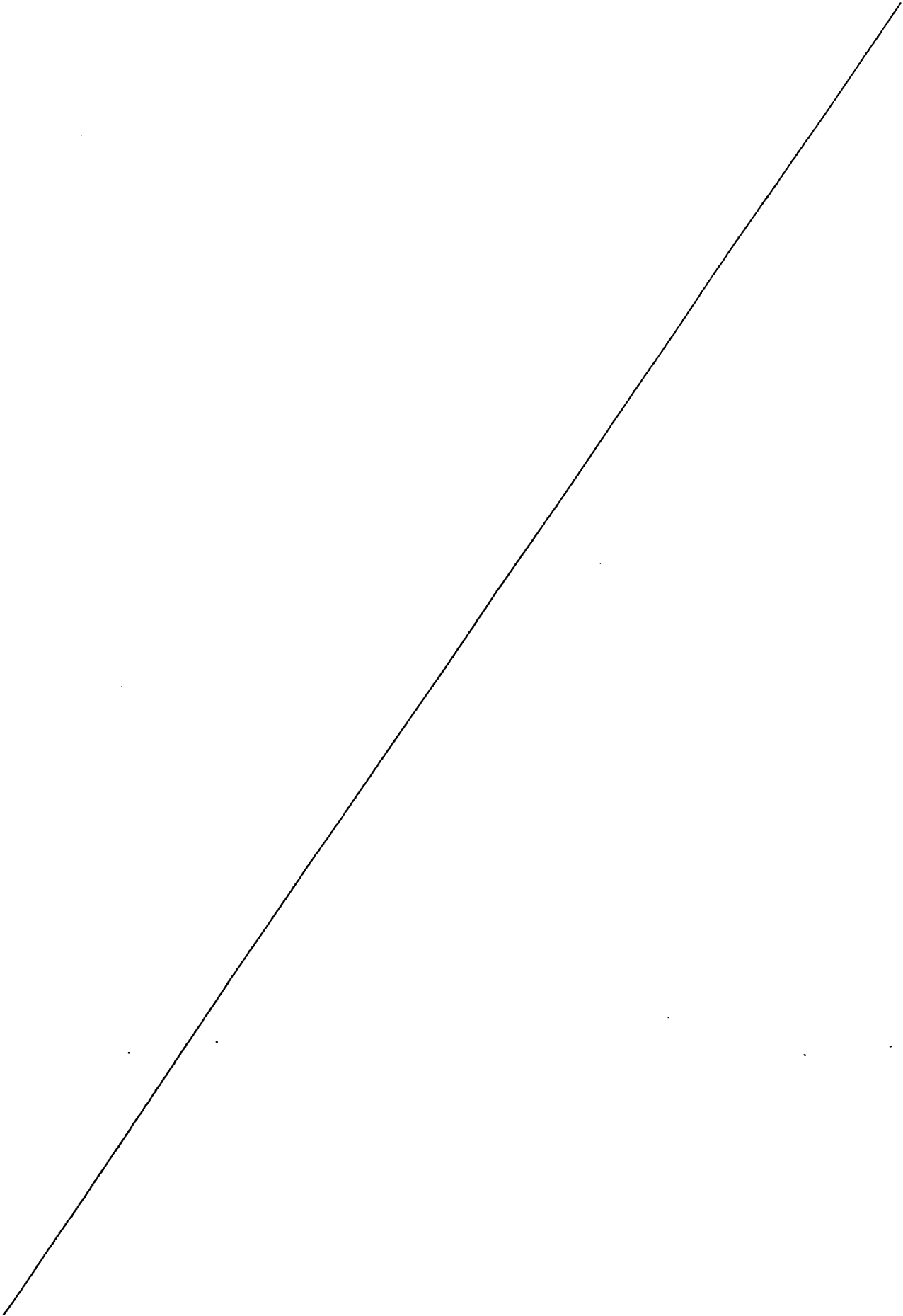
RADON 222

Courbe (3)



d est le symbole du jour





CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. La lumière : une onde (4 points)
- II. L'arôme de banane (6,5 points)
- III. Temps caractéristiques de quelques systèmes (5,5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (**B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001**).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au **B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation. Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Questions à propos du document encadré			
1. 1.1	Dans sa comparaison, Huyghens considère qu'un milieu matériel (qu'il nomme éther) est indispensable à la propagation de la lumière, ce qui n'est pas le cas.	0,25	
1. 1.2.	Les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher. Pas de transport de matière.	0,25	N'en exiger qu'une
1. 2.1.	La lumière solaire est polychromatique	0,25	Aucune justification
1. 2.2.	Oui, le diamètre du fil de fer doit être de l'ordre de grandeur de λ .	0,25	Tout ou rien
2. Diffraction			
2. 1.	$\theta \approx \tan \theta = L / 2D$	0,25	
2.2.	$\theta = \frac{\lambda}{a}$; θ (rad) ; λ (m) ; a (m)	0,25 0,25	Relation Unités (tout ou rien)
2.3.	La courbe est une droite passant par l'origine des axes, donc θ est proportionnel à $\frac{1}{a}$, ce qui est en accord avec la réponse à la question 2.2.	0,25	
2.4.	$\theta = \frac{\lambda}{a}$ donc λ est le coefficient directeur de la droite.	0,25	
2.5.	560 nm	0,25	
2.6	La lumière blanche est une lumière polychromatique ; θ dépend de λ . On observerait la superposition des figures de diffraction de chaque radiation monochromatique, d'où l'aspect irisé (plusieurs couleurs observées)	0,25	Accepter toute explication cohérente
3. Dispersion			
3. 1.	Lumière caractérisée par une fréquence invariante quel que soit le milieu de propagation.	0,25	
3.2.	$n = \frac{c}{v}$	0,25	
3.3 .	Dans un milieu dispersif, la vitesse d'une radiation monochromatique dépend de sa fréquence . L'indice de réfraction dépend de v donc de f.	0,25 0,25	
3 4.	D'après la loi de Descartes-Snell, on peut en déduire : $i_2 = \sin^{-1}\left(\frac{n_a}{n_v} \cdot \sin i_1\right)$; Pour chaque radiation entrant dans le prisme, les grandeurs n_a et i_1 sont identiques, tandis que n_v dépend de la fréquence de chacune des radiations. L'angle i_2 dépend donc de la fréquence de la radiation monochromatique considérée. A chaque radiation monochromatique entrant dans le prisme correspondra un angle i_2 , d'où la dispersion.	0,25	

II. L'ARÔME DE BANANE (6,5 points)

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Composé naturel ou composé artificiel ?			
1.	Coût, rareté de la matière première à certaines saisons, ...	0,25	Toute réponse pertinente est acceptée
2. Questions préliminaires			
2. 1.	Famille des esters	0,25	
2. 2.	acide acétique (acide éthanoïque) : $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ butan-1-ol : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	0,25 0,25	
3. Synthèse de l'acétate de butyle au laboratoire			
3.1.	Pour que la réaction ne se produise pratiquement pas avant que le becher ne soit placé dans le bain thermostaté.	0,25	
3. 2.	Accélérer la réaction ; catalyseur	0,25	Accepter accélérer ou catalyseur
3.3.	$n_{A \text{ introduit}} = \frac{\mu \times V}{M}$	0,25	Aucun calcul attendu
3. 4.	D'après les conditions stœchiométriques : $x_{\text{max}} = n_{A \text{ introduit}} \text{ (ou } n_{B \text{ introduit}}) = 0,10 \text{ mol}$	0,25	
4. Suivi de la synthèse par titrage de l'acide restant			
4. 1.	L'indicateur coloré permet de déterminer l'équivalence.	0,25	
4. 2.	Au début, V_{eq} diminue car la quantité d'acide acétique restant diminue, donc le volume de soude nécessaire pour le doser aussi. À partir de 60 min, $V_{\text{eq}} = \text{cste}$ car la quantité d'acide acétique reste constante donc le volume de soude nécessaire pour le doser aussi.	0,25 0,25	
4. 3.	L'équivalence est définie comme l'état du système dans lequel, le réactif titré devient le réactif limitant. Ou : L'équivalence est définie comme l'état du système dans lequel réactif titré et réactif titrant sont tous les deux intégralement consommés.	0,25	Toute réponse pertinente est acceptée
4.4.	D'après l'équation chimique du titrage, $n(\text{RCO}_2\text{H})_{\text{présent à } t} = n(\text{HO}^-)_{\text{eq}} = c \cdot V_{\text{eq}}$	0,25	
4.5.1.	$x = n(\text{ester})_{\text{formé à } t}$	0,25	
4. 5.2.	Les titrages sont effectués dans l'un des 10 tubes, donc sur seulement 1/10 du mélange initial. Ainsi, pour le mélange initial : $x = n(\text{RCO}_2\text{H})_{\text{ayant réagi pendant } t \text{ pour le mélange initial}}$ $= n(\text{RCO}_2\text{H})_i - 10 \times n(\text{RCO}_2\text{H})_{\text{restant à } t}$ L'avancement correspond à : $x = 0,10 - 10 c V_{\text{eq}}$	0,25 0,25	
5. Evolution temporelle de l'avancement de la synthèse organique			
5. 1.	Graphiquement : $x_f = 6,7 \times 10^{-2} \text{ mol}$ Par définition : $\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$. Comme $x_f < x_{\text{max}}$, on en déduit que $\tau < 1,0$.	0,25 0,25	Accepter x_f compris entre $6,6 \times 10^{-2}$ et $6,8 \times 10^{-2}$
5.2.	Il faut une certaine durée, environ 60 min pour que x_f soit atteint, la transformation chimique est qualifiée de lente. Le taux d'avancement final étant inférieur à 1, la transformation chimique n'est donc pas totale.	0,25 0,25	

5.3.	<p>État d'équilibre : la composition du système chimique n'évolue plus.</p> <p>Dynamique : les réactions (d'estérification et d'hydrolyse) coexistent et ont des vitesses identiques.</p>	0,25 0,25	Tout ou rien.
5.4.1.	<p><u>Accélérer la synthèse</u> : élever la température</p> <p><u>Augmenter le taux d'avancement à l'équilibre</u> : excès d'un des réactifs (ou élimination d'un produit).</p>	0,25 0,25	
5.4.2.	<p>Anhydride acétique (anhydride éthanoïque)</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \\ \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{O} \end{array}$	0,25 0,25	

III. EVOLUTION TEMPORELLE DE QUELQUES SYSTEMES (5,5 points)

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Décroissance radioactive			
1.1.	Le temps de demi-vie est la durée au bout de laquelle il reste $N = N_0/2$ noyaux radioactifs. ou : Le temps de demi-vie est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents se sont désintégrés.	0,25	Accepter la définition faisant appel à l'activité.
1.2.	$N = \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}; \lambda = \frac{\ln 2}{t \frac{1}{2}}$	0,25	
1.3	Tracé sur la courbe (3) $t_{1/2} = 3,8 \text{ d}$	0,25 0,25	Accepter toute valeur de $t_{1/2}$ exacte par rapport au tracé.
1.4.	Pour un même noyau (courbes 1 et 2) : $t_{1/2}$ est le même. Pour des noyaux différents (courbes 1 et 3) : les $t_{1/2}$ sont différents, donc, les grandeurs caractéristiques (nature du noyau) ont une influence sur le temps de demi-vie. Pour un même noyau (courbes 1 et 2), mais pour des conditions initiales différentes ($N_0 \neq N'_0$), $t_{1/2}$ est le même : donc les conditions initiales n'ont pas d'influence sur le temps de demi-vie	0,25 0,25	Les deux réponses doivent être justifiées.
2. Charge d'un condensateur à travers un conducteur ohmique			
2.1.	Tracé sur courbe (3) : $\tau = 0,2 \text{ s}$ ou $0,3 \text{ s}$.	0,25 0,25	Accepter toute valeur de τ exacte par rapport au tracé.
2.2.	Pour un même U_0 , mais des valeurs différentes de R et de C (courbes 1 et 3 d'une part ; 1 et 4 d'autre part), la constante de temps est différente : les grandeurs caractéristiques R et C ont une influence sur la constante de temps. Pour R et C identiques, mais U_0 différent (courbes 1 et 2), la constante de temps est la même : le paramètre extérieur U_0 n'a pas d'influence sur la constante de temps.	0,25 0,25	Les deux réponses doivent être justifiées.
2.3.1	- U_0 n'a aucune influence sur la constante de temps (exp 1 et 2), on élimine (1) et (2). - Si R diminue, τ diminue (exp 1 et 3), on élimine (4) et (2). - Si C diminue, τ diminue (exp 1 et 4), on élimine (3) et (2). - Si R est divisé par 2, τ est divisé par 2, on élimine (6). La seule solution est $\tau = RC$	0,25 0,25 0,25	
2.3.2	Expression (5) $[RC] = [R] [C] = \frac{[U]}{[I]} \frac{[I] \times [T]}{[U]} = [T]$ Expression correcte	0,25	Accepter l'équation aux dimensions avec les unités.

3. Chute avec frottement

3.1.	<p>Tracé sur courbe (3) :</p> <p>$\tau = 0,1 \text{ s}$</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>Intersection de la tangente à $t = 0$ et de l'asymptote. Accepter toute valeur de τ exacte par rapport au tracé.</p>
3.2.	<p>Pour des objets de masses différentes dans un même fluide (courbes 1 et 3) : les τ sont différents. La grandeur caractéristique m a donc une influence sur le temps caractéristique.</p> <p>Pour un même objet dans deux fluides différents (courbes 1 et 2) : les τ sont différents. Le paramètre extérieur « nature du fluide » a donc une influence sur le temps caractéristique.</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	
3.3.	<p>Régime initial : la vitesse croît au cours du temps : le mouvement est rectiligne accéléré.</p> <p>Régime asymptotique : la vitesse reste constante au cours du temps : le mouvement est rectiligne uniforme.</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	
4. Bilan			
	<p>Proposition 1 : juste</p> <p>Proposition 2 : informations insuffisantes</p> <p>Proposition 3 : informations insuffisantes</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>Accepter une erreur pour P2 ou P3</p>

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

Le feuillet de l'annexe A (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Le microscope optique (4 points) (spécialité)
- II. L'arôme de banane (6,5 points)
- III. Temps caractéristiques de quelques systèmes (5,5 points)

EXERCICE 1. LE MICROSCOPE OPTIQUE (4 points)

Le texte ci-dessous, extrait d'un ouvrage de vulgarisation scientifique, donne une description sommaire du microscope.

« La partie optique du microscope se compose d'un oculaire et d'un objectif. L'oculaire est une lentille près de laquelle on applique l'œil ; l'objectif se trouve très près de l'objet. On place l'objet à une distance légèrement supérieure à la distance focale de l'objectif. Dans l'espace compris entre l'oculaire et l'objectif se forme une image renversée et grossie de l'objet. Il faut que cette image se situe entre l'oculaire et son foyer, car l'oculaire joue le rôle de loupe à travers laquelle on examine l'objet. On démontre que le grossissement du microscope est égal au produit des grossissements de l'oculaire et de l'objectif, pris séparément (...) Le microscope ne permet pas de discerner les détails d'un objet inférieurs au micromètre. Les détails de l'ordre du millimètre sont discernables à l'œil nu.

D'après : *La physique à la portée de tous*, de Alexandre Kitaïgorodski (professeur et docteur ès sciences et mathématiques).

1. QUESTIONS À PROPOS DU TEXTE

- 1.1. Est-il possible d'observer à l'œil nu des cellules d'épiderme d'oignon dont les dimensions sont de quelques dizaines de micromètres ? La réponse sera justifiée.
- 1.2. Faire un schéma, sans souci d'échelle, du microscope décrit dans le texte. Aucune construction de rayons lumineux n'est demandée. Sur ce schéma, figureront en particulier : l'objectif (L_1), l'oculaire (L_2), les centres optiques O_1 et O_2 respectivement des lentilles (L_1) et (L_2), les foyers objet et image de chacune d'elles, un objet (AB), A étant sur l'axe optique, l'image intermédiaire (A_1B_1) de cet objet et l'œil.
- 1.3. Dans le texte, l'auteur mentionne le terme « image intermédiaire ». Pour quelle lentille joue-t-elle le rôle d'objet ? Pour quelle lentille joue-t-elle le rôle d'image ?

2. MODÉLISATION D'UN MICROSCOPE

On modélise un microscope à l'aide de deux lentilles minces convergentes :

- l'objectif (L_1) de centre optique O_1 , de foyer objet F_1 et de foyer image F'_1 , de distance focale $f_1 = 2,0$ cm ;
- l'oculaire (L_2) de centre optique O_2 , de foyer objet F_2 et de foyer image F'_2 , de distance focale $f_2 = 4,0$ cm.

Les deux lentilles ont même axe optique et $O_1O_2 = 14,0$ cm.

Un objet plan (AB) perpendiculaire à l'axe optique est placé en avant de la lentille (L_1).

Le point A de l'objet appartient à l'axe optique. La lentille (L_1) donne de l'objet (AB) une image (A_1B_1).

La lentille (L_2) permet d'obtenir l'image définitive (A_2B_2).

Pour ne pas fatiguer l'œil, l'image définitive doit se former à l'infini. Les lentilles (L_1) et (L_2) étant fixes l'une par rapport à l'autre, il est donc nécessaire de trouver la position de l'objet permettant de faire une observation dans ces conditions.

2.1. Rôle de l'oculaire

2.1.1 Justifier à partir d'une relation de conjugaison, le fait que l'image intermédiaire se forme nécessairement au niveau du foyer objet de l'oculaire. On appellera (A_2B_2) l'image définitive.

2.1.2 Sur la figure 1 donnée à l'annexe page A4 À **RENDRE AVEC LA COPIE**, sont représentés l'oculaire, ainsi que l'image intermédiaire (A_1B_1) . La figure est réalisée à l'échelle 1/1 sauf pour (A_1B_1) qui est représentée sans souci d'échelle.

- Placer les foyers F_2 et F'_2 ;
- construire la marche du faisceau lumineux délimité par les deux rayons lumineux représentés sur la figure 1 de l'annexe page A4 À **RENDRE AVEC LA COPIE** ;
- en déduire où se trouve l'image définitive (A_2B_2) .

2.2. Rôle de l'objectif

Sur la figure 2 donnée à l'annexe page A4 À **RENDRE AVEC LA COPIE**, sont représentés l'objectif avec ses foyers objet et image, ainsi que l'image intermédiaire (A_1B_1) . La figure est réalisée à l'échelle 1/1 sauf pour (A_1B_1) qui est représentée sans souci d'échelle.

2.2.1 Construire l'objet (AB) .

2.2.2 Définir le grandissement γ_{ob} de l'objectif. Montrer, en utilisant la construction graphique, qu'il est de l'ordre de : - 4.

2.3. Grossissement du microscope

Le grossissement G du microscope peut être calculé à partir du grandissement γ_{ob} de l'objectif et du grossissement G_{oc} de l'oculaire par la relation : $G = |\gamma_{ob}| \cdot G_{oc}$

2.3.1. Dans le texte donné en début d'exercice, il est fait référence au grossissement du microscope. En tenant compte de la définition donnée ci-dessus, indiquer quel abus de langage fréquent figure dans le texte.

2.3.2. On se propose d'utiliser le microscope modélisé pour observer des cellules d'épiderme d'oignon de dimension $80 \mu\text{m}$.

Le grossissement du microscope modélisé vaut $G = 25$.

Ce grossissement est donné par la relation $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ où :

- α désigne le diamètre apparent de l'objet observé à l'œil nu, à 25 cm de cet objet ;
- α' désigne le diamètre apparent de l'image définitive (A_2B_2) formée à l'infini.

Dans le cas d'une cellule d'épiderme d'oignon, $\alpha = 3,2 \times 10^{-4} \text{ rad}$.

Calculer la valeur du diamètre apparent α' pour une cellule d'épiderme d'oignon observée à travers le microscope modélisé.

2.3.3. On considère que deux points d'un objet sont aisément discernables à l'œil nu, s'ils sont observés sous un diamètre apparent supérieur ou égal à $4 \times 10^{-3} \text{ rad}$.

Le microscope modélisé permet-il d'observer une cellule d'épiderme d'oignon ? Justifier.

EXERCICE II. L'ARÔME DE BANANE (6,5 points)

Les parties 1, 2, 3, 4, et 5 sont indépendantes.

L'arôme de banane est dû :

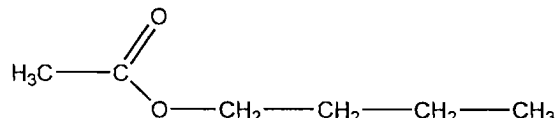
- soit à la présence d'extraits naturels de banane ;
- soit à la présence d'un composé artificiel, l'acétate de butyle (ou éthanoate de butyle).

1. COMPOSÉ NATUREL OU COMPOSÉ ARTIFICIEL ?

Donner une des raisons qui font qu'un industriel puisse plutôt avoir recours à l'utilisation du composé artificiel.

2. QUESTIONS PRÉLIMINAIRES.

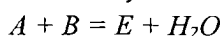
L'acétate de butyle a pour formule semi-développée :



2.1. À quelle famille de composés organiques appartient cette espèce chimique ?

2.2. La synthèse de l'acétate de butyle (E) peut être réalisée à partir d'un acide carboxylique (A) et d'un alcool (B).

L'équation associée à la réaction modélisant la synthèse de E s'écrit :



Parmi les composés cités ci-dessous reconnaître les composés A et B.

Acide carboxylique		Alcool	
acide méthanoïque	HCO_2H	butan-1-ol	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
acide acétique (ou acide éthanoïque)	$\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$	éthanol	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
acide butanoïque	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO}_2\text{H}$	propan-1-ol	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

3. SYNTHÈSE DE L'ACÉTATE DE BUTYLE AU LABORATOIRE.

On se propose de synthétiser au laboratoire l'acétate de butyle (E) à partir des composés A et B et de réaliser un suivi cinétique de cette synthèse.

Pour cela, dans un becher placé dans un bain d'eau glacée, on introduit :

- un volume $V_A = 5,8 \text{ mL}$ d'acide carboxylique A ;
- un volume $V_B = 9,2 \text{ mL}$ d'alcool B (soit $0,10 \text{ mol}$) ;
- quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Données :

	masse molaire M (en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	masse volumique μ (en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	température d'ébullition sous pression normale θ_{eb} (en $^\circ\text{C}$)
A	60	1,05	118,2
B	74	0,81	117,7
E	116	0,87	126,5
eau	18	1,00	100,0

3.1. Indiquer pourquoi il est nécessaire de placer initialement le becher dans un bain d'eau glacée.

3.2. Justifier succinctement l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique sachant qu'il ne participe pas à la transformation chimique étudiée.

3.3. Le mélange initial {acide + alcool} est équimolaire : la quantité d'acide introduit est égale à 0,10 mole.

En utilisant les données, écrire l'expression littérale permettant de calculer la quantité d'acide carboxylique A introduite dans un volume V_A .

3.4. Déterminer l'avancement maximal de la réaction dans ces conditions. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

4. SUIVI DE LA SYNTHÈSE PAR TITRAGE DE L'ACIDE RESTANT.

On agite le mélange initial et on répartit avec précision le mélange dans 10 tubes à essais placés préalablement dans un bain d'eau glacée ; chaque tube contient ainsi un dixième du volume du mélange initial. On munit chaque tube d'un réfrigérant.

On place ensuite simultanément tous les tubes dans un bain thermostaté à 80°C et on déclenche alors le chronomètre (instant de date $t_0 = 0$ s).

Afin de réaliser un suivi temporel de la synthèse de l'acétate de butyle, on dose, à des dates déterminées, les acides restants (acide sulfurique et acide carboxylique A) dans chacun des tubes par une solution de soude de concentration molaire apportée $c = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$, en présence d'un indicateur coloré. Avant chaque titrage, on plonge le tube dans un bain d'eau glacée.

Une étude préalable a permis de connaître le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide sulfurique présent dans chacun des tubes.

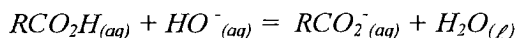
Les résultats expérimentaux des titrages successifs sont donnés ci-dessous. On désigne par V_{eq} le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide carboxylique seul.

t (en min)	0	5	10	15	20	30	45	60	75	90
V_{eq} (en mL)	10,0	6,3	5,0	4,4	4,0	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3

4.1. Quel est le rôle de l'indicateur coloré ?

4.2. Justifier, sans calcul, l'évolution au cours du temps du volume de soude à verser pour atteindre l'équivalence.

4.3. L'équation chimique associée au titrage de l'acide carboxylique seul par la soude est la suivante :



Définir l'équivalence correspondant à ce titrage.

4.4. En raisonnant sur le contenu d'un tube (c'est-à-dire sur un volume égal au dixième du volume du mélange réactionnel initial), exprimer la quantité d'acide carboxylique présent dans un tube à un instant de date t en fonction de c et V_{eq} . Pour la résolution de cette question, le candidat pourra, s'il le souhaite, utiliser un tableau d'avancement.

4.5. Pour la totalité du mélange initialement préparé {5,8 mL d'acide carboxylique A et 9,2 mL d'alcool B} :

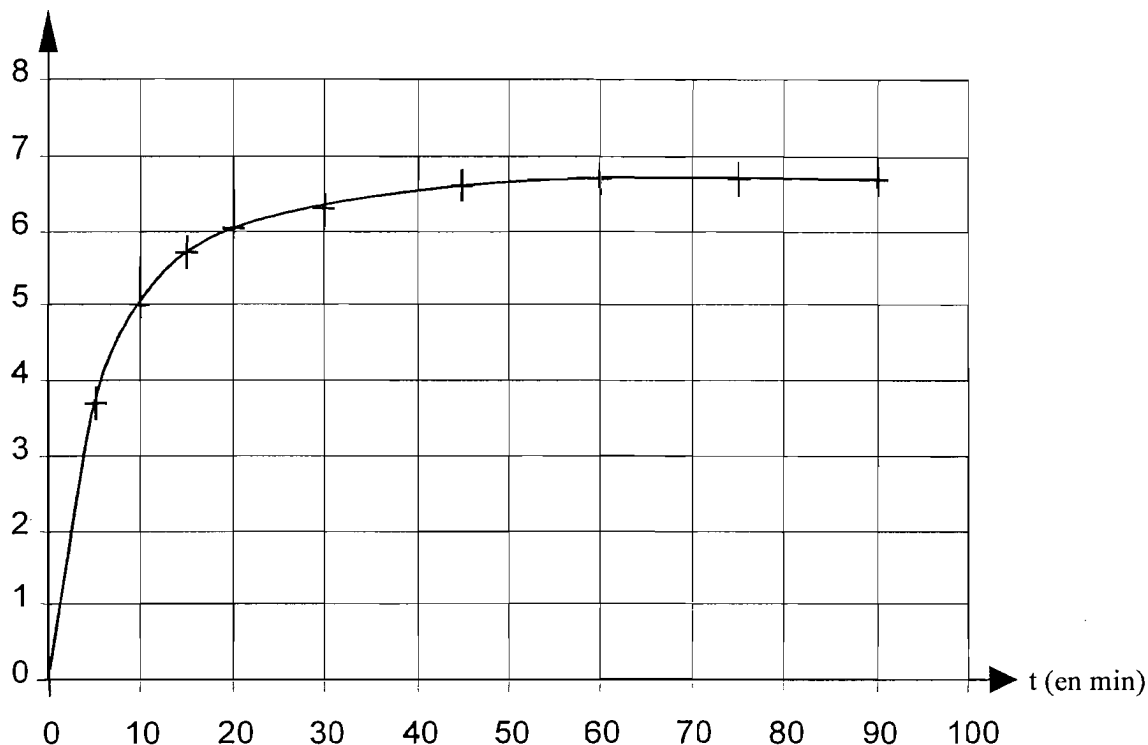
4.5.1. Préciser la relation existant entre l'avancement de la **réaction de synthèse de l'ester** et la quantité d'ester formé. Pour la résolution de cette question, l'utilisation ou non d'un tableau d'avancement est laissée au choix du candidat.

4.5.2. Montrer qu'à une date t donnée, l'avancement de cette **réaction de synthèse de l'ester** est donné par la relation : $x = 0,10 - 10 \cdot c \cdot V_{eq}$.

5. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE L'AVANCEMENT DE LA SYNTHÈSE ORGANIQUE.

À partir des résultats expérimentaux, il est donc possible de tracer la courbe donnant l'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction de synthèse pour le mélange initial. La courbe est donnée ci-dessous :

x (en 10^{-2} mol)



- 5.1. Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final. En utilisant le résultat de la question 3.4., montrer que le taux d'avancement final est inférieur à 1.
- 5.2. À partir des résultats de la question 5.1. et de l'allure de la courbe $x = f(t)$, justifier chacune des deux propositions suivantes :
- la transformation chimique est lente ;
 - la transformation chimique n'est pas totale.
- 5.3. Au bout d'une certaine durée, le système chimique est en état d'« équilibre dynamique ». Expliquer cette expression.
- 5.4. *La transformation réalisée est lente et non totale ce qui entraîne deux inconvénients pour cette synthèse.*
- 5.4.1. À partir des mêmes réactifs (acide carboxylique A et alcool B) et du même catalyseur :
- indiquer une méthode permettant d'accélérer la synthèse de l'acétate de butyle ;
 - indiquer une méthode permettant d'augmenter le taux d'avancement à l'équilibre.
- 5.4.2. *Pour synthétiser l'acétate de butyle par une transformation chimique rapide et totale, il est possible de remplacer l'acide carboxylique A par un de ses dérivés.*
Donner son nom et sa formule semi-développée.

EXERCICE III. TEMPS CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES SYSTÈMES (5,5 points)

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes, toutefois l'objectif de cette étude expérimentale consiste, pour trois systèmes différents :

- d'une part, à étudier un « temps » défini comme « temps caractéristique »
- d'autre part, à observer l'influence éventuelle sur ce temps caractéristique :
 - de grandeurs caractéristiques ;
 - de conditions initiales ;
 - de paramètres extérieurs.

Pour chacun des phénomènes, les grandeurs caractéristiques, les conditions initiales et les paramètres extérieurs envisagés sont précisés dans le tableau de données.

1. DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

Un échantillon de matière radioactive est placé dans la chambre d'un photomultiplicateur.

Un détecteur, associé au photomultiplicateur, mesure un nombre d'événements, pendant une durée Δt déterminée.

On trace la courbe d'évolution du nombre d'événements mesuré par seconde (noté x), au cours du temps. Soit x_0 la valeur de x à l'instant choisi pour origine des dates.

On réalise des mesures avec des échantillons de radon $^{220}_{86}\text{Rn}$ et de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ qui sont des émetteurs α . Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1	expérience 2	Expérience 3
Grandeurs caractéristiques du système : nature du noyau	radon 220	radon 220	radon 222
Conditions initiales : population initiale de noyaux radioactifs $N_0 \neq N_0' \neq N_0''$	N_0	N_0'	N_0''
Paramètres extérieurs	Aucune modification des paramètres extérieurs		
Temps caractéristique	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = 55,5 \text{ s}$	$t_{1/2} = ?$ (déterminé à la question 1.3.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de x au cours du temps sont représentées à l'annexe page A2 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

1.1. Définir le temps de demi-vie (ou demi-vie).

1.2. La loi de décroissance radioactive s'écrit sous la forme $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$, où :

N est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant de date t ,

N_0 est le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant choisi pour origine des dates $t_0 = 0 \text{ s}$,

λ est la constante radioactive.

En utilisant la définition du temps de demi-vie, établir l'expression de λ en fonction de $t_{1/2}$.

1.3. Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-vie.

La détermination devra apparaître clairement sur la courbe (3) de l'annexe page A2 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

Pour cette détermination, on admettra que le nombre d'événements détectés par seconde, à l'instant de date t , est proportionnel au nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon, à cette même date.

Pour déterminer le temps de demi-vie, on peut alors utiliser la courbe $x = f(t)$ de la même façon que celle représentant le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon en fonction du temps.

1.4. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 1.3. préciser :

- si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie ;
- si les conditions initiales ont une influence sur la valeur du temps de demi-vie.

2. CHARGE D'UN CONDENSATEUR À TRAVERS UN CONDUCTEUR OHMIQUE

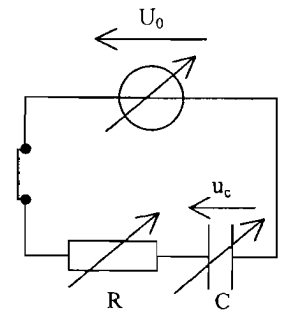
Soit un dipôle RC constitué d'un condensateur de capacité C réglable et d'un conducteur ohmique de résistance R réglable. On étudie la charge du condensateur à travers le conducteur ohmique.

Pour cela, on réalise le montage de la figure ci-contre.

Le générateur délivre, à ses bornes, une tension constante U_0 réglable.

Au cours d'une expérience avec acquisition et traitement informatisés des données, on enregistre les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur au cours du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales. Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :



	expérience 1	expérience 2	expérience 3	expérience 4
Grandeurs caractéristiques du système	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$	$R = 10 \text{ k}\Omega$	$R = 20 \text{ k}\Omega$
	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 31 \text{ }\mu\text{F}$	$C = 12,5 \text{ }\mu\text{F}$
Conditions initiales : u_C (à $t_0 = 0 \text{ s}$) = $0,0 \text{ V}$	Aucune modification des conditions initiales			
Paramètres extérieurs	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 5,00 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$	$U_0 = 4,25 \text{ V}$
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,62 \text{ s}$	$\tau_3 = 0,31 \text{ s}$	$\tau_4 = ?$ (déterminé à la question 2.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la tension u_C au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

- 2.1. Dans le cas de l'expérience 4, déterminer graphiquement par une méthode au choix, la constante de temps du circuit. La méthode sera explicitée et la détermination devra apparaître clairement sur la courbe.
- 2.2. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 2.1., préciser :
 - si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur de la constante de temps ;
 - si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur de la constante de temps.
- 2.3. Plusieurs expressions de la constante de temps τ d'un circuit RC sont proposées ci-dessous :

$$\tau = U_0 RC \quad (1) \quad ; \quad \tau = \frac{U_0}{RC} \quad (2) \quad ; \quad \tau = \frac{R}{C} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{C}{R} \quad (4) \quad ; \quad \tau = RC \quad (5) \quad ; \quad \tau = \sqrt{RC} \quad (6)$$

2.3.1 À partir de l'étude expérimentale précédente, justifier qu'une seule expression est à retenir.

2.3.2 Vérifier par une analyse dimensionnelle l'expression de la constante de temps trouvée à la question 2.3.1.

3. CHUTE AVEC FROTTEMENTS

À partir d'une même position de l'espace, on réalise dans deux fluides différents, la chute verticale sans vitesse initiale de solides de petites dimensions, de même forme, de même volume, mais de masses différentes. On filme la chute et un dispositif informatique permet de tracer la courbe donnant l'évolution de la vitesse v du centre d'inertie du solide en fonction du temps.

À chaque nouvelle expérience, on ne change qu'une seule des conditions expérimentales.

Le tableau ci-dessous résume les conditions expérimentales de cette étude :

	expérience 1 : solide A	expérience 2 : solide A	expérience 3 : solide B
Grandeurs caractéristiques du système	volume V	volume V	volume V
	masse m	masse m	masse m' ($m' \neq m$)
Conditions initiales : Position initiale Vitesse initiale	Aucune modification des conditions initiales		
Paramètres extérieurs	fluide : eau	fluide : détergent	fluide : eau
Temps caractéristique	$\tau_1 = 0,21 \text{ s}$	$\tau_2 = 0,15 \text{ s}$	$\tau_3 = ?$ (déterminé à la question 3.1.)

Les courbes correspondant à cette étude et donnant l'évolution de la vitesse v au cours du temps sont représentées à l'annexe page A3 (À COMPLÉTER ET À RENDRE AVEC LA COPIE).

- 3.1. Dans le cas de l'expérience 3, déterminer graphiquement le temps caractéristique. La détermination devra apparaître clairement sur la courbe.
- 3.2. En justifiant les réponses à partir des données du tableau et du résultat obtenu à la question 3.1., préciser :
 - si les grandeurs caractéristiques ont une influence sur la valeur du temps caractéristique ;
 - si les paramètres extérieurs ont une influence sur la valeur du temps caractéristique.
- 3.3. Lors de la chute verticale d'un solide dans un fluide, le mouvement comporte deux phases :
 - une première phase correspondant au « régime initial » ;
 - une seconde phase correspondant au « régime asymptotique ».

En justifiant la réponse, préciser sans calcul la nature du mouvement du centre d'inertie du solide en chute :

- au cours du régime initial ;
- au cours du régime asymptotique.

4. BILAN

Sans étude complémentaire, compte-tenu des expériences réalisées et des réponses aux questions 1.4., 2.2 et 3.2., analyser **pour l'ensemble des trois systèmes étudiés**, chacune des propositions données ci-dessous :

- le temps caractéristique dépend des grandeurs caractéristiques du système (proposition 1) ;
- le temps caractéristique dépend des conditions initiales (proposition 2) ;
- le temps caractéristique dépend des paramètres extérieurs (proposition 3).

Si la proposition est vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition juste.
Si la proposition n'est pas vérifiée simultanément pour les trois systèmes étudiés, on indiquera : proposition fausse.

Si les informations données sont insuffisantes pour conclure, on indiquera : informations insuffisantes.

Aucune justification n'est demandée.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2003

PHYSIQUE-CHIMIE
SPÉCIALITÉ

Série : S

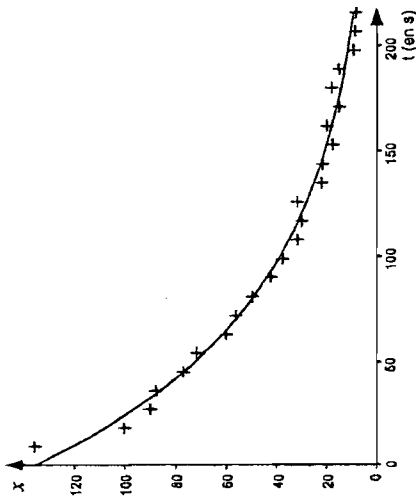
***FEUILLET DE L'ANNEXE
À RENDRE AVEC LA COPIE.***

Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-les.
... /...

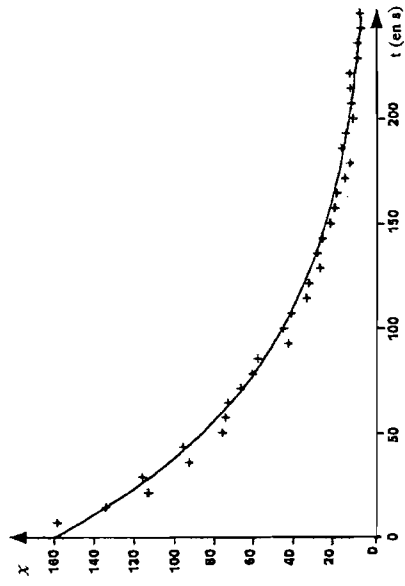
Tournez la page S.V.P.

**ANNEXE
EXERCICE III - DECROISSANCE RADIOACTIVE (QUESTION 1)**

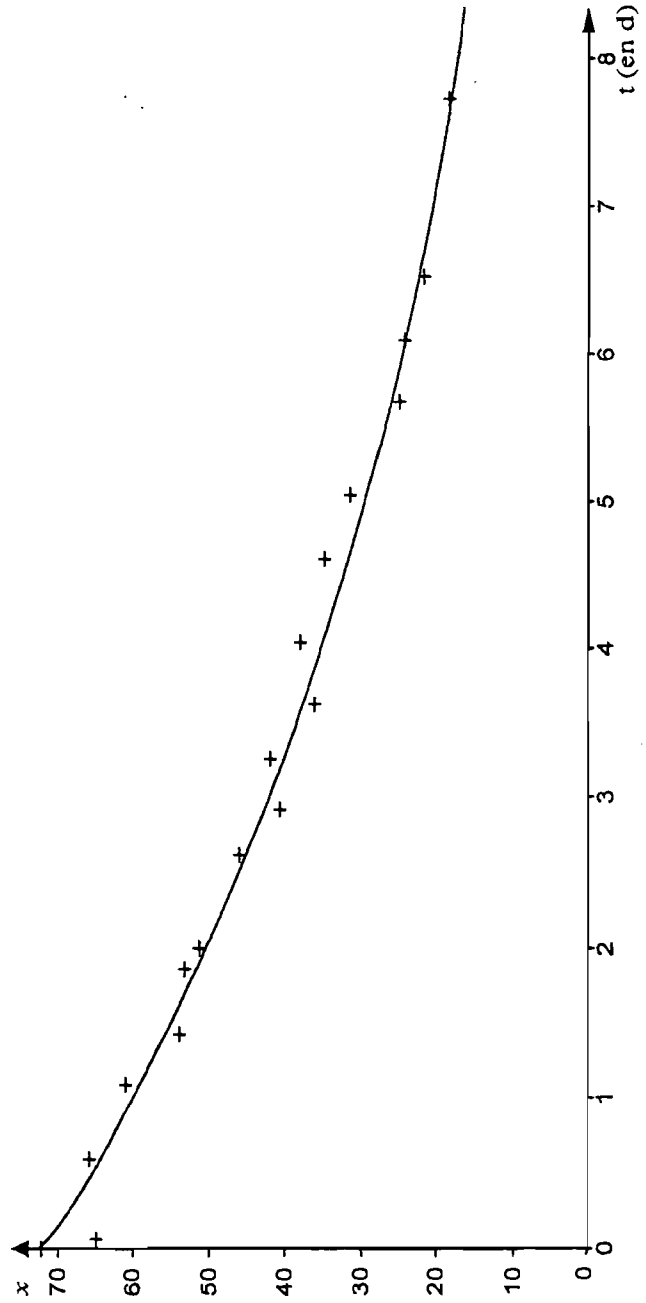
Expérience 1
RADON 220
Courbe (1)



Expérience 2
RADON 220
Courbe (2)

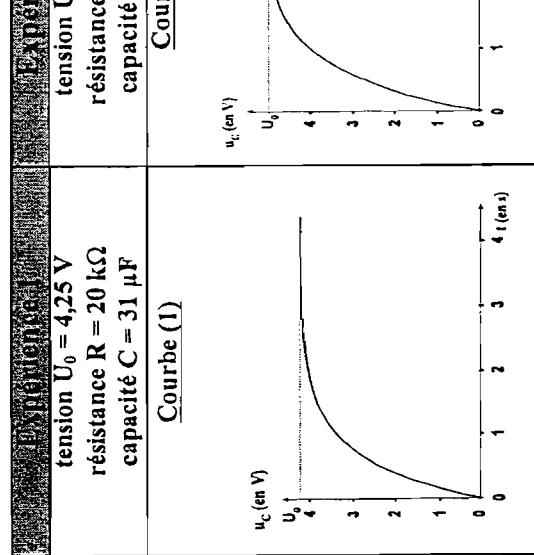
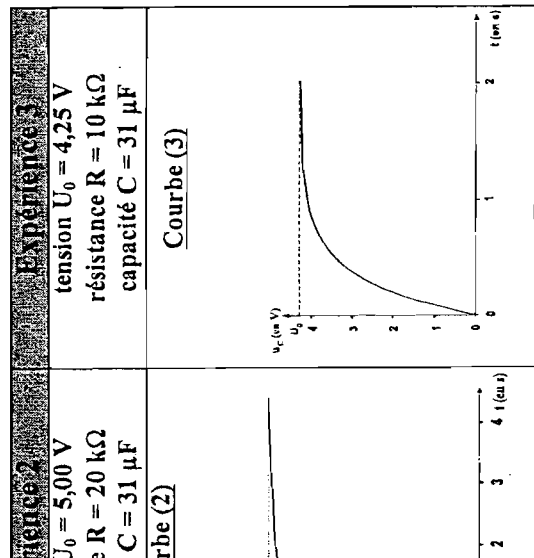
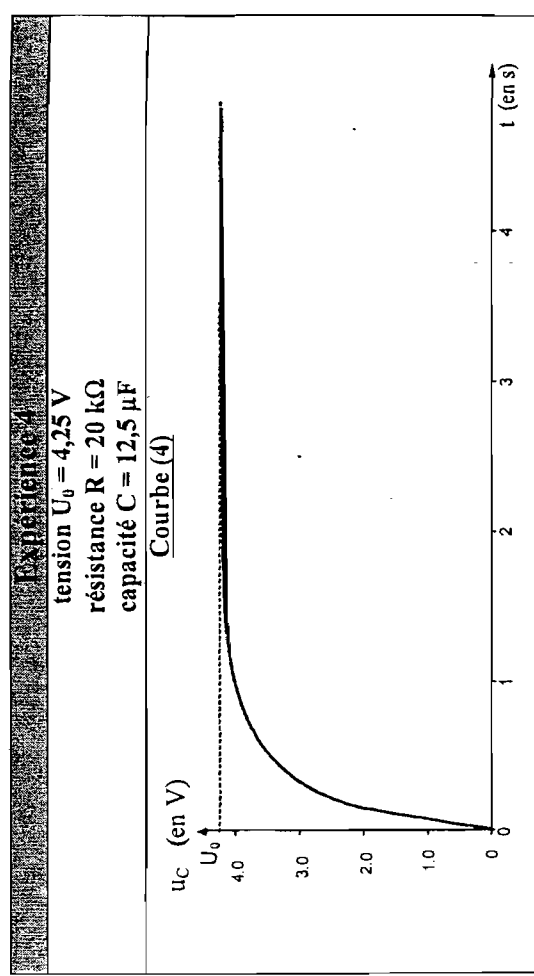


Expérience 3
RADON 222
Courbe (3)

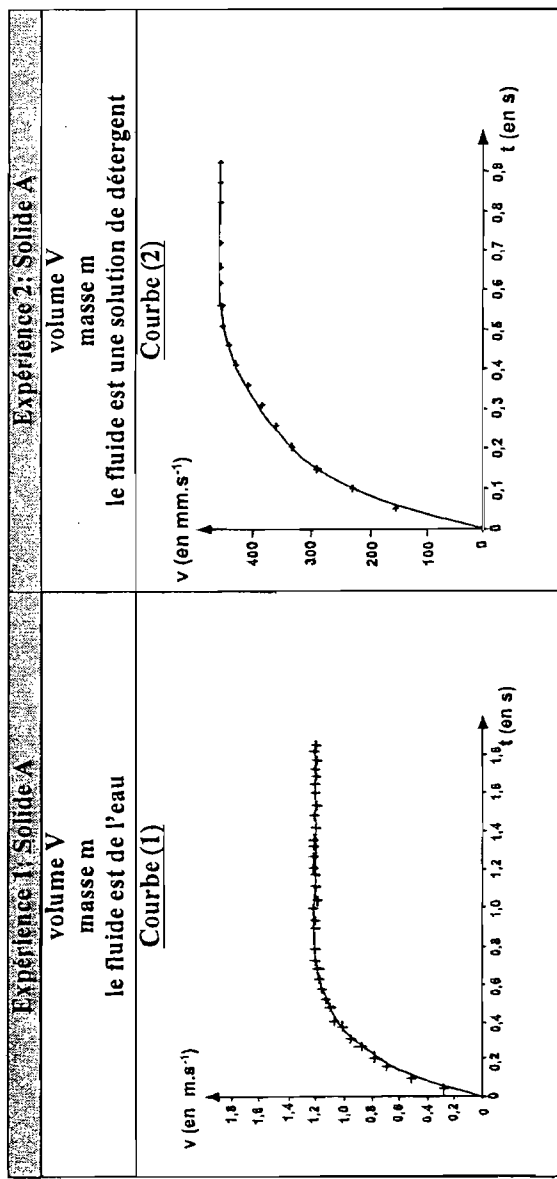
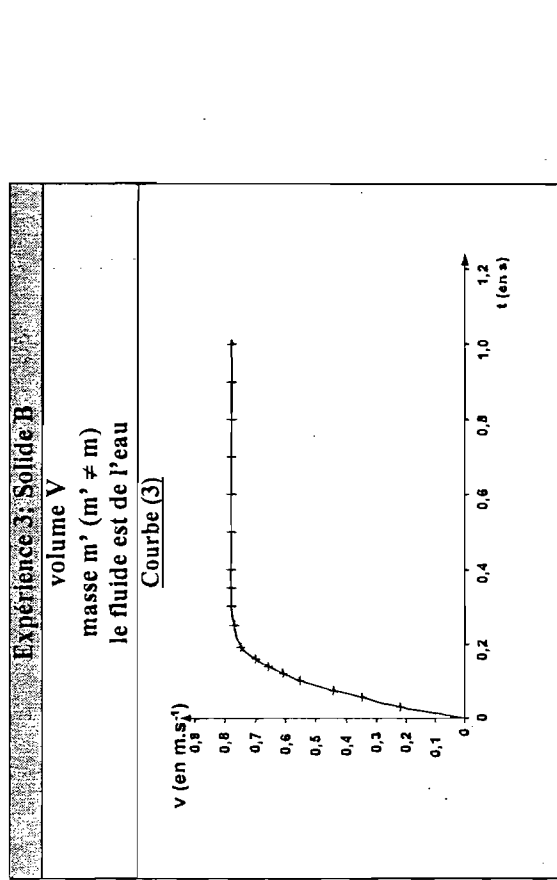


d est le symbole du jour

ANNEXE
EXERCICE III - CHARGE D'UN CONDENSATEUR A TRAVERS UN CONDUCTEUR OHMIQUE (QUESTION 2)

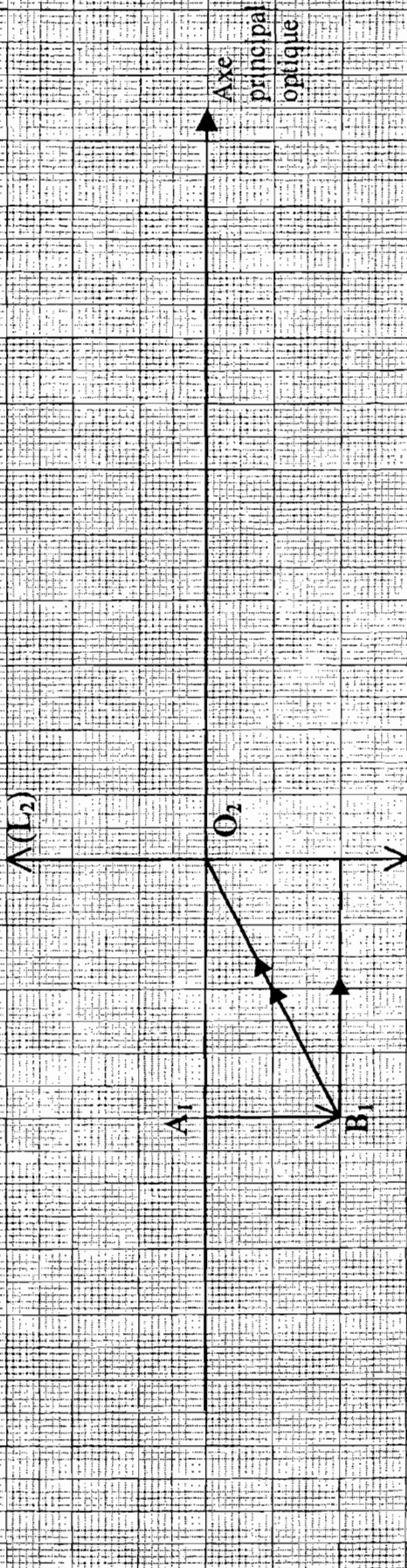


ANNEXE
EXERCICE III - CHUTE AVEC PROTTEMENTS (QUESTION 3)



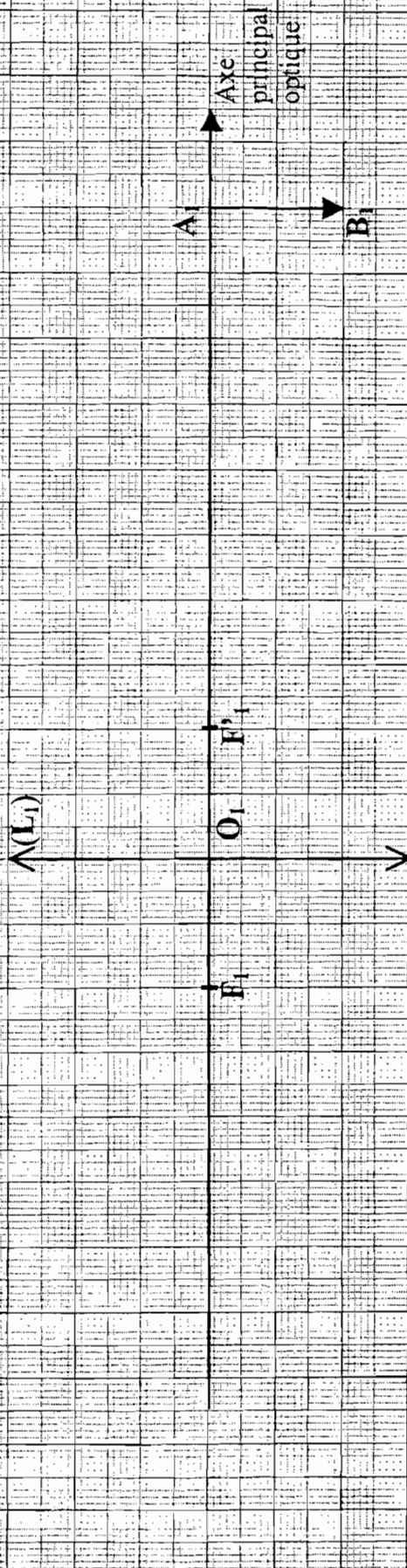
Echelle horizontale : 1,0 cm pour 1,0 cm

Sens de propagation de la lumière



Echelle horizontale : 1,0 cm pour 1,0 cm

Sens de propagation de la lumière



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

I. Le microscope optique (4,0 points) (spécialité)

II. L'arôme de banane (6,5 points)

III. Temps caractéristiques de quelques systèmes (5,5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au **B.O. n° 31 du 29 août 2002**

- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

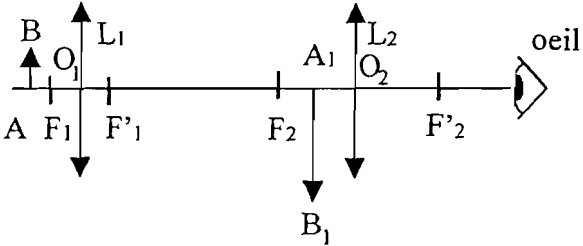
L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

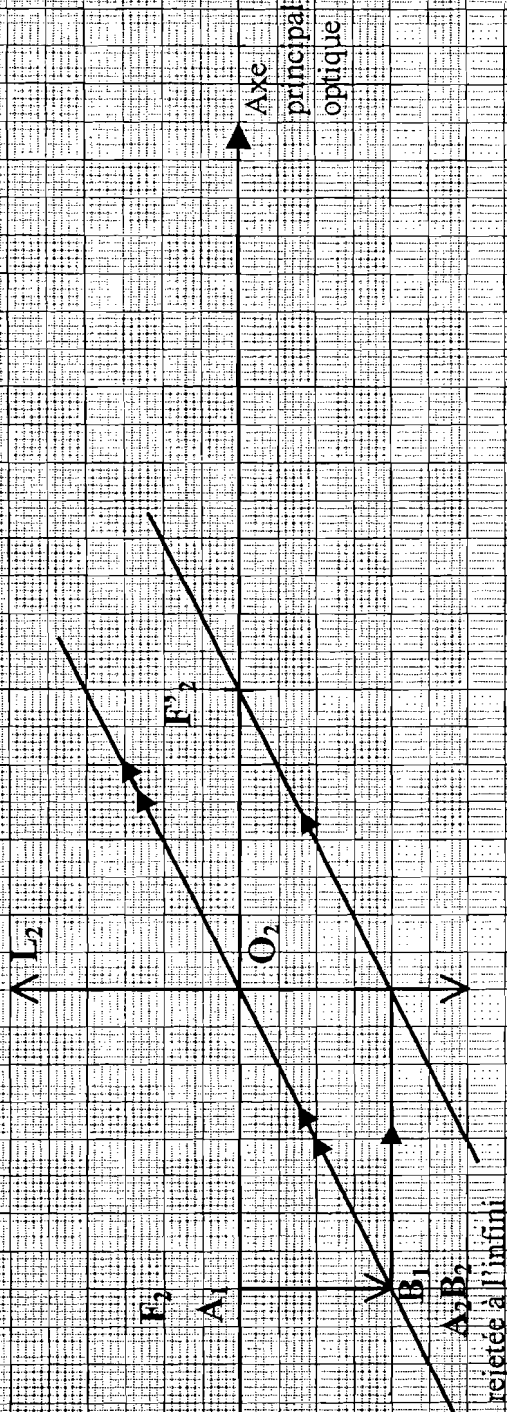
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Questions à propos du texte			
1.1.	Non, puisque seuls les détails de l'ordre du mm sont discernables à l'œil nu.	0,25	Tout ou rien.
1.2.		0,75	0,25 pour O ₁ , F ₁ , F' ₁ , O ₂ , F ₂ , F' ₂ . 0,25 position de AB 0,25 position de A ₁ B ₁
1.3.	L'image intermédiaire (A ₁ B ₁) est un objet pour l'oculaire (L ₂); A ₁ B ₁ est une image pour l'objectif (L ₁).	0,25	Tout ou rien
2. Modélisation d'un microscope			
2.1.1.	$\frac{1}{O_2A_2} - \frac{1}{O_2A_1} = \frac{1}{O_2F'_2}$ avec $\frac{1}{O_2A_2} \rightarrow \infty$ $-\frac{1}{O_2A_1} = \frac{1}{O_2F'_2}$ donc $\frac{1}{O_2A_1} = -\frac{1}{O_2F'_2} = \frac{1}{O_2F_2}$ A ₁ B ₁ se forme au foyer objet de L ₂	0,5	0,25 pour relation de conjugaison 0,25 pour démonstration et conclusion
2.1.2.	Voir annexe corrigée page 3. 0,25 foyers et rayons lumineux 0,25 pour image rejetée à l'infini	0,5	Ne pas pénaliser si les rayons ne sont pas fléchés. Ne pas pénaliser si des pointillées ne sont pas tracés.
2.2.1.	Voir annexe corrigée page 3. 0,25 par rayon lumineux	0,5	Retirer 0,25 si les rayons ne sont pas fléchés. Retirer 0,25 si l'objet n'est pas orienté.
2.2.2.	$\gamma = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{-2,0}{0,5} = -4,0 \text{ (cqfd)}$	0,25 0,25	Définition Valeur retrouvée
2.3.1.	Confusion entre grandissement et grossissement.	0,25	
2.3.2.	Diamètre apparent pour une cellule observée à travers le microscope : $\alpha' = G \cdot \alpha = 25 \times 32 \times 10^{-5} = 8,0 \times 10^{-3} \text{ rad}$	0,25	
2.3.3.	$\alpha' > 4 \times 10^{-3} \text{ rad.}$ Conclusion : le microscope permet d'observer une cellule d'épiderme d'oignon.	0,25	

Echelle horizontale : 1,0 cm pour 1,0 cm

Sens de propagation de la lumière



rejetée à l'infini

ANNEXE I - EXERCICE I

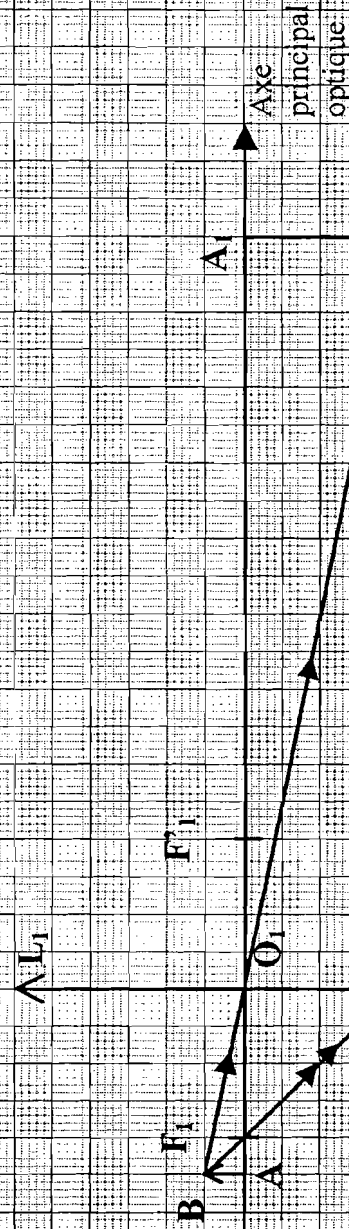
2. Rôle de l'objectif

- Figure 2 -

à rendre avec la copie

Echelle horizontale : 1,0 cm pour 1,0 cm

Sens de propagation de la lumière



III. L'ARÔME DE BANANE (6,5 points)

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Composé naturel ou composé artificiel ?			
1.	Coût, rareté de la matière première à certaines saisons, ...	0,25	Toute réponse pertinente est acceptée
2. Questions préliminaires			
2. 1.	Famille des esters	0,25	
2. 2.	acide acétique (acide éthanoïque) : $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ butan-1-ol : $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	0,25 0,25	
3. Synthèse de l'acétate de butyle au laboratoire			
3.1.	Pour que la réaction ne se produise pratiquement pas avant que le becher ne soit placé dans le bain thermostaté.	0,25	
3. 2.	Accélérer la réaction ; catalyseur	0,25	Accepter accélérer ou catalyseur
3.3.	$n_{A \text{ introduit}} = \frac{\mu \times V}{M}$	0,25	Aucun calcul attendu
3. 4.	D'après les conditions stœchiométriques : $x_{\text{max}} = n_{A \text{ introduit}} \text{ (ou } n_{B \text{ introduit}}) = 0,10 \text{ mol}$	0,25	
4. Suivi de la synthèse par titrage de l'acide restant			
4. 1.	L'indicateur coloré permet de déterminer l'équivalence.	0,25	
4. 2.	Au début, V_{eq} diminue car la quantité d'acide acétique restant diminue, donc le volume de soude nécessaire pour le doser aussi. À partir de 60 min, $V_{\text{eq}} = \text{cste}$ car la quantité d'acide acétique reste constante donc le volume de soude nécessaire pour le doser aussi.	0,25 0,25	
4. 3.	L'équivalence est définie comme l'état du système dans lequel, le réactif titré devient le réactif limitant. Ou : L'équivalence est définie comme l'état du système dans lequel réactif titré et réactif titrant sont tous les deux intégralement consommés.	0,25	Toute réponse pertinente est acceptée
4.4.	D'après l'équation chimique du titrage, $n(\text{RCO}_2\text{H})_{\text{présent à } t} = n(\text{HO}^-)_{\text{eq}} = c \cdot V_{\text{eq}}$	0,25	
4.5.1.	$x = n(\text{ester})_{\text{formé à } t}$	0,25	
4. 5.2.	Les titrages sont effectués dans l'un des 10 tubes, donc sur seulement 1/10 du mélange initial. Ainsi, pour le mélange initial : $x = n(\text{RCO}_2\text{H})_{\text{ayant réagi pendant } t \text{ pour le mélange initial}}$ $= n(\text{RCO}_2\text{H})_i - 10 \times n(\text{RCO}_2\text{H})_{\text{restant à } t}$ L'avancement correspond à : $x = 0,10 - 10 c V_{\text{eq}}$	0,25 0,25	
5. Evolution temporelle de l'avancement de la synthèse organique			
5. 1.	Graphiquement : $x_f = 6,7 \times 10^{-2} \text{ mol}$ Par définition : $\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$. Comme $x_f < x_{\text{max}}$, on en déduit que $\tau < 1,0$.	0,25 0,25	Accepter x_f compris entre $6,6 \times 10^{-2}$ et $6,8 \times 10^{-2}$
5.2.	Il faut une certaine durée, environ 60 min pour que x_f soit	0,25	

	atteint, la transformation chimique est qualifiée de lente. Le taux d'avancement final étant inférieur à 1, la transformation chimique n'est donc pas totale.	0,25	
5.3.	État d'équilibre : la composition du système chimique n'évolue plus. Dynamique : les réactions (d'estérification et d'hydrolyse) coexistent et ont des vitesses identiques.	0,25 0,25	Tout ou rien.
5.4.1.	<u>Accélérer la synthèse</u> : élever la température <u>Augmenter le taux d'avancement à l'équilibre</u> : excès d'un des réactifs (ou élimination d'un produit).	0,25 0,25	
5.4.2.	Anhydride acétique (anhydride éthanoïque) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} - \text{O} - \text{C} - \text{CH}_3 \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \end{array}$	0,25 0,25	

III. EVOLUTION TEMPORELLE DE QUELQUES SYSTEMES (5,5 points)

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Décroissance radioactive			
1.1.	Le temps de demi-vie est la durée au bout de laquelle il reste $N = N_0/2$ noyaux radioactifs. ou : Le temps de demi-vie est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents se sont désintégrés.	0,25	Accepter la définition faisant appel à l'activité.
1.2.	$N = \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}; \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$	0,25	
1.3	Tracé sur la courbe (3) $t_{1/2} = 3,8$ d	0,25 0,25	Accepter toute valeur de $t_{1/2}$ exacte par rapport au tracé.
1.4.	Pour un même noyau (courbes 1 et 2) : $t_{1/2}$ est le même. Pour des noyaux différents (courbes 1 et 3) : les $t_{1/2}$ sont différents, donc, les grandeurs caractéristiques (nature du noyau) ont une influence sur le temps de demi-vie. Pour un même noyau (courbes 1 et 2), mais pour des conditions initiales différentes ($N_0 \neq N'_0$), $t_{1/2}$ est le même : donc les conditions initiales n'ont pas d'influence sur le temps de demi-vie	0,25 0,25	Les deux réponses doivent être justifiées.
2. Charge d'un condensateur à travers un conducteur ohmique			
2.1.	Tracé sur courbe (3) : $\tau = 0,2$ s ou $0,3$ s.	0,25 0,25	Accepter toute valeur de τ exacte par rapport au tracé.
2.2.	Pour un même U_0 , mais des valeurs différentes de R et de C (courbes 1 et 3 d'une part ; 1 et 4 d'autre part), la constante de temps est différente : les grandeurs caractéristiques R et C ont une influence sur la constante de temps. Pour R et C identiques, mais U_0 différent (courbes 1 et 2), la constante de temps est la même : le paramètre extérieur U_0 n'a pas d'influence sur la constante de temps.	0,25 0,25	Les deux réponses doivent être justifiées.
2.3.1	- U_0 n'a aucune influence sur la constante de temps (exp 1 et 2), on élimine (1) et (2). - Si R diminue, τ diminue (exp 1 et 3), on élimine (4) et (2). - Si C diminue, τ diminue (exp 1 et 4), on élimine (3) et (2). - Si R est divisé par 2, τ est divisé par 2, on élimine (6). La seule solution est $\tau = RC$	0,25 0,25 0,25	
2.3.2	Expression (5) $[RC] = [R] [C] = \frac{[U]}{[I]} \frac{[I] \times [T]}{[U]} = [T]$ Expression correcte	0,25	Accepter l'équation aux dimensions avec les unités.

3. Chute avec frottement			
3.1.	Tracé sur courbe (3) : $\tau = 0,1 \text{ s}$	0,25 0,25	Intersection de la tangente à $t = 0$ et de l'asymptote. Accepter toute valeur de τ exacte par rapport au tracé.
3.2.	Pour des objets de masses différentes dans un même fluide (courbes 1 et 3) : les τ sont différents. La grandeur caractéristique m a donc une influence sur le temps caractéristique. Pour un même objet dans deux fluides différents (courbes 1 et 2) : les τ sont différents. Le paramètre extérieur « nature du fluide » a donc une influence sur le temps caractéristique.	0,25 0,25	
3.3.	Régime initial : la vitesse croît au cours du temps : le mouvement est rectiligne accéléré. Régime asymptotique : la vitesse reste constante au cours du temps : le mouvement est rectiligne uniforme.	0,25 0,25	
4. Bilan			
	Proposition 1 : juste	0,25	Accepter une erreur pour P2 ou P3
	Proposition 2 : informations insuffisantes	0,25	
	Proposition 3 : informations insuffisantes		

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. A propos de l'aspirine (4 points)
- II. Mécanique du vol d'un ballon sonde (6,5 points)
- III. Bizarre, bizarre... (5,5 points)

EXERCICE I. À PROPOS DE L'ASPIRINE... (4 points)

L'aspirine reste le médicament le plus consommé au monde.

L'aspirine peut se présenter sous de multiples formes (comprimés simples ou effervescents, poudre soluble...), chacune renfermant de l'acide acétylsalicylique, principe actif. Par la suite, cet acide est noté AH et l'ion acétylsalicylate A^- .

L'exercice qui suit a pour but d'étudier le comportement de la molécule AH en solution aqueuse. La réaction entre la molécule AH et l'eau modélise la transformation étudiée.

Les parties 1. et 2. ont en commun le calcul de l'avancement final de cette réaction par deux techniques différentes dont la précision sera discutée dans la partie 3.

Données :

Conductivités molaires ioniques à 25 °C

Espèces chimiques	H_3O^+	HO^-	A^-
λ en $mS.m^2.mol^{-1}$	35,0	19,9	3,6

pK_A à 25 °C AH/A^- : 3,5 H_2O/HO^- : 14

Masse molaire moléculaire de l'acide acétylsalicylique AH : $M = 180 g.mol^{-1}$

Par dissolution d'une masse précise d'acide acétylsalicylique pur, on prépare un volume $V_S = 500,0 mL$ d'une solution aqueuse d'acide acétylsalicylique, notée S, de concentration molaire en soluté apporté $c_S = 5,55 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$.

1. Étude de la transformation chimique par une mesure de pH

À 25 °C, la mesure du pH de la solution S à l'équilibre donne 2,9.

1.1. Déterminer, à l'équilibre, la concentration $[H_3O^+]_{eq}$ en ions oxonium dans la solution S préparée.

1.2. L'acide acétylsalicylique AH réagit avec l'eau.

Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique.

1.3. Déterminer l'avancement final x_f de la réaction (on pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système).

1.4. Déterminer l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

1.5. Déterminer le taux d'avancement final τ de la réaction.

La transformation étudiée est-elle totale ?

2. Détermination de la constante d'équilibre de la réaction par conductimétrie

À 25 °C, on mesure la conductivité σ de la solution S à l'aide d'un conductimètre.

On obtient $\sigma = 44 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$.

La conductivité de la solution est liée à la concentration des ions qu'elle contient et à leur conductivité molaire ionique par la relation :

$$\sigma = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda_{\text{A}^-} \cdot [\text{A}^-] + \lambda_{\text{HO}^-} \cdot [\text{HO}^-]$$

Dans les conditions de l'expérience, on peut négliger la contribution des ions HO^- à la conductivité de la solution. La relation précédente devient :

$$\sigma = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} + \lambda_{\text{A}^-} \cdot [\text{A}^-]_{\text{éq}} \quad \text{relation (1)}$$

2.1. Exprimer l'avancement final x_f de la réaction entre l'acide AH et l'eau en fonction de σ , des conductivités molaires ioniques utiles et du volume V_S (on pourra s'aider du tableau descriptif de l'évolution du système comme à la question 1.3.).

2.2. En déduire la valeur de x_f .

2.3. Calculer les concentrations molaires à l'équilibre des espèces AH, A^- et H_3O^+ .

2.4. Donner l'expression de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction entre l'acide AH et l'eau, puis la calculer.

3. Précision des deux techniques utilisées : pH-métrie et conductimétrie.

Le pH-mètre utilisé donne une valeur de pH précise à 0,1 unité de pH près, et le conductimètre donne une valeur de conductivité précise à $1 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ près.

La valeur du pH est donc comprise entre 2,8 et 3,0 et celle de la conductivité entre $43 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ et $45 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$.

Le tableau ci-dessous indique les valeurs de l'avancement final de la réaction calculées pour ces différentes valeurs de pH et de conductivité :

	pH = 2,8	pH = 3,0	$\sigma = 43 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$	$\sigma = 45 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$
x_f (en mol)	$7,9 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-4}$	$5,6 \times 10^{-4}$	$5,8 \times 10^{-4}$

Conclure brièvement sur la précision des deux techniques, sans procéder à un calcul d'erreur relative.

EXERCICE II. MÉCANIQUE DU VOL D'UN BALLON SONDE (6,5 points)

Un ballon sonde, en caoutchouc mince très élastique, est gonflé à l'hélium. Une nacelle attachée au ballon emporte du matériel scientifique afin d'étudier la composition de l'atmosphère.

En montant, le ballon grossit car la pression atmosphérique diminue. Sa paroi élastique finit par éclater à une altitude généralement comprise entre 20 et 30 kilomètres. Après l'éclatement, un petit parachute s'ouvre pour ramener la nacelle et son matériel scientifique au sol.

Il faut ensuite localiser la nacelle, puis la récupérer pour exploiter l'ensemble des expériences embarquées.

1. Mécanique du vol

L'objectif de cette partie est d'étudier la mécanique du vol du ballon sonde à faible altitude (sur les premières centaines de mètres). On peut alors considérer que l'accélération de la pesanteur g , le volume du ballon V_b et la masse volumique ρ de l'air restent constantes.

On modélisera la valeur f de la force de frottement de l'air sur le système étudié par l'expression :
 $f = K \cdot \rho \cdot v^2$ où K est une constante pour les altitudes considérées et v la vitesse du centre d'inertie du système {ballon + nacelle}.

On supposera qu'il n'y a pas de vent (le mouvement s'effectue dans la direction verticale) et que le volume de la nacelle est négligeable par rapport au volume du ballon.

Le système {ballon + nacelle} est étudié dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

1.1. Condition de décollage du ballon.

1.1.1. Établir le bilan des forces exercées sur le système {ballon + nacelle}, lorsque le ballon vient juste de décoller. Indiquer le sens et la direction de chaque force.

1.1.2. La poussée d'Archimède.

Donner l'expression littérale de la valeur F_A de la poussée d'Archimède.

1.1.3. Soit M la masse du système.

Appliquer au système la seconde loi de Newton (seule la relation vectorielle est demandée).

1.1.4. La vitesse initiale du ballon (juste après le décollage) étant considérée comme nulle, à quelle condition doit satisfaire le vecteur accélération pour que le ballon puisse s'élever ? En déduire une condition sur M (on projetera la relation obtenue à la question 1.1.3. **sur un axe vertical orienté vers le haut**).

1.1.5. En déduire la masse maximale de matériel scientifique que l'on peut embarquer dans la nacelle.

Données : $\rho = 1,22 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$V_b = 9,0 \text{ m}^3$$

Masse du ballon (enveloppe + hélium) : $m = 2,10 \text{ kg}$

Masse de la nacelle vide : $m' = 0,50 \text{ kg}$

1.2. Ascension du ballon.

1.2.1. À partir de la question 1.1.3. et en conservant l'axe défini à la question 1.1.4., montrer que l'équation différentielle régissant le mouvement du ballon peut se mettre sous la forme

$$A \cdot v^2 + B = \frac{dv}{dt} \text{ et donner les expressions de A et B.}$$

La masse de matériel embarqué étant de 2,0 kg, l'application numérique donne $A = - 0,53 \text{ m}^{-1}$ et $B = 13,6 \text{ m.s}^{-2}$.

1.2.2. Une méthode de résolution numérique, la méthode d'Euler, permet de calculer de façon approchée la vitesse instantanée du ballon à différentes dates en utilisant la relation suivante :

$$v(t_{n+1}) = v(t_n) + \Delta v(t_n) \text{ avec } \Delta v(t_n) = a(t_n) \cdot \Delta t.$$

$t_{n+1} = t_n + \Delta t$ où Δt est le pas de résolution.

Par cette méthode on souhaite calculer la vitesse v_1 à l'instant de date $t_1 = 0,05 \text{ s}$ et la vitesse v_2 à l'instant de date $t_2 = 0,1 \text{ s}$, la vitesse initiale du ballon étant nulle. On prendra $\Delta t = 0,05 \text{ s}$.

En utilisant la méthode d'Euler, l'équation différentielle de la question 1.2.1. et les valeurs de A et B, recopier et compléter le tableau suivant :

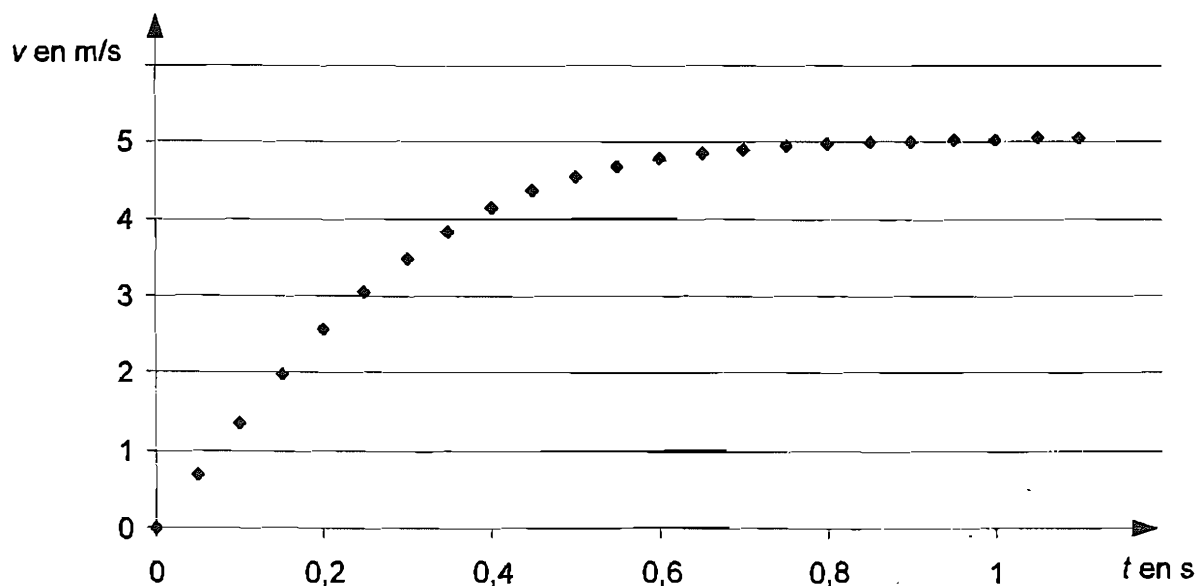
Date t en s	Valeur de la vitesse $v(t_n)$ en m.s^{-1}	Valeur de l'accélération $a(t_n)$ en m.s^{-2}	$\Delta v(t_n)$ en m.s^{-1}
$t_0 = 0,0$	0	13,6	
$t_1 = 0,05$			
$t_2 = 0,10$			

1.3. Vitesse limite du ballon.

1.3.1. Donner l'expression littérale de la vitesse limite v_l du ballon en fonction de A et B.

1.3.2. Calculer cette vitesse limite.

1.3.3. La méthode d'Euler donne le graphique suivant :



Comparer la vitesse limite calculée au 1.3.2. à la valeur lue sur le graphique (le calcul de l'écart relatif n'est pas demandé).

2. Le poids et la poussée d'Archimède varient-ils avec l'altitude ?

Le tableau suivant donne quelques valeurs de grandeurs mesurées au voisinage de la Terre.

Altitude h (en m)	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
Accélération de la pesanteur g_h (en m.s^{-2})	9,8066	9,8036	9,8005	9,7974	9,7943	9,7912	9,7882	9,7851	9,7820	9,7789
Masse volumique de l'air ρ_h (en kg.m^{-3})	1,22	1,11	1,00	0,90	0,82	0,73	0,66	0,59	0,52	0,46

2.1. Le poids.

En calculant l'écart relatif $\frac{\Delta g}{g} = \left| \frac{g_{9000} - g_0}{g_0} \right|$, montrer que pour les altitudes figurant dans le tableau précédent, l'accélération de la pesanteur peut être considérée comme constante à moins de 1 % près.

On peut donc considérer que le poids est constant entre les altitudes 0 m et 9000 m.

2.2. La poussée d'Archimède.

En s'aidant de la phrase soulignée dans l'introduction de l'exercice et en considérant qualitativement l'évolution avec l'altitude de chaque paramètre intervenant dans la poussée d'Archimède (dont la valeur est notée F_A), choisir et justifier la conclusion qui convient parmi les propositions suivantes :

- F_A augmente.
- F_A reste constante.
- F_A diminue.
- On ne peut pas conclure.

EXERCICE III. BIZARRE, BIZARRE... (5,5 points)

Cet exercice est construit autour de deux phénomènes surprenants :

- en chimie avec la présentation de deux produits salissants qui peuvent, en s'alliant, donner un produit nettoyant ;

- en physique avec l'étude d'un dispositif permettant de produire une lumière visible à partir d'un rayonnement invisible.

Les parties 1. et 2. sont indépendantes.

1. Quand la cendre et le suif s'emmêlent...

Il y a quelques décennies, les femmes lavaient le linge au lavoir en utilisant un mélange de suif (graisse animale) et de cendre. On cherche à comprendre ici comment ces deux produits salissants permettent le nettoyage.

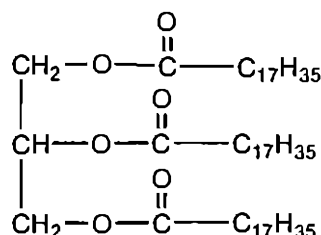
1.1. La cendre.

Les cendres étaient recueillies dans un pot et mélangées à de l'eau. La cendre de bois contient de la potasse KOH.

Sachant que la potasse contient des ions potassium K^+ , écrire l'équation traduisant la réaction associée à la dissolution de la potasse solide dans l'eau.

1.2. Le suif.

Le suif est composé majoritairement de tristéarate (ou octadécanoate) de glycéryle dont la formule est :



1.2.1. À quelle famille chimique appartient le tristéarate de glycéryle ? Recopier la formule et entourer les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) correspondant à cette famille.

1.2.2. Donner la formule de l'acide (sans le nommer), ainsi que la formule et le nom de l'alcool nécessaires pour fabriquer le tristéarate de glycéryle. Comment se nomme cette réaction ?

1.3. Le mélange de suif et de cendre...

1.3.1. En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation chimique de la réaction modélisant la transformation lors du mélange de suif et de cendre.

1.3.2. Par cette réaction, on obtient un savon qui a des propriétés nettoyantes.

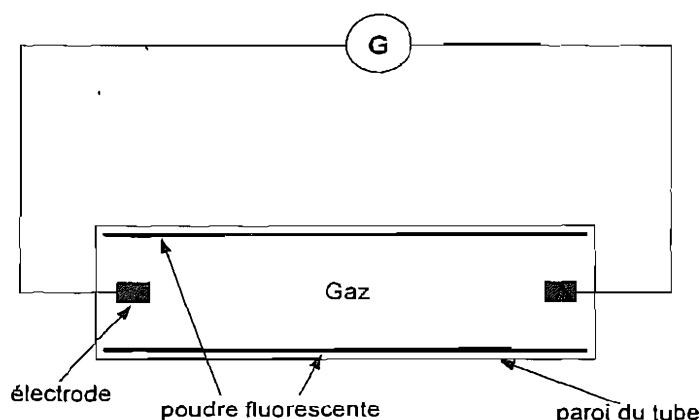
Ce produit possède une partie hydrophile et une partie lipophile.

Identifier la partie hydrophile de l'ion négatif contenu dans ce savon et préciser la définition du terme « hydrophile ».

2. Principe de fonctionnement d'un tube fluorescent.

Le tube fluorescent étudié est constitué d'un cylindre de verre qui contient un gaz à basse pression. La paroi intérieure du cylindre est recouverte d'une poudre fluorescente. Lorsque le tube est mis sous tension, une décharge électrique se produit : des électrons circulent dans le gaz entre les deux électrodes. Les électrons bombardent les atomes gazeux et leur cèdent de l'énergie.

Le schéma simplifié du circuit est donné ci-dessous :

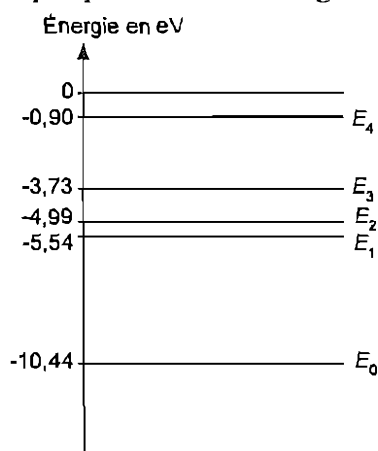


2.1. On donne page 10/10 les spectres, dans le visible, des lumières émises par deux tubes fluorescents et deux lampes (une lampe à vapeur de mercure et une lampe à vapeur de sodium) vendus dans le commerce.

Quel est le gaz contenu dans les tubes 1 et 2 ? Justifier.

2.2. Étude du spectre du mercure.

Le diagramme ci-dessous représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure.



2.2.1. Comment désigne-t-on le niveau le plus bas E_0 sur le diagramme énergétique ?

2.2.2. Un électron cède une partie de son énergie à un atome de mercure. L'énergie de celui-ci passe du niveau E_0 au niveau E_1 .

Comment qualifie-t-on l'état dans lequel se trouve alors l'atome de mercure ?

2.2.3 Retour vers E_0 .

Lors de la transition du niveau E_1 vers le niveau E_0 , l'atome de mercure perd un quantum d'énergie.

On donne :

- la valeur de la constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ S.I. ;

- la valeur de la célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.

On rappelle que : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J.

2.2.3.a. Comment se manifeste cette perte d'énergie ?

2.2.3.b. Calculer la longueur d'onde $\lambda_{1 \rightarrow 0}$ correspondante dans le vide.

2.2.3.c. Après avoir rappelé les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible, dire dans quel domaine, ultra-violet (U.V.) , visible ou infra-rouge (I.R.), se situe la radiation de longueur d'onde $\lambda_{1 \rightarrow 0}$.

2.3. Des U.V. à la lumière visible.

2.3.1. *Pour que la poudre produise de la lumière visible, elle doit être soumise à un rayonnement dont la longueur d'onde est comprise entre 200 nm et 300 nm. Elle émet alors de la lumière dont le spectre est continu.*

La vapeur de mercure contenue dans le tube permet-elle à la poudre déposée sur les parois du tube d'émettre de la lumière visible ? Justifier.

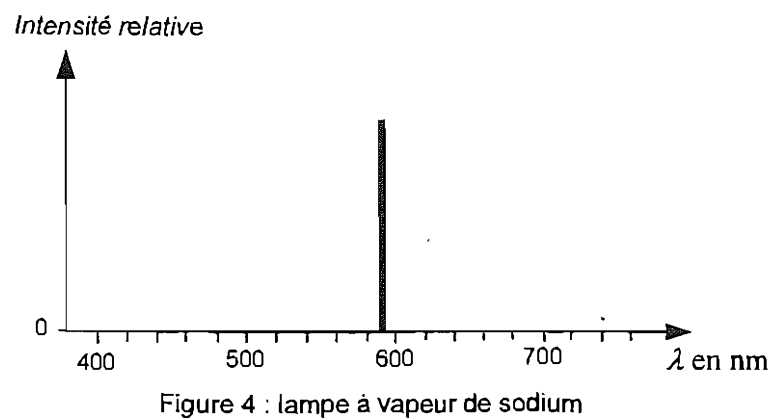
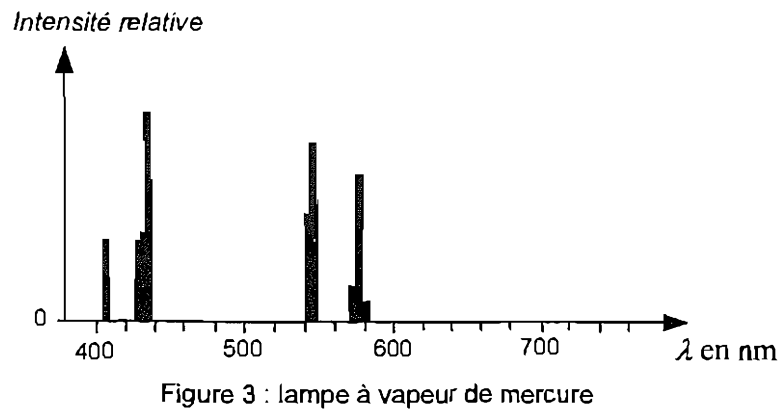
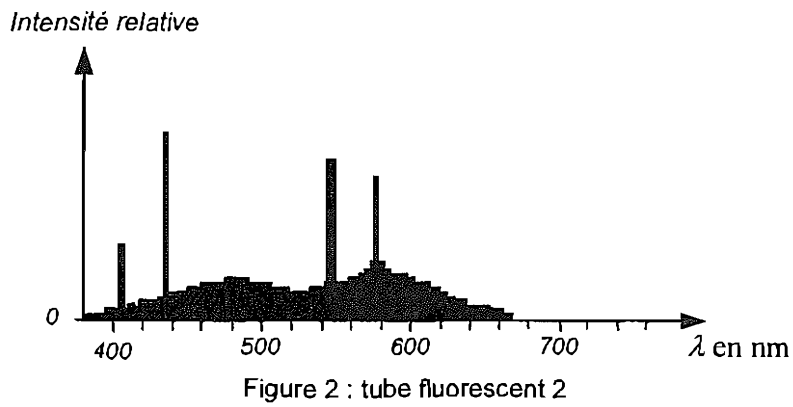
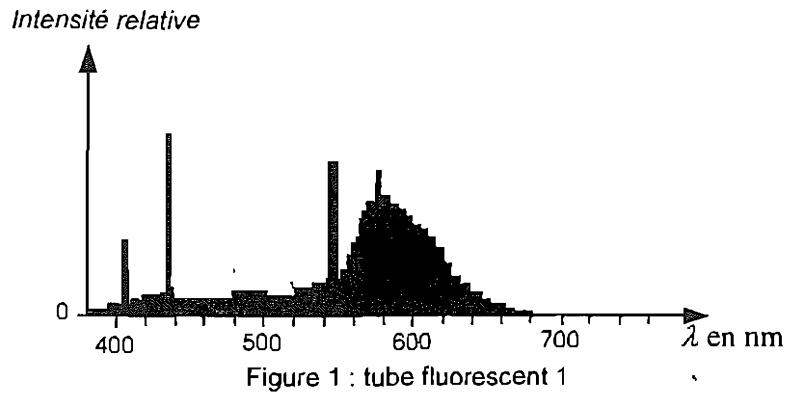
2.3.2. *Un éclairage confortable pour la restitution des couleurs correspond à de la lumière dont le spectre est continu et se rapproche de celui de la lumière solaire.*

En comparant soit les spectres des figures 2 et 3, soit les spectres des figures 1 et 3, donnés **page 10/10**, indiquer le rôle des poudres.

2.3.3. En comparant les spectres des figures 1 et 2, montrer que la nature de la poudre a une influence sur la couleur de la lumière émise.

SPECTRES À UTILISER POUR L'EXERCICE III

Ces représentations sont limitées aux rayonnements visibles



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. À propos de l'aspirine (4 points)
- II. Mécanique du vol d'un ballon sonde (6,5 points)
- III. Bizarre, bizarre...(5,5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. À PROPOS DE L'ASPIRINE (4 POINTS)

Remarque générale : on ne pénalisera pas les élèves qui n'auront pas noté $[X_i]_{\text{éq}}$.
Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponse attendue	Barème	Commentaires																																
1.																																		
1.1. $[H_3O^+]_S = 10^{-pH}$ $[H_3O^+]_S = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25	2 chiffres significatifs pour le résultat, sinon 0																																
1.2. $AH + H_2O = H_3O^+ + A^-$	0,25	La notation « aq » n'est pas exigée																																
1.3. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">AH</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">H₂O</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="text-align: center;">H₃O⁺</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">A⁻</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">n_i (mol)</td> <td style="text-align: center;">$n_0 = c_S V_S$</td> <td></td> <td style="text-align: center;">solvant</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">n au cours de la transformation (en mol)</td> <td style="text-align: center;">$n_0 - x$</td> <td></td> <td style="text-align: center;">solvant</td> <td></td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td style="text-align: center;">x</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">n_f (en mol)</td> <td style="text-align: center;">$n_0 - x_f$</td> <td></td> <td style="text-align: center;">solvant</td> <td></td> <td style="text-align: center;">x_f</td> <td></td> <td style="text-align: center;">x_f</td> </tr> </table> $x_f = n(H_3O^+) = [H_3O^+]_{\text{éq}} \cdot V_S$ $x_f = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$		AH	+	H ₂ O	=	H ₃ O ⁺	+	A ⁻	n_i (mol)	$n_0 = c_S V_S$		solvant		0		0	n au cours de la transformation (en mol)	$n_0 - x$		solvant		x		x	n_f (en mol)	$n_0 - x_f$		solvant		x_f		x_f	0,25 0,25	On acceptera toute autre méthode rigoureuse. Le tableau n'est pas imposé. On peut accepter $x_f = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
	AH	+	H ₂ O	=	H ₃ O ⁺	+	A ⁻																											
n_i (mol)	$n_0 = c_S V_S$		solvant		0		0																											
n au cours de la transformation (en mol)	$n_0 - x$		solvant		x		x																											
n_f (en mol)	$n_0 - x_f$		solvant		x_f		x_f																											
1.4. x_{max} est tel que $n_0 - x_{\text{max}} = 0$ d'où $x_{\text{max}} = n_0 = c_S \cdot V_S$ $x_{\text{max}} = 2,78 \times 10^{-3} \text{ mol}$	0,25	On acceptera $2,77 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$																																
1.5. $\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = 0,23$ (ou 23%) $\tau < 1$ donc la transformation n'est pas totale.	0,25 0,25																																	
2.																																		
2.1. $[H_3O^+]_{\text{éq}} = [A^-]_{\text{éq}}$ d'où $[H_3O^+]_{\text{éq}} = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}}$ donc $x_f = [H_3O^+]_{\text{éq}} \cdot V_S = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}} \cdot V_S$	0,5	0,25 raisonnement 0,25 résultat																																
2.2. $x_f = 500,0 \times 10^{-6} \times \frac{44 \times 10^{-3}}{(35 + 3,6) \times 10^{-3}} = 5,7 \times 10^{-4} \text{ mol}$	0,25																																	
2.3. $x_f = [A^-]_{\text{éq}} \cdot V_S$ donc $[A^-]_{\text{éq}} = \frac{x_f}{V_S} = 1,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ $n_{AH} = n_0 - x_f$	0,25																																	

$[AH]_{\text{éq}} = \frac{n_0 - x_f}{V_s} = \frac{C_s V_s - x_f}{V_s} = 4,4 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25	on acceptera $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
$[H_3O^+]_{\text{éq}} = [A^-]_{\text{éq}} = \frac{x_f}{V_s} = 1,1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25	
$2.4. K = \frac{[A^-]_{\text{éq}} [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[AH]_{\text{éq}}}$	0,25	
$K = 2,8 \times 10^{-4}$	0,25	On acceptera $2,7 \cdot 10^{-4}$
<p>3. Pour les mesures de pH : $7,9 \times 10^{-4} - 5,0 \times 10^{-4}$ $= 2,9 \times 10^{-4} \text{ mol}$ Pour les mesures conductimétriques : $5,8 \times 10^{-4} - 5,6 \times 10^{-4} = 0,2 \times 10^{-4} \text{ mol}$ La largeur de l'encadrement de la valeur de x_f par les mesures de conductimétrie est plus petite que celle obtenue par les mesures pH-métriques. La méthode conductimétrique est donc la plus précise.</p>	0,25	

EXERCICE II. MÉCANIQUE DU VOL D'UN BALLON SONDE (6,5 points)

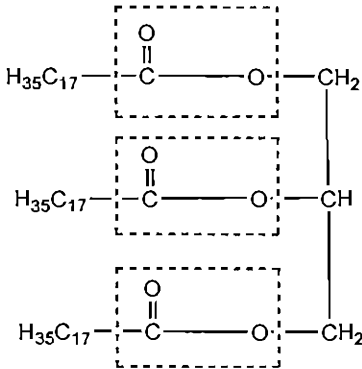
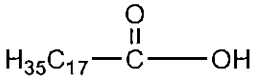
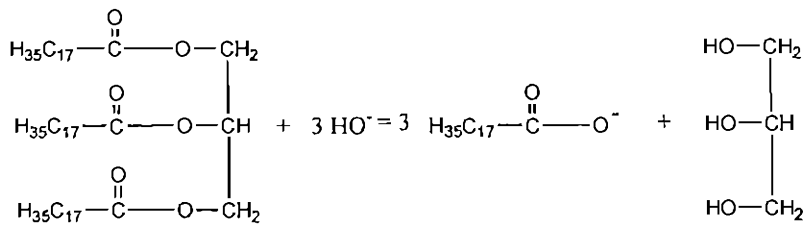
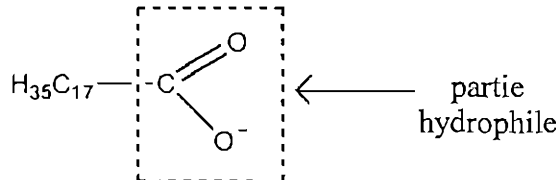
Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues	Barème	Commentaires																
1.1.1. Poids du système, vertical, vers le bas. Poussée d'Archimède, verticale, vers le haut. Force de frottement de l'air, verticale, vers le bas.	0,5	0,25 si une erreur. Zéro si deux erreurs ou plus.																
1.1.2. $F_a = \rho \cdot V_b \cdot g$	0,25																	
1.1.3. $M \cdot \vec{a}_G = \vec{F}_a + M \cdot \vec{g} + \vec{f}$	0,5	0,25 si seule la relation $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$ est donnée. Si cette relation est développée au 1.1.4. ajouter 0,25.																
1.1.4. Le vecteur accélération doit être dirigé vers le haut. Le ballon peut s'élever si la coordonnée (ou composante) du vecteur accélération est strictement positive, soit : $F_a - Mg > 0$ d'où $F_a > Mg$ Il faut donc $M < \rho \cdot V_b$	0,25 0,25 0,25	On n'exige pas la direction verticale.																
1.1.5. $\rho \cdot V_b - (m + m') = 1,22 \times 9,0 - (2,100 + 0,500) = 8,4 \text{ kg}$	0,25																	
1.2.1. On projette la relation de la question 1.1.3. sur un axe vertical orienté vers le haut. $\left. \begin{aligned} M \cdot \frac{dv}{dt} &= \rho \cdot V_b \cdot g - M \cdot g - K \cdot \rho \cdot v^2 \\ \frac{dv}{dt} &= -\frac{K \cdot \rho}{M} \cdot v^2 + g \left(\frac{\rho \cdot V_b}{M} - 1 \right) \end{aligned} \right\}$ $A = -\frac{K \cdot \rho}{M}$ $B = g \left(\frac{\rho \cdot V_b}{M} - 1 \right)$	0,25 0,25 0,25																	
1.2.2	1	Moins 0,25 à chaque erreur																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>date (en s)</th> <th>Valeur numérique de la vitesse (m.s⁻¹)</th> <th>Valeur numérique de l'accélération (m.s⁻²)</th> <th>$\Delta v(t_n)$ en (m.s⁻¹)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$t_0 = 0,0$</td> <td align="center">0</td> <td align="center">13,6</td> <td align="center">0,68</td> </tr> <tr> <td>$t_1 = 0,05$</td> <td align="center">0,68</td> <td align="center">13,4</td> <td align="center">0,67</td> </tr> <tr> <td>$t_2 = 0,10$</td> <td align="center">1,35</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	date (en s)	Valeur numérique de la vitesse (m.s ⁻¹)	Valeur numérique de l'accélération (m.s ⁻²)	$\Delta v(t_n)$ en (m.s ⁻¹)	$t_0 = 0,0$	0	13,6	0,68	$t_1 = 0,05$	0,68	13,4	0,67	$t_2 = 0,10$	1,35				
date (en s)	Valeur numérique de la vitesse (m.s ⁻¹)	Valeur numérique de l'accélération (m.s ⁻²)	$\Delta v(t_n)$ en (m.s ⁻¹)															
$t_0 = 0,0$	0	13,6	0,68															
$t_1 = 0,05$	0,68	13,4	0,67															
$t_2 = 0,10$	1,35																	

1.3.1. Lorsque la vitesse limite est atteinte, l'accélération est nulle, soit : $A.v^2 + B = 0$ $v_t = \sqrt{-\frac{B}{A}}$	0,5 0,25	
1.3.2. $v_t = \sqrt{\frac{13,6}{0,53}} = 5,1 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	
1.3.3. Le résultat correspond à celui du graphique.	0,25	
2.1. $\frac{\Delta g}{g} = \frac{ 9,7789 - 9,8066 }{9,8066} = 2,82.10^{-3} \approx 0,3 \%$ Le résultat est effectivement inférieur à 1 %.	0,25 0,25	Accepter 0,2825%
2.2 Le ballon grossit, ce qui a tendance à augmenter la valeur de F_a . La masse volumique de l'air diminue, ce qui a tendance à diminuer la valeur de F_a . g est constante. La proposition correcte est donc la proposition d : on ne peut pas conclure.	0,25 0,25	Zéro si pas de justification. Ne pas pénaliser un oubli de g .

EXERCICE III : BIZARRE, BIZARRE...(5,5 POINTS)

Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1. Quand la cendre et le suif s'emmêlent... $\text{KOH} = \text{K}^+ + \text{HO}^-$</p>	0,25	La notation "aq" n'est pas exigée.
<p>1.2.1. triester ou ester</p> 	0,25	Mettre 0,25 si un seul groupe est entouré.
<p>1.2.2.</p>  <p align="center">glycérol $\text{HO}-\text{CH}_2$ $\quad \quad$ $\text{HO}-\text{CH}$ $\quad \quad$ $\text{HO}-\text{CH}_2$</p> <p>estérification</p>	0,5 0,25	Retirer 0,25 par réponse fausse
<p>1.3.1.</p> 	0,5	Accepter $\text{H}_{35}\text{C}_{17}\text{CO}_2^-$ Accepter l'équation avec ou sans les ions K^+
<p>1.3.2. hydrophile: qui a des affinités avec l'eau</p> 	0,25 0,25	Accepter « qui aime l'eau » Accepter $\text{H}_{35}\text{C}_{17}\text{CO}_2^-$
<p>2. Principe de fonctionnement d'un tube fluorescent.</p>		

2.1. Le gaz contenu dans les tubes 1 et 2 est le mercure car on retrouve dans les spectres des deux lampes commerciales les raies caractéristiques du mercure (voir spectre n°3). Ce n'est pas le sodium car les raies ne correspondent pas.	0,25 0,25	0 si pas de justification
2.2.1. Niveau fondamental.	0,25	
2.2.2. Etat excité.	0,25	
2.2.3.a. Émission d'une radiation.	0,25	Accepter émission d'un photon
2.2.3.b. $\lambda_{1 \rightarrow 0} = \frac{hc}{\Delta E}$ $\lambda_{1 \rightarrow 0} = 2,54 \times 10^{-7} \text{ m}$	0,25 0,25	
2.2.3.c. $\lambda_{\text{violet}} \cong 400 \text{ nm} < \lambda_{\text{visible}} < \lambda_{\text{rouge}} \cong 800 \text{ nm}$ $\lambda_{1 \rightarrow 0}$ se situe dans le domaine des U.V.	0,25 0,25	Accepter 750 nm
2.3.1. Oui car $200 \text{ nm} < 254 \text{ nm} < 300 \text{ nm}$	0,25	
2.3.2. Les poudres permettent d'avoir un spectre continu.	0,25	
2.3.3. L'intensité relative des différentes longueurs d'onde n'est pas répartie de la même façon.	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 — COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. L'eau de Dakin (4 points)
- II. Mécanique du vol d'un ballon sonde (6,5 points)
- III. Bizarre, bizarre... (5,5 points)

EXERCICE I. L'EAU DE DAKIN (4 points)

L'eau de Dakin est un antiseptique utilisé pour le lavage des plaies et des muqueuses. Elle a une couleur rose et une odeur chlorée.

L'étiquette du flacon mentionne les principes actifs pour un volume $V = 100 \text{ mL}$:
« solution concentrée d'hypochlorite de sodium, quantité correspondant à 0,500 g de chlore actif - permanganate de potassium 0,0010 g - dihydrogénophosphate de sodium dihydraté - eau purifiée ».
En outre, l'eau de Dakin contient des ions chlorure.

Cet exercice propose de vérifier une partie des indications de l'étiquette.

La question 1 est indépendante des questions 2 et 3.

Données :

Masses molaires atomiques

$$M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(\text{K}) = 39,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(\text{Mn}) = 55,0 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$$

Solubilité du dichlore à 20 °C :

- dans l'eau : 8 g.L^{-1}

- dans l'eau salée : très peu soluble.

Volume molaire gazeux dans les conditions de l'expérience : $V_M = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$

1- Dosage par spectrophotométrie du permanganate de potassium en solution.

1.1. Afin de réaliser une échelle de teintes, on prépare un volume $V_0 = 500 \text{ mL}$ d'une solution mère S_0 de permanganate de potassium à la concentration molaire en soluté apporté $c_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Calculer la masse de permanganate de potassium solide (de formule KMnO_4) à peser pour préparer cette solution par dissolution.

1.2. La solution S_0 permet de préparer une échelle de teintes constituée par cinq solutions dont on mesure l'absorbance A à la longueur d'onde 530 nm.

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Concentration c (mol.L^{-1})	$1,0 \times 10^{-4}$	$8,0 \times 10^{-5}$	$6,0 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$
A	0,221	0,179	0,131	0,088	0,044

1.2.1. Tracer la courbe représentant $A = f(c)$ SUR LA FEUILLE DE PAPIER MILLIMÉTRÉ A RENDRE AVEC LA COPIE.

Échelle des abscisses : 1 cm pour $0,5 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

Échelle des ordonnées : 1 cm pour 0,01

Déterminer la relation numérique entre A et c .

1.2.2. À partir du spectre d'absorption ci-dessous (figure 1) réalisé avec une solution de permanganate de potassium, expliquer comment on a choisi la longueur d'onde pour cette étude.

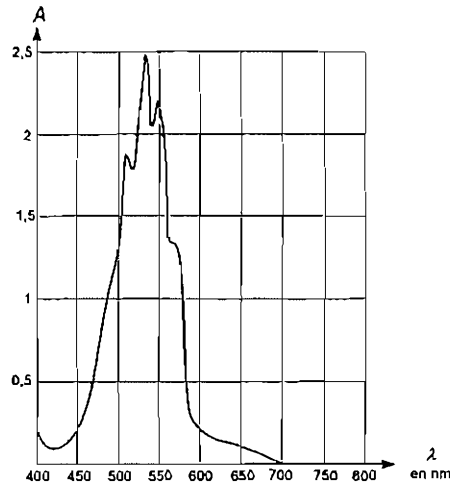


Figure 1

1.2.3. Ce spectre a-t-il été réalisé avec une solution de concentration molaire plus élevée ou plus faible que celles du tableau précédent ? Justifier sans calcul.

1.3. L'absorbance de l'eau de Dakin à la longueur d'onde $\lambda = 530 \text{ nm}$ est 0,14.

À cette longueur d'onde, et pour les concentrations des espèces chimiques de l'eau de Dakin, on admettra que seul le permanganate de potassium intervient dans la mesure de l'absorbance.

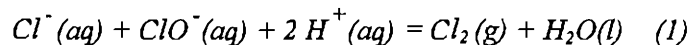
1.3.1. En déduire la concentration molaire c_{exp} en permanganate de potassium apporté de l'eau de Dakin.

1.3.2. À partir des données de l'étiquette, calculer la concentration molaire c en permanganate de potassium apporté de l'eau de Dakin et comparer au résultat expérimental. Pour cela, on calculera

si cela est nécessaire, l'écart relatif $\left| \frac{c - c_{\text{exp}}}{c} \right|$ et on l'exprimera en pourcentage.

2- Détermination de la masse de chlore actif.

2.1. Une définition de la masse de chlore actif correspond à la masse de dichlore dégagé lors de la transformation chimique modélisée par la réaction en milieu acide dont l'équation s'écrit :



Connaissant les deux couples oxydant/réducteur $\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$ et $\text{ClO}^- / \text{Cl}_2$, écrire, dans le cas de cette réaction, la demi-équation associée respectivement à chaque couple.

2.2. Afin de vérifier l'indication de l'étiquette concernant la masse de chlore actif, on verse un excès d'acide chlorhydrique dans un volume $V = 100 \text{ mL}$ d'eau de Dakin. On réalise ainsi la transformation chimique modélisée par la réaction associée à l'équation (1).

On recueille, sous la hotte, dans une cuve contenant de l'eau salée, un volume $v = 170 \text{ mL}$ de dichlore.

2.2.1. Justifier l'utilisation de l'eau salée pour la récupération du dichlore.

2.2.2. Calculer la masse de dichlore recueilli et la comparer à l'indication portée sur l'étiquette en

calculant l'écart relatif $\left| \frac{m - m_{\text{exp}}}{m} \right|$ et en exprimant celui-ci en pourcentage.

3. Rôle du dihydrogénophosphate de sodium dihydraté.

Dans l'eau de Dakin le dihydrogénophosphate de sodium permet de maintenir basique la solution.

Donner une raison justifiant la nécessité de maintenir basique l'eau de Dakin.

EXERCICE II. MÉCANIQUE DU VOL D'UN BALLON SONDE (6,5 points)

Un ballon sonde, en caoutchouc mince très élastique, est gonflé à l'hélium. Une nacelle attachée au ballon emporte du matériel scientifique afin d'étudier la composition de l'atmosphère.

En montant, le ballon grossit car la pression atmosphérique diminue. Sa paroi élastique finit par éclater à une altitude généralement comprise entre 20 et 30 kilomètres. Après l'éclatement, un petit parachute s'ouvre pour ramener la nacelle et son matériel scientifique au sol.

Il faut ensuite localiser la nacelle, puis la récupérer pour exploiter l'ensemble des expériences embarquées.

1. Mécanique du vol

L'objectif de cette partie est d'étudier la mécanique du vol du ballon sonde à faible altitude (sur les premières centaines de mètres). On peut alors considérer que l'accélération de la pesanteur g , le volume du ballon V_b et la masse volumique ρ de l'air restent constantes.

On modélisera la valeur f de la force de frottement de l'air sur le système étudié par l'expression :

$f = K \cdot \rho \cdot v^2$ où K est une constante pour les altitudes considérées et v la vitesse du centre d'inertie du système {ballon + nacelle}.

On supposera qu'il n'y a pas de vent (le mouvement s'effectue dans la direction verticale) et que le volume de la nacelle est négligeable par rapport au volume du ballon.

Le système {ballon + nacelle} est étudié dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

1.1. Condition de décollage du ballon.

1.1.1. Établir le bilan des forces exercées sur le système {ballon + nacelle}, lorsque le ballon vient juste de décoller. Indiquer le sens et la direction de chaque force.

1.1.2. La poussée d'Archimède.

Donner l'expression littérale de la valeur F_A de la poussée d'Archimède.

1.1.3. Soit M la masse du système.

Appliquer au système la seconde loi de Newton (seule la relation vectorielle est demandée).

1.1.4. La vitesse initiale du ballon (juste après le décollage) étant considérée comme nulle, à quelle condition doit satisfaire le vecteur accélération pour que le ballon puisse s'élever ? En déduire une condition sur M (on projettera la relation obtenue à la question 1.1.3. **sur un axe vertical orienté vers le haut**).

1.1.5. En déduire la masse maximale de matériel scientifique que l'on peut embarquer dans la nacelle.

Données : $\rho = 1,22 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$V_b = 9,0 \text{ m}^3$$

Masse du ballon (enveloppe + hélium) : $m = 2,10 \text{ kg}$

Masse de la nacelle vide : $m' = 0,50 \text{ kg}$

1.2. Ascension du ballon.

1.2.1. À partir de la question 1.1.3. et en conservant l'axe défini à la question 1.1.4., montrer que l'équation différentielle régissant le mouvement du ballon peut se mettre sous la forme

$$A \cdot v^2 + B = \frac{dv}{dt} \text{ et donner les expressions de A et B.}$$

La masse de matériel embarqué étant de 2,0 kg, l'application numérique donne $A = -0,53 \text{ m}^{-1}$ et $B = 13,6 \text{ m.s}^{-2}$.

1.2.2. Une méthode de résolution numérique, la méthode d'Euler, permet de calculer de façon approchée la vitesse instantanée du ballon à différentes dates en utilisant la relation suivante :

$$v(t_{n+1}) = v(t_n) + \Delta v(t_n) \text{ avec } \Delta v(t_n) = a(t_n) \cdot \Delta t.$$

$t_{n+1} = t_n + \Delta t$ où Δt est le pas de résolution.

Par cette méthode on souhaite calculer la vitesse v_1 à l'instant de date $t_1 = 0,05 \text{ s}$ et la vitesse v_2 à l'instant de date $t_2 = 0,1 \text{ s}$, la vitesse initiale du ballon étant nulle. On prendra $\Delta t = 0,05 \text{ s}$.

En utilisant la méthode d'Euler, l'équation différentielle de la question 1.2.1 et les valeurs de A et B, recopier et compléter le tableau suivant :

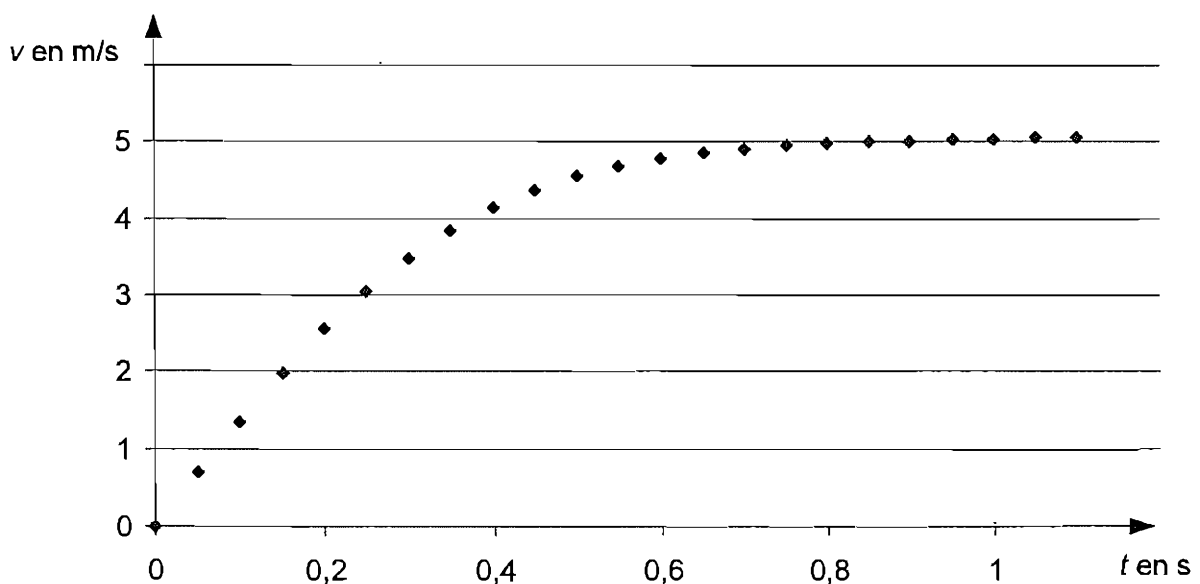
Date t en s	Valeur de la vitesse $v(t_n)$ en m.s^{-1}	Valeur de l'accélération $a(t_n)$ en m.s^{-2}	$\Delta v(t_n)$ en m.s^{-1}
$t_0 = 0,0$	0	13,6	
$t_1 = 0,05$			
$t_2 = 0,10$			

1.3. Vitesse limite du ballon.

1.3.1. Donner l'expression littérale de la vitesse limite v_l du ballon en fonction de A et B.

1.3.2. Calculer cette vitesse limite.

1.3.3. La méthode d'Euler donne le graphique suivant :



Comparer la vitesse limite calculée au 1.3.2. à la valeur lue sur le graphique (le calcul de l'écart relatif n'est pas demandé).

2. Le poids et la poussée d'Archimède varient-ils avec l'altitude ?

Le tableau suivant donne quelques valeurs de grandeurs mesurées au voisinage de la Terre.

Altitude h (en m)	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
Accélération de la pesanteur g_h (en m.s^{-2})	9,8066	9,8036	9,8005	9,7974	9,7943	9,7912	9,7882	9,7851	9,7820	9,7789
Masse volumique de l'air ρ_h (en kg.m^{-3})	1,22	1,11	1,00	0,90	0,82	0,73	0,66	0,59	0,52	0,46

2.1. Le poids.

En calculant l'écart relatif $\frac{\Delta g}{g} = \left| \frac{g_{9000} - g_0}{g_0} \right|$, montrer que pour les altitudes figurant dans le tableau précédent, l'accélération de la pesanteur peut être considérée comme constante à moins de 1 % près.

On peut donc considérer que le poids est constant entre les altitudes 0 m et 9000 m.

2.2. La poussée d'Archimède.

En s'aidant de la phrase soulignée dans l'introduction de l'exercice et en considérant qualitativement l'évolution avec l'altitude de chaque paramètre intervenant dans la poussée d'Archimède (dont la valeur est notée F_A), choisir et justifier la conclusion qui convient parmi les propositions suivantes :

- F_A augmente.
- F_A reste constante.
- F_A diminue.
- On ne peut pas conclure.

EXERCICE III. BIZARRE, BIZARRE... (5,5 points)

Cet exercice est construit autour de deux phénomènes surprenants :

- en chimie avec la présentation de deux produits salissants qui peuvent, en s'alliant, donner un produit nettoyant ;

- en physique avec l'étude d'un dispositif permettant de produire une lumière visible à partir d'un rayonnement invisible.

Les parties 1. et 2. sont indépendantes.

1. Quand la cendre et le suif s'emmêlent...

Il y a quelques décennies, les femmes lavaient le linge au lavoir en utilisant un mélange de suif (graisse animale) et de cendre. On cherche à comprendre ici comment ces deux produits salissants permettent le nettoyage.

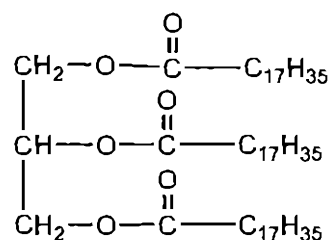
1.1. La cendre.

Les cendres étaient recueillies dans un pot et mélangées à de l'eau. La cendre de bois contient de la potasse KOH.

Sachant que la potasse contient des ions potassium K^+ , écrire l'équation traduisant la réaction associée à la dissolution de la potasse solide dans l'eau.

1.2. Le suif.

Le suif est composé majoritairement de tristéarate (ou octadécanoate) de glycéryle dont la formule est :



1.2.1. À quelle famille chimique appartient le tristéarate de glycéryle ? Recopier la formule et entourer les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) correspondant à cette famille.

1.2.2. Donner la formule de l'acide (sans le nommer), ainsi que la formule et le nom de l'alcool nécessaires pour fabriquer le tristéarate de glycéryle. Comment se nomme cette réaction ?

1.3. Le mélange de suif et de cendre...

1.3.1. En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation chimique de la réaction modélisant la transformation lors du mélange de suif et de cendre.

1.3.2. Par cette réaction, on obtient un savon qui a des propriétés nettoyantes.

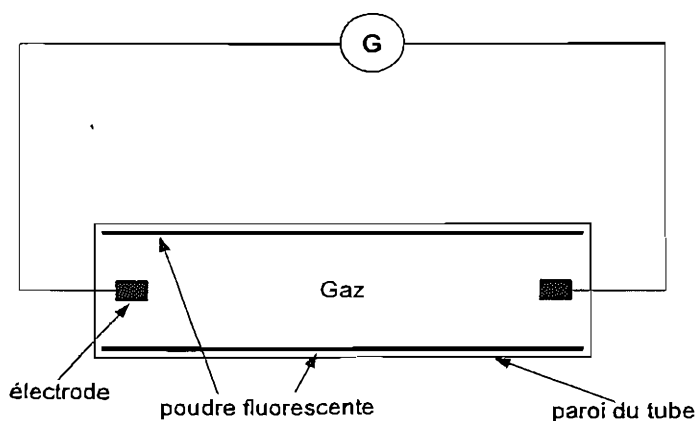
Ce produit possède une partie hydrophile et une partie lipophile.

Identifier la partie hydrophile de l'ion négatif contenu dans ce savon et préciser la définition du terme « hydrophile ».

2. Principe de fonctionnement d'un tube fluorescent.

Le tube fluorescent étudié est constitué d'un cylindre de verre qui contient un gaz à basse pression. La paroi intérieure du cylindre est recouverte d'une poudre fluorescente. Lorsque le tube est mis sous tension, une décharge électrique se produit : des électrons circulent dans le gaz entre les deux électrodes. Les électrons bombardent les atomes gazeux et leur cèdent de l'énergie.

Le schéma simplifié du circuit est donné ci-dessous :

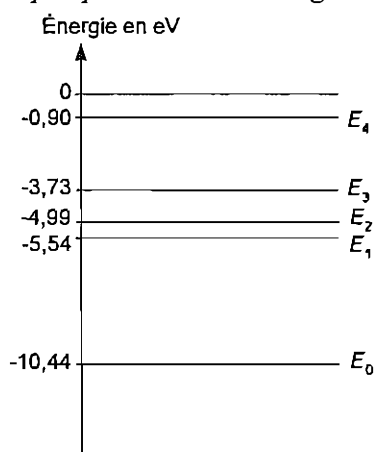


2.1. On donne **page 10/10** les spectres, dans le visible, des lumières émises par deux tubes fluorescents et deux lampes (une lampe à vapeur de mercure et une lampe à vapeur de sodium) vendus dans le commerce.

Quel est le gaz contenu dans les tubes 1 et 2 ? Justifier.

2.2. Étude du spectre du mercure.

Le diagramme ci-dessous représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure.



2.2.1. Comment désigne-t-on le niveau le plus bas E_0 sur le diagramme énergétique ?

2.2.2. Un électron cède une partie de son énergie à un atome de mercure. L'énergie de celui-ci passe du niveau E_0 au niveau E_1 .

Comment qualifie-t-on l'état dans lequel se trouve alors l'atome de mercure ?

2.2.3 Retour vers E_0 .

Lors de la transition du niveau E_1 vers le niveau E_0 , l'atome de mercure perd un quantum d'énergie.

On donne :

- la valeur de la constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ S.I. ;

- la valeur de la célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹ ;

On rappelle que : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J.

2.2.3.a. Comment se manifeste cette perte d'énergie ?

2.2.3.b. Calculer la longueur d'onde $\lambda_{j \rightarrow 0}$ correspondante dans le vide.

2.2.3.c. Après avoir rappelé les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible, dire dans quel domaine, ultra-violet (U.V.) , visible ou infra-rouge (I.R.), se situe la radiation de longueur d'onde $\lambda_{j \rightarrow 0}$.

2.3. Des U.V. à la lumière visible.

2.3.1. *Pour que la poudre produise de la lumière visible, elle doit être soumise à un rayonnement dont la longueur d'onde est comprise entre 200 nm et 300 nm. Elle émet alors de la lumière dont le spectre est continu.*

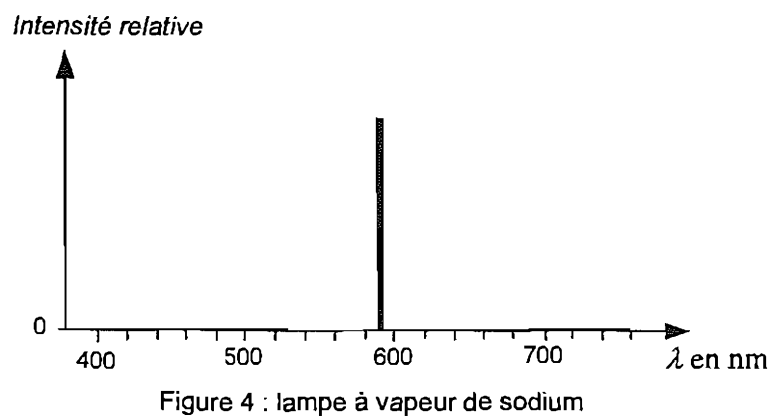
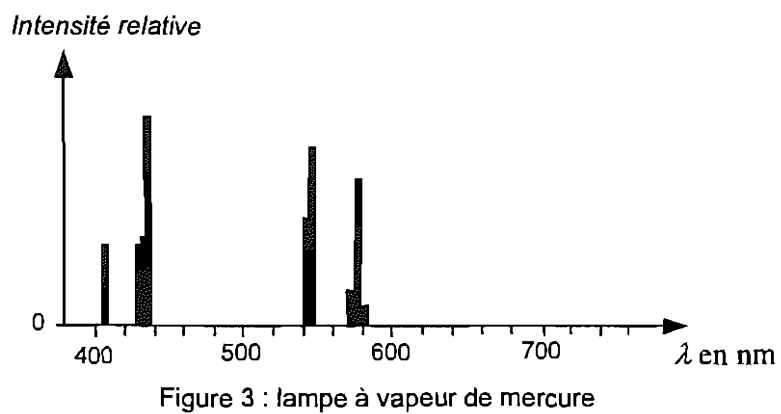
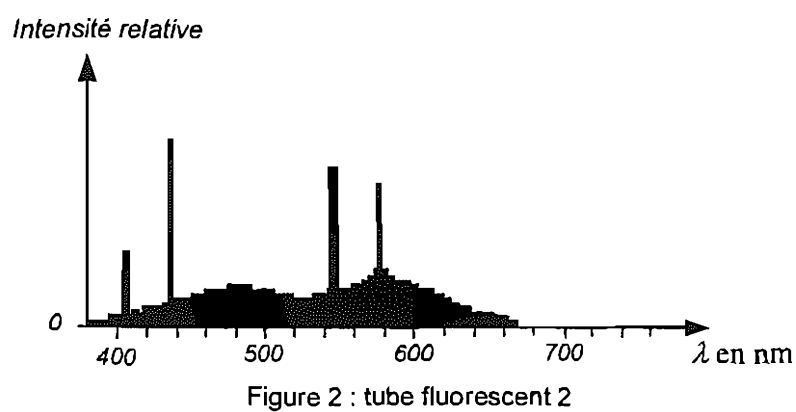
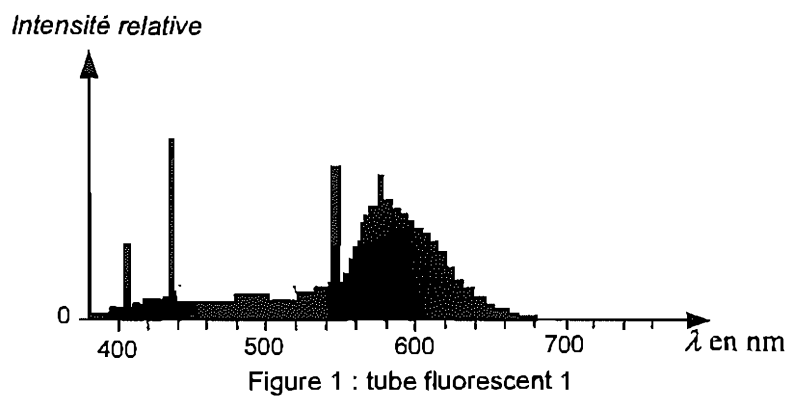
La vapeur de mercure contenue dans le tube permet-elle à la poudre déposée sur les parois du tube d'émettre de la lumière visible ? Justifier.

2.3.2. *Un éclairage confortable pour la restitution des couleurs correspond à de la lumière dont le spectre est continu et se rapproche de celui de la lumière solaire.*

En comparant soit les spectres des figures 2 et 3, soit les spectres des figures 1 et 3, donnés page 10/10, indiquer le rôle des poudres.

2.3.3. En comparant les spectres des figures 1 et 2, montrer que la nature de la poudre a une influence sur la couleur de la lumière émise.

SPECTRES À UTILISER POUR L'EXERCICE III.
 Ces représentations sont limitées aux rayonnements visibles



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. L'eau de Dakin (4 points) (spécialité)
- II. Mécanique du vol d'un ballon sonde (6,5 points)
- III. Bizarre, bizarre...(5,5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au **B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. L'EAU DE DAKIN (4 POINTS)

Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.		
1.1. $m = c_0 \times V_0 \times M(\text{KMnO}_4)$ $m = 0,010 \times 0,500 \times 158 = 0,79 \text{ g}$	0,25 0,25	
1.2.1 . Graphique $A = 2,2 \times 10^3 \times c$	0,25 0,25	
1.2.2. La longueur d'onde choisie correspond au maximum d'absorption.	0,25	
1.2.3 Le spectre a été réalisé avec une solution de concentration plus élevée car son absorbance à 530 nm est plus grande (2,5) que celle des solutions du tableau.	0,5	0 si pas de justification
1.3.1. $c_{\text{exp}} = \frac{0,14}{2,2 \times 10^3} = 6,4 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ ou lecture sur la courbe	0,25	Accepter $6,3 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$
1.3.2. $c = \frac{m(\text{KMnO}_4)}{V \times M(\text{KMnO}_4)} = \frac{0,0010}{0,100 \times 158} = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ $\left \frac{c - c_{\text{exp}}}{c} \right = \left \frac{6,3 \cdot 10^{-5} - 6,4 \cdot 10^{-5}}{6,3 \cdot 10^{-5}} \right = 1,6 \cdot 10^{-2} = 1,6 \%$ Le résultat expérimental est donc très proche de l'inscription de l'étiquette.	0,25 0,25	Si deux fois $6,3 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ est trouvé, accepter la réponse « même résultat ».
2.		
2.1. $2\text{Cl}^- = \text{Cl}_2 + 2e^-$ $2e^- + 4\text{H}^+ + 2\text{ClO}^- = \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,25 0,25	
2.2.1. Le dichlore est très peu soluble dans l'eau salée. On récupère donc la quasi totalité du dichlore dans l'éprouvette à gaz.	0,25	
2.2.2. $m_{\text{Cl}_2} = \frac{v}{V_M} \times M_{\text{Cl}_2} = \frac{0,170}{24,0} \times 71,0 = 0,503 \text{ g}$ $\left \frac{m - m_{\text{exp}}}{m} \right = \left \frac{0,500 - 0,503}{0,500} \right = 6 \cdot 10^{-3} = 0,6 \%$ Le résultat obtenu est conforme à la donnée de l'étiquette.	0,25 0,25	
3.		
Le maintien d'un pH basique permet d'éviter que la réaction (1) n'ait lieu.	0,25	La toxicité du dichlore n'est pas exigée

EXERCICE II. MÉCANIQUE DU VOL D'UN BALLON SONDE (6,5 points)

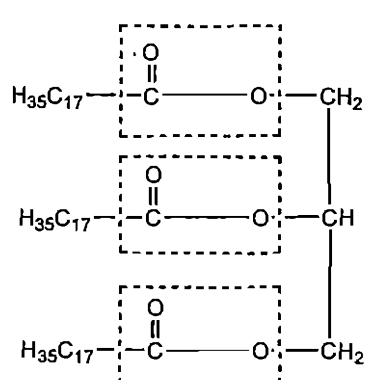
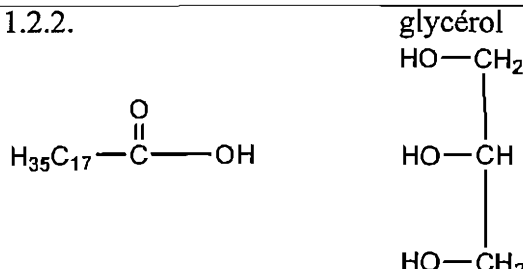
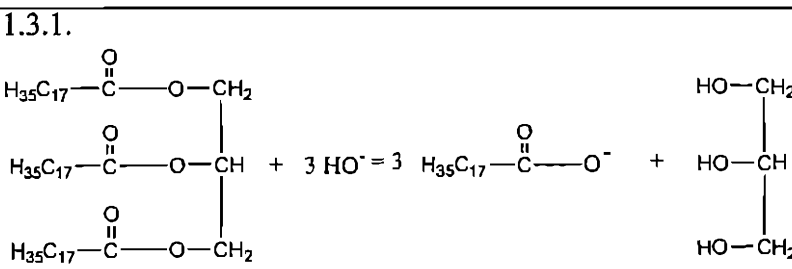
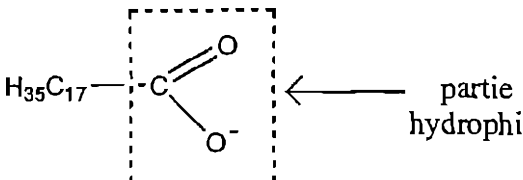
Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
I.		
1.1.1. Poids du système, vertical, vers le bas. Poussée d'Archimède, verticale, vers le haut. Force de frottement de l'air, verticale, vers le bas.	0,5	0,25 si une erreur. Zéro si deux erreurs ou plus.
1.1.2. $F_a = \rho \cdot V_b \cdot g$	0,25	
1.1.3. $M \cdot \vec{a}_G = \vec{F}_a + M \cdot \vec{g} + \vec{f}$	0,5	0,25 si seule la relation $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$ est donnée. Si cette relation est développée au 1.1.4. ajouter 0,25.
1.1.4. Le vecteur accélération doit être dirigé vers le haut. Le ballon peut s'élever si la coordonnée (ou composante) du vecteur accélération est strictement positive, soit : $F_a - Mg > 0$ d'où $F_a > Mg$ Il faut donc $M < \rho \cdot V_b$	0,25 0,25 0,25	On n'exige pas la direction verticale.
1.1.5. $\rho \cdot V_b - (m + m') = 1,22 \times 9,0 - (2,100 + 0,500) = 8,4 \text{ kg}$	0,25	
1.2.1. On projette la relation de la question 1.1.3. sur un axe vertical orienté vers le haut. $M \cdot \frac{dv}{dt} = \rho \cdot V_b \cdot g - M \cdot g - K \cdot \rho \cdot v^2$ $\frac{dv}{dt} = -\frac{K \cdot \rho}{M} \cdot v^2 + g \left(\frac{\rho \cdot V_b}{M} - 1 \right)$ $A = -\frac{K \cdot \rho}{M}$ $B = g \left(\frac{\rho \cdot V_b}{M} - 1 \right)$	0,25 $\left. \begin{array}{l} \phantom{A = -\frac{K \cdot \rho}{M}} \\ \phantom{B = g \left(\frac{\rho \cdot V_b}{M} - 1 \right)} \end{array} \right\} 0,25$ 0,25 0,25	

1.2.2				1	Moins 0,25 à chaque erreur
date (en s)	Valeur numérique de la vitesse (m.s ⁻¹)	Valeur numérique de l'accélération (m.s ⁻²)	$\Delta v(t_n)$ en (m.s ⁻¹)		
$t_0 = 0,0$	0	13,6	0,68		
$t_1 = 0,05$	0,68	13,4	0,67		
$t_2 = 0,10$	1,35				
1.3.1. Lorsque la vitesse limite est atteinte, l'accélération est nulle, soit : $A.v^2 + B = 0$				0,5	
$V_t = \sqrt{-\frac{B}{A}}$				0,25	
1.3.2. $V_t = \sqrt{\frac{13,6}{0,53}} = 5,1 \text{ m.s}^{-1}$				0,25	
1.3.3. Le résultat correspond à celui du graphique.				0,25	
2.					
2.1. $\frac{\Delta g}{g} = \left \frac{9,7789 - 9,8066}{9,8066} \right = 2,82 \cdot 10^{-3} \approx 0,3 \%$				0,25	Accepter 0,2825%
Le résultat est effectivement inférieur à 1 %.				0,25	
2.2 Le ballon grossit, ce qui a tendance à augmenter la valeur de F_a .				0,25	Zéro si pas de justification.
La masse volumique de l'air diminue, ce qui a tendance à diminuer la valeur de F_a .					
g est constante.				0,25	Ne pas pénaliser un oubli de g.
La proposition correcte est donc la proposition d : on ne peut pas conclure.					

EXERCICE III : BIZARRE, BIZARRE...(5,5 POINTS)

Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
<p>1. Quand la cendre et le suif s'emmêlent... $\text{KOH} = \text{K}^+ + \text{HO}^-$</p>	0,25	La notation "aq" n'est pas exigée.
<p>1.2.1. triester ou ester</p> 	0,25	Mettre 0,25 si un seul groupe est entouré.
<p>1.2.2.</p>  <p>estérification</p>	0,5	Retirer 0,25 par réponse fausse
<p>1.3.1.</p> 	0,25	Accepter $\text{H}_{35}\text{C}_{17}\text{CO}_2^-$ Accepter l'équation avec ou sans les ions K^+
<p>1.3.2. hydrophile: qui a des affinités avec l'eau</p> 	0,25	Accepter « qui aime l'eau » Accepter $\text{H}_{35}\text{C}_{17}\text{CO}_2^-$
<p>2. Principe de fonctionnement d'un tube fluorescent. 2.1. Le gaz contenu dans les tubes 1 et 2 est le mercure</p>	0,25	0 si pas de

car on retrouve dans les spectres des deux lampes commerciales les raies caractéristiques du mercure (voir spectre n°3). Ce n'est pas le sodium car les raies ne correspondent pas.	0,25	justification
2.2.1. Niveau fondamental.	0,25	
2.2.2. Etat excité.	0,25	
2.2.3.a. Émission d'une radiation.	0,25	Accepter émission d'un photon
2.2.3.b. $\lambda_{1 \rightarrow 0} = \frac{hc}{\Delta E}$ $\lambda_{1 \rightarrow 0} = 2,54 \times 10^{-7} \text{ m}$	0,25 0,25	
2.2.3.c. $\lambda_{\text{violet}} \cong 400 \text{ nm} < \lambda_{\text{visible}} < \lambda_{\text{rouge}} \cong 800 \text{ nm}$ $\lambda_{1 \rightarrow 0}$ se situe dans le domaine des U.V.	0,25 0,25	Accepter 750 nm
2.3.1. Oui car $200 \text{ nm} < 254 \text{ nm} < 300 \text{ nm}$	0,25	
2.3.2. Les poudres permettent d'avoir un spectre continu.	0,25	
2.3.3. L'intensité relative des différentes longueurs d'onde n'est pas répartie de la même façon.	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 — COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci. **Le feuillet de l'annexe** (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, **EST À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. **Mal de tête (4 points)**
- II. **Comment faire des ricochets sur l'eau ? (5 points)**
- III. **Du chlore dans l'eau (7 points)**

EXERCICE I. MAL DE TÊTE (4 POINTS)

Sylvie a mal à la tête. Elle met un comprimé d'aspirine dans un grand verre d'eau. Après agitation, elle s'aperçoit que des particules restent en suspension. Ce mélange non homogène n'étant pas agréable à boire, elle le filtre et boit le filtrat. Son mal de tête persistant, elle se demande si elle a bien absorbé la totalité de l'aspirine contenue dans le comprimé, soit 500 mg.

Données :

La solubilité s , exprimée en g.L^{-1} , d'une espèce A est la masse maximale de cette espèce que l'on peut dissoudre dans un litre de solution à une température donnée.

La solution est saturée quand la valeur de la masse de soluté A introduite dans un litre de solution, à une température donnée, est supérieure ou égale à la valeur de s à cette température.

La solubilité de l'acide acétylsalicylique dans l'eau à $20\text{ }^\circ\text{C}$ est : $s = 3,3\text{ g.L}^{-1}$.

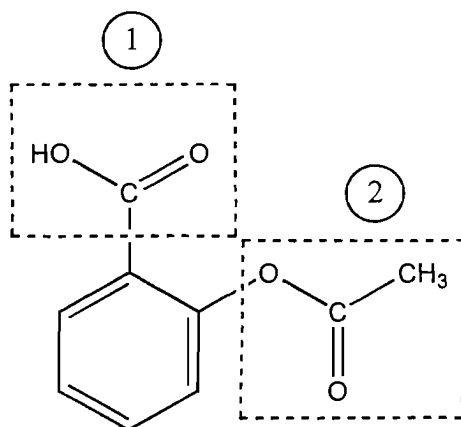
La masse molaire de l'acide acétylsalicylique est : $M = 180\text{ g.mol}^{-1}$.

La transformation qui se produit lors du titrage est rapide et totale.

Les questions 1, 2, 3 et 4 sont indépendantes.

1. La molécule d'aspirine ou d'acide acétylsalicylique

La molécule d'aspirine ou d'acide acétylsalicylique a pour formule :



À quelle famille de composé correspond chacun des groupes caractéristiques (ou fonctionnels) notés 1 et 2 et encadrés dans la formule de l'acide acétylsalicylique ?

2. La masse d'aspirine absorbée par Sylvie

Mode opératoire :

Sylvie remet un comprimé d'aspirine dans le même grand verre d'eau distillée. Après agitation et filtration, elle récupère le filtrat qu'elle appelle solution S . Elle en prélève un volume $V = 10,0\text{ mL}$ qu'elle dose à l'aide d'une solution aqueuse titrée d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 1,60 \times 10^{-2}\text{ mol.L}^{-1}$. Elle effectue ce titrage en présence d'un indicateur coloré approprié. Le volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence acido-basique est $V_{BE} = 11,5\text{ mL}$.

On admettra que la température des solutions est $20\text{ }^\circ\text{C}$.

2.1. Faire un schéma annoté du montage réalisé pour effectuer ce titrage.

2.2. En notant l'acide acétylsalicylique AH , écrire l'équation associée à la réaction chimique de titrage.

2.3. Donner la formule semi-développée de l'ion acétylsalicylate : base conjuguée de l'acide acétylsalicylique.

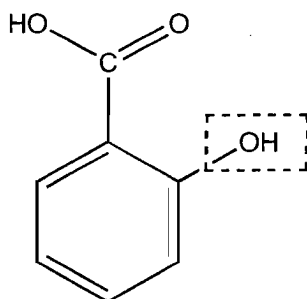
- 2.4. Après avoir rappelé la définition de l'équivalence, calculer la concentration molaire c_A en acide acétylsalicylique apporté de la solution S.
- 2.5. Sylvie calcule la masse d'aspirine absorbée.
- 2.5.1. Dédurre de la concentration molaire c_A , la concentration massique c_m de la solution S (masse d'aspirine dissoute dans un litre de solution).
- 2.5.2. Montrer que la solution S est saturée.
- 2.5.3. On estime que le volume V_S de la solution S bu par Sylvie est égal à 100 mL.
A-t-elle bien absorbé 500 mg d'aspirine ?
- 2.6. Sylvie s'interroge : « Que se passerait-il si j'utilisais un volume d'eau plus petit ? »
Elle recommence donc l'expérience en utilisant un volume d'eau distillée deux fois plus petit pour la mise en solution du comprimé d'aspirine. Elle obtient, lors du titrage de 10,0 mL de filtrat, par la même solution de soude de concentration c_B , un volume équivalent V'_{BE} .
Choisir, parmi les propositions suivantes, celle qui convient, en justifiant le choix :
- proposition n°1 : $V'_{BE} = 5,75 \text{ mL}$;
 - proposition n°2 : $V'_{BE} = 11,5 \text{ mL}$;
 - proposition n°3 : $V'_{BE} = 23,0 \text{ mL}$.

3. Une autre transformation possible.

- 3.1. Le groupe caractéristique présent à la fois dans l'acide acétylsalicylique et dans sa base conjuguée réagit avec les ions hydroxyde HO^- .
Donner le nom de cette réaction chimique et écrire son équation dans le cas où les réactifs sont les ions hydroxyde et les ions acétylsalicylate.
- 3.2. Lors du titrage de la solution S, on n'a pas tenu compte de cette transformation.
Donner un argument justifiant ce choix.

4. Et si on fabriquait de l'aspirine...

Au laboratoire, on peut fabriquer l'acide acétylsalicylique (ou aspirine) à partir de l'acide salicylique et d'un anhydride d'acide.
La molécule d'acide salicylique a pour formule :



Remarque : Dans cette molécule, le groupe encadré caractéristique de la fonction phénol réagit de la même manière qu'un alcool avec un anhydride d'acide.

- 4.1. Donner la formule chimique semi-développée de l'anhydride d'acide utilisé lors de la synthèse de l'aspirine.
- 4.2. Écrire l'équation associée à la réaction chimique entre l'acide salicylique et l'anhydride d'acide correspondant en utilisant les formules semi-développées.
- 4.3. Pourquoi utilise-t-on un anhydride d'acide plutôt qu'un acide carboxylique ?

EXERCICE II. COMMENT FAIRE DES RICOCHETS SUR L'EAU ? (5 POINTS)

Minutius Felix, au 3^{ème} siècle de notre ère écrit : « On choisit sur le rivage une pierre plate et ronde, polie par le mouvement des flots, on la tient horizontalement entre les doigts puis, en s'inclinant le plus près possible du sol, on l'envoie sur la surface de l'eau. La pierre, animée d'une certaine vitesse, glisse et nage à la surface ; lancée avec force, elle saute et bondit en rasant les flots. Le vainqueur est celui dont la pierre est allée le plus loin et a rebondi le plus grand nombre de fois. »

Le record du monde officiel, établi en 1992 par l'américain Jerdine Coleman Mc Ghee, est de 38 ricochets.

Actuellement, des chercheurs tentent de comprendre tous les aspects concernant les lancers de pierre permettant des ricochets.

D'après un article de « La Recherche »

Données :

La valeur du champ de pesanteur est $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Le référentiel terrestre est considéré comme galiléen .

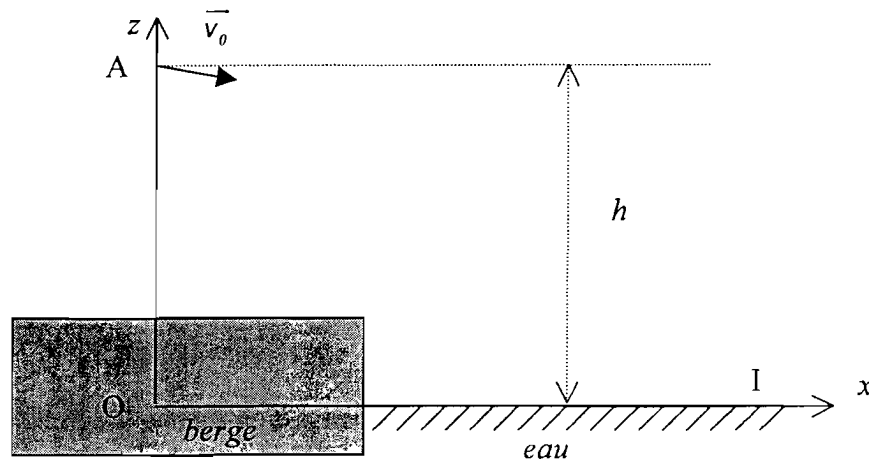
1. Objectif : record du monde...

La pierre utilisée, de masse $m = 0,10 \text{ kg}$, est lancée d'un point A situé à la hauteur h au-dessus de la surface de l'eau (voir figure n° 1). Le mouvement est filmé à l'aide d'un caméscope dont l'axe de visée est horizontal et perpendiculaire au plan de la trajectoire. L'objectif du caméscope est suffisamment éloigné de ce plan pour considérer que sa distance à la pierre est constante. On dispose une règle graduée dans ce plan. Un logiciel de traitement d'images permet de visionner le film image par image et de pointer les positions successives de coordonnées (x, z) du centre d'inertie G de la pierre en fonction du numéro de l'image, donc à différents instants de date t . On obtient les résultats donnés dans le tableau n°1 ci-dessous:

Tableau n°1

$x(m)$	$z(m)$	n° image	$t(s)$	$v_x (m.s^{-1})$	$v_z (m.s^{-1})$
0	1,75	0	0		
0,48	1,70	1	0,040	12	-1,4
0,96	1,64	2	0,080		
1,44	1,56	3	0,120	12	-2,2
1,92	1,46	4	0,160	12	-2,6
2,40	1,35	5	0,200	12	-3
2,88	1,22	6	0,240	12	-3,4
3,36	1,08	7	0,280	12	-3,8
...
5,76	0,12	12	0,480	12	-5,8

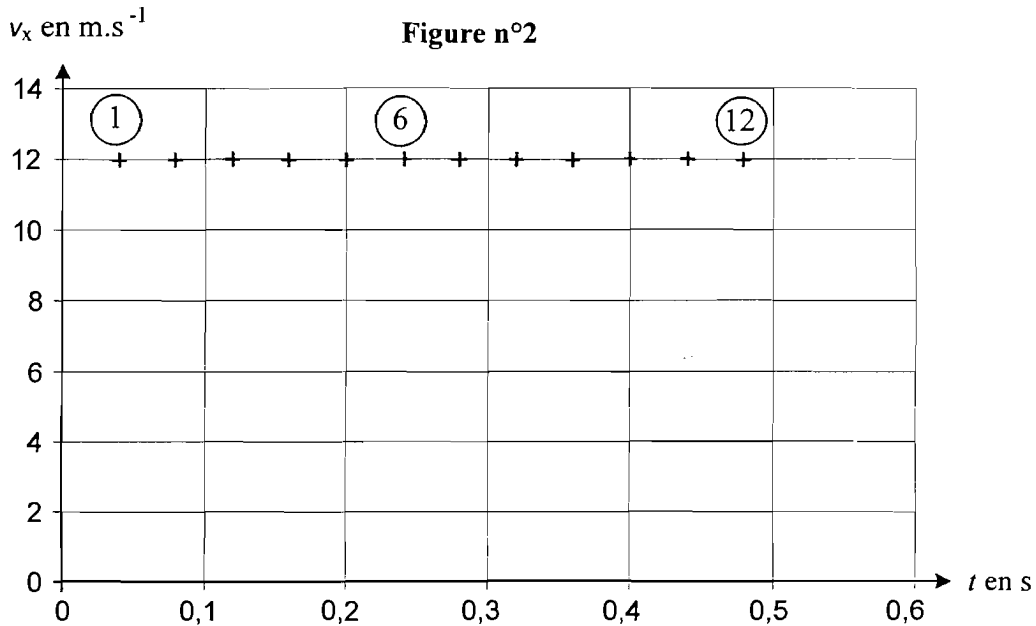
Figure n°1



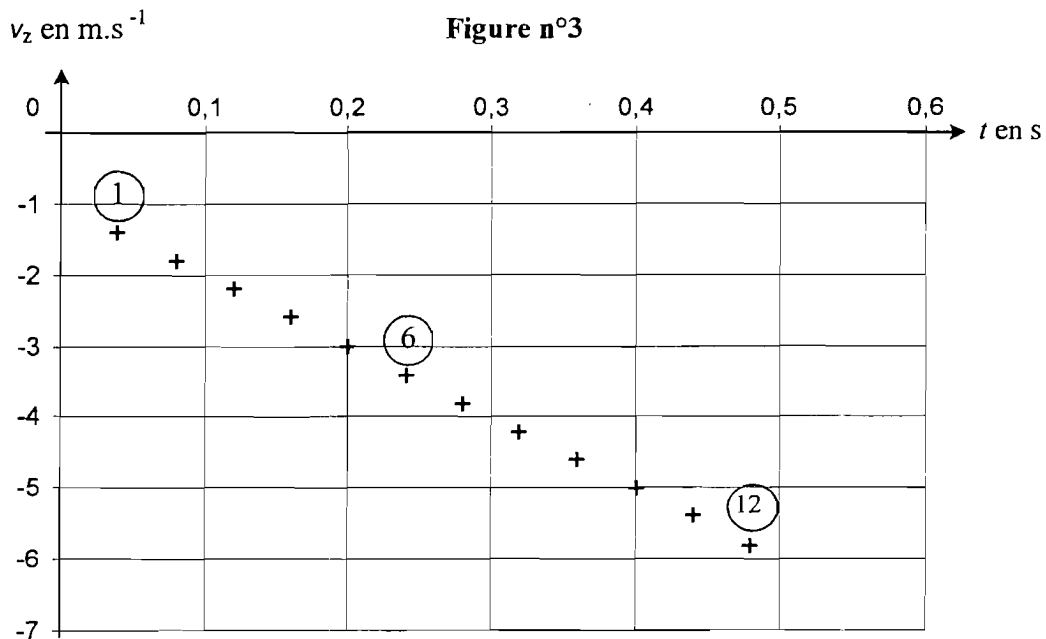
1.1. Sur ce film, une image montre la pierre quittant le point A de coordonnées : $x_0 = 0$ m et $z_0 = h = 1,75$ m. L'origine des dates est prise à cet instant. Le numéro de cette image est 0. À partir des valeurs du tableau, calculer les coordonnées v_x et v_z du vecteur vitesse à l'instant de date $t_2 = 0,080$ s.

1.2. On donne, sur la figure n°2, la représentation graphique de la coordonnée v_x en fonction de la date t .

En déduire la valeur de v_{0x} , coordonnée du vecteur vitesse du point G sur l'axe horizontal à l'instant de date $t_0 = 0$ s.



1.3. La figure n°3 montre la représentation graphique de la coordonnée v_z en fonction de la date t . Déterminer graphiquement la valeur de v_{0z} à l'instant de date $t_0 = 0$ s.



1.4. Calculer la valeur v_0 de la vitesse initiale à l'instant de date $t_0 = 0$ s.

1.5. Étude énergétique

1.5.1. L'énergie cinétique de la pierre a pour expression $\frac{1}{2}mv^2$. La pierre touche l'eau à un instant intermédiaire entre ceux des prises de vue n° 12 et n° 13. On admet que la vitesse v' de la pierre, juste avant qu'elle ne touche l'eau est pratiquement égale à celle qu'elle avait à la date t_{12} . À partir des figures n° 2 et n° 3, on trouve $v' = 13 \text{ m.s}^{-1}$. Par une démarche identique, on peut déterminer la vitesse v'' de la pierre juste après le premier rebond. Cette vitesse est égale à $v'' = 11 \text{ m.s}^{-1}$.

Calculer la variation d'énergie mécanique ΔE de la pierre au cours de ce premier rebond en considérant que la pierre est au niveau de l'eau juste avant et juste après le rebond.

1.5.2. On choisit l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de l'eau.

Donner l'expression de l'énergie mécanique $E(A)$ de la pierre à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ dans le champ de pesanteur.

À partir des valeurs consignées dans le tableau n° 1, d'autres données de l'exercice et du résultat de la question 1.4., calculer l'énergie mécanique initiale $E(A)$.

1.5.3. On cherche à déterminer le nombre maximal N de rebonds que l'on peut espérer obtenir. Pour cela on admet que :

- l'énergie perdue par la pierre au cours de chaque choc avec l'eau sera toujours égale à la valeur absolue $|\Delta E|$ de ΔE ;

- si l'énergie de la pierre après le $N^{\text{ième}}$ rebond est inférieure à $|\Delta E|$, la pierre ne rebondit plus lors de son prochain choc avec l'eau.

L'énergie initiale de la pierre étant égale à $E(A)$, calculer N .

Remarque : La valeur trouvée pour N est très inférieure à celle du record du monde. Pour bien réussir un ricochet, il faut non seulement lancer la pierre avec une vitesse suffisamment élevée mais aussi la faire tourner le plus vite possible sur elle-même.

2. Du lancer au premier rebond

2.1. Nommer les 3 forces qui agissent sur la pierre au cours de son mouvement dans l'air après le lancement.

2.2. Le poids, force prépondérante.

2.2.1. En utilisant les figures n° 2 et n° 3, déterminer les coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération du centre d'inertie G de la pierre avant le premier rebond.

2.2.2. Vérifier que le vecteur accélération du point G est égal au vecteur champ de pesanteur \vec{g} aux incertitudes de lecture près.

2.2.3. En utilisant la deuxième loi de Newton, montrer que la valeur du poids est prépondérante devant celles des deux autres forces.

2.3. Dans ces conditions l'énergie mécanique de la pierre est constante entre le point A et le point I , point d'impact du caillou sur l'eau. On choisit à nouveau l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de l'eau.

En déduire la valeur de la vitesse de la pierre au point d'impact I et vérifier qu'elle est voisine de v soit 13 m.s^{-1} .

3. Les ronds dans l'eau

Quelques secondes après l'impact du caillou, une onde mécanique à la surface de l'eau se propage. On observe ainsi des rides circulaires, centrées au point d'impact, dont le rayon augmente au cours du temps. Entre les images n° 60 et 80, le rayon d'une ride augmente de $0,24 \text{ m}$. La durée séparant deux images consécutives est $\Delta t = 40 \text{ ms}$.

3.1. Cette onde progressive est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

3.2. Calculer la célérité de l'onde.

EXERCICE III. DU CHLORE DANS L'EAU (7 POINTS)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Du chlore dans les eaux souterraines

Il existe deux principaux isotopes stables du chlore (dont les nombres de masse sont 35 et 37) trouvés dans les proportions respectives de 3 pour 1 et qui donnent aux atomes en vrac une masse molaire atomique apparente de $35,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

Le chlore a 9 isotopes avec des nombres de masse s'étendant de 32 à 40. Seulement trois de ces isotopes existent à l'état naturel : le Cl-35 stable (75,77 %), le Cl-37 stable (24,23 %) et le Cl-36 radioactif. Le rapport du nombre de noyaux de Cl-36 au nombre total de noyaux de Cl présents dans l'environnement est de $7,0 \times 10^{-13}$ actuellement.

Le «chlore 36» (Cl-36) se désintègre essentiellement en « argon 36 » (Ar-36). La demi-vie du Cl-36 est de 301×10^3 ans. Cette valeur le rend approprié pour dater géologiquement les eaux souterraines sur une durée de soixante mille à un million d'années.

D'après un article d'encyclopédie

Données :

- Relation entre le temps de demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$
- Relation entre l'activité A d'un échantillon et le nombre moyen de noyau N présent dans cet échantillon, à une date t donnée : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$
- $1 \text{ an} = 3,156 \times 10^7 \text{ s}$
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Masse molaire atomique du chlore : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Masse et numéro atomique (ou nombre de charge) de quelques particules et noyaux :

Particule ou noyau	proton	neutron	chlore 36	argon 36
Masse (10^{-27} kg)	1,672 62	1,674 92	59,711 28	
Z	1	0	17	18

1.1. Dans l'article, l'auteur indique des valeurs 35 et 37 pour les isotopes stables du chlore.

Que désignent plus précisément ces valeurs pour un noyau de chlore ?

1.2. Définir le terme « isotopes ».

1.3. Donner le symbole complet du noyau de « chlore 36 » et sa composition.

1.4. Calculer, en MeV, l'énergie de liaison E_{L_1} d'un noyau de « chlore 36 ». Exprimer le résultat **final** avec quatre chiffres significatifs.

On rappelle que $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

1.5. Le texte évoque la réaction de désintégration d'un noyau de « chlore 36 ».

Écrire l'équation de cette réaction, en indiquant :

- les lois utilisées ;
- le type de radioactivité mise en jeu.

1.6. Donner la définition du temps de « demi-vie » $t_{1/2}$ du « chlore 36 ».

1.7. Constante radioactive

- 1.7.1. Déterminer, par analyse dimensionnelle, l'unité de la constante radioactive λ dans le système international.
- 1.7.2. Calculer la constante radioactive de l'isotope de « chlore 36 » en respectant l'unité de base du système international.

1.8. Une bouteille contient un volume $V = 1,5 \text{ L}$ d'eau minérale. Sa teneur en ions chlorure est indiquée sur l'étiquette et vaut $c_m = 13,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

- 1.8.1. Calculer la quantité d'ions chlorure, en mol, dans l'eau de cette bouteille.
- 1.8.2. On suppose que le rapport du nombre de noyaux de « chlore 36 » au nombre total de noyaux de chlore présents dans cette eau minérale est celui donné dans l'article.
Montrer que le nombre N de noyaux de « chlore 36 » présents dans cette bouteille est $N = 2,4 \times 10^8$.
- 1.8.3. En déduire la valeur de l'activité en « chlore 36 » de l'eau que contient cette bouteille.
- 1.8.4. En déduire la valeur du nombre de désintégrations de noyaux de « chlore 36 » par jour.

1.9. Datation d'une eau souterraine

L'étude des isotopes radioactifs apporte des informations concernant la durée du transit souterrain d'une eau c'est-à-dire l'âge de la nappe phréatique. Les ions chlorures $\text{Cl}^- (\text{aq})$ sont presque toujours présents dans les eaux minérales naturelles et ne sont que rarement impliqués dans les interactions eaux - rochers. Dans les eaux de surface, le « chlore 36 » est renouvelé et la teneur en « chlore 36 » peut être supposée constante, ce qui n'est pas le cas dans les eaux souterraines des nappes phréatiques. Le « chlore 36 », de demi vie $3,01 \times 10^5$ ans, est donc un traceur particulièrement adapté à l'étude des eaux souterraines anciennes.

Pour dater des eaux plus récentes, on peut utiliser le « carbone 14 », de demi-vie $5,73 \times 10^3$ ans, présent dans les ions carbonates $\text{CO}_3^{2-} (\text{aq})$ dissous par exemple.

1.9.1. Loi de décroissance radioactive.

On considère un échantillon, de volume V donné, d'eau issue d'une nappe phréatique. On note :

- N_0 le nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » présents dans cet échantillon à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ de la constitution de la nappe.
- $N(t)$ le nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » dans l'eau extraite aujourd'hui de cette nappe et donc non renouvelée en « chlore 36 ».

Écrire la loi de décroissance radioactive liant $N(t)$, N_0 et $t_{1/2}$.

1.9.2. Datation d'une eau souterraine.

On admet que N_0 est égal au nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » présents dans un échantillon de même volume V d'eau de surface.

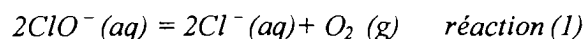
Déduire de la loi de décroissance écrite précédemment l'âge d'une nappe phréatique dont l'eau non renouvelée ne contient plus que 38 % du nombre de noyaux de « chlore 36 » trouvée dans les eaux de surface.

Pourquoi ne pas avoir utilisé le « carbone 14 » pour dater cette nappe phréatique ?

2. Du chlore dans l'eau de Javel

L'eau de Javel, produit courant et bon marché, est une solution aqueuse contenant entre autres des ions hypochlorite $\text{ClO}^- (\text{aq})$ et des ions chlorure $\text{Cl}^- (\text{aq})$. Outre ses propriétés désinfectantes (c'est un bactéricide puissant), l'eau de javel est utilisée pour son pouvoir « blanchissant », lié à l'action oxydante de l'ion hypochlorite sur de nombreux colorants.

L'eau de Javel se décompose lentement selon une transformation totale modélisée par la réaction d'équation :



On se propose d'étudier la décomposition d'une eau de Javel.

Pour suivre l'évolution de cette transformation, on dilue une solution commerciale S_0 afin d'obtenir un volume $V = 250 \text{ mL}$ d'une solution S_1 d'eau de Javel dix fois moins concentrée que S_0 . On verse $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution S_1 dans un ballon.

À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ où l'on déclenche le chronomètre, on ajoute, sans variation de volume, une pointe de spatule de chlorure de cobalt dans la solution et on bouche le ballon. L'ion cobalt $\text{Co}^{2+}(\text{aq})$ est un catalyseur de la réaction (1).

Pour suivre l'évolution de la transformation qui se déroule, on mesure, avec un dispositif adapté, la pression p du gaz dans le ballon. On néglige la quantité de dioxygène dissoute dans l'eau par rapport à la quantité de dioxygène produite. La température T est maintenue constante et le volume V_0 occupé par le gaz dans le ballon est constant : $T = 296 \text{ K}$ et $V_0 = 275 \text{ mL}$.

$t(\text{min})$	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	8,0	11,0	13,0	...	145	427	1308	1757	1896
$p(t) (10^2 \text{ Pa})$	1020	1038	1038	1055	1063	1068	1078	1084	1086	...	1103	1108	1111	1112	1112

La verrerie mise à disposition est en partie la suivante :

- fioles jaugées de 50 mL, 100 mL, 200 mL, 250 mL, 500 mL ;
- pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- pipettes graduées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- éprouvettes graduées de 10 mL, 20 mL, 250 mL, 500 mL.

2.1. Quels matériels, pris dans la verrerie mise à disposition, doit-on utiliser pour préparer S_1 ?

2.2. Avancement de la réaction

2.2.1. On note :

- n_1 la quantité initiale d'ions hypochlorite dans le volume V_1 de solution dans le ballon ;
- n_2 la quantité initiale d'ions chlorure dans ce même volume de solution ;
- n_3 la quantité initiale de dioxygène présent dans le ballon.

Compléter la dernière ligne du tableau d'évolution du système chimique, **DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE** (aucune application numérique n'est demandée).

2.2.2. En supposant que le dioxygène $\text{O}_2(\text{g})$ est un gaz parfait, on montre que l'expression de l'avancement $x(t)$ de la réaction à l'instant de date t en fonction de $p(t)$, $p(t_0 = 0)$, T et

$$V_0 \text{ est : } x(t) = \frac{[p(t) - p(t_0 = 0)] \cdot V_0}{R \cdot T} \text{ avec } R = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Calculer $x(t_1)$ à l'instant de date $t_1 = 11,0 \text{ min}$.

2.3. Exploitation des résultats

À partir des valeurs calculées de l'avancement x , on trace la courbe **DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**. Elle représente l'évolution, au cours du temps, de l'avancement x de la réaction qui se déroule dans le ballon.

2.3.1. Définir à l'instant de date t , par une relation littérale, la vitesse $v(t)$ de la réaction qui a lieu dans le ballon.

2.3.2. Comment évolue $v(t)$ au cours du temps ? Justifier la réponse, sans calcul, en utilisant le graphique.

2.3.3. Citer le facteur cinétique responsable de l'évolution de la vitesse $v(t)$ de la réaction au cours du temps.

2.3.4. Définir le temps de demi-réaction.

2.3.5. La valeur de l'avancement final déterminée expérimentalement est $x_f = 1,04 \times 10^{-3} \text{ mol}$. En utilisant cette valeur, déterminer graphiquement une valeur approchée du temps de demi-réaction. On fera apparaître clairement, sur la courbe **DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**, la méthode utilisée.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE
OBLIGATOIRE

Série : S

Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-les.
... /...

***FEUILLET DES ANNEXES
À RENDRE AVEC LA COPIE.***

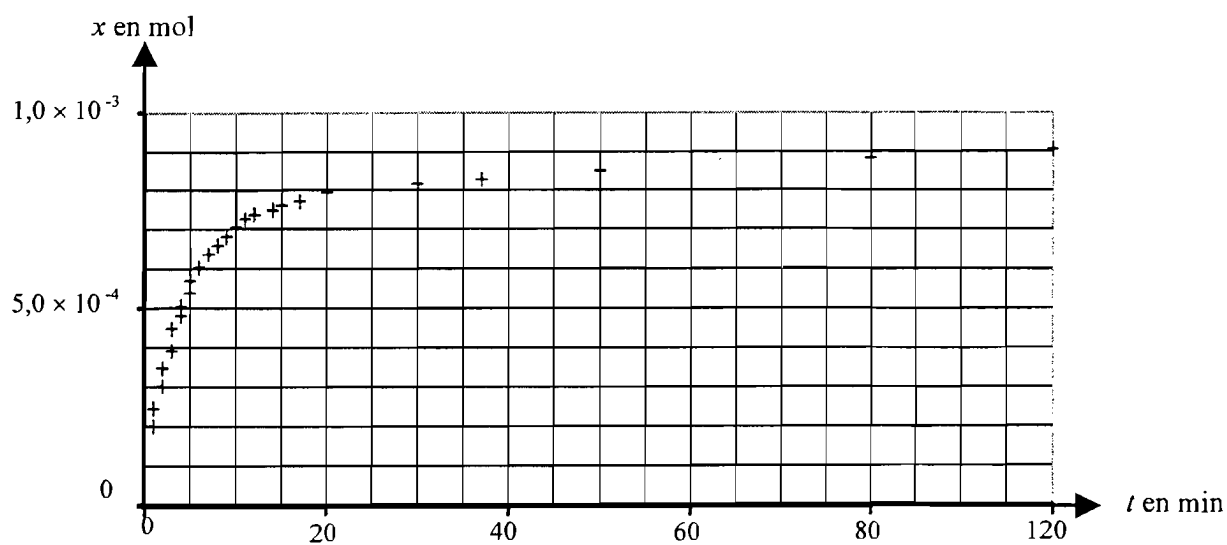
Tournez la page S.V.P.

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Tableau d'évolution

Équation de la réaction		$2\text{ClO}^-(\text{aq}) = 2\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g})$		
État du système	Avancement (mol)	n_{ClO^-} (mol)	n_{Cl^-} (mol)	n_{O_2} (mol)
État initial	0	n_1	n_2	n_3
Au cours de la transformation	x			

Évolution au cours du temps de l'avancement d'une réaction de décomposition de l'eau de Javel



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. **Mal de tête (4 points) (obligatoire)**
- II. **Comment faire des ricochets sur l'eau ?(5 points)**
- III. **Du chlore dans l'eau (7 points)**

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au **B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

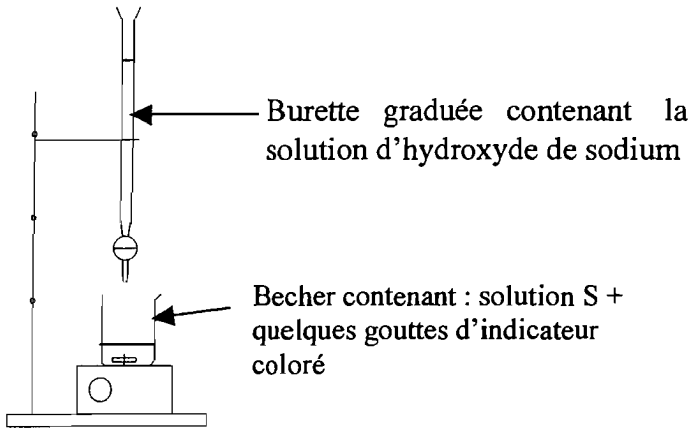
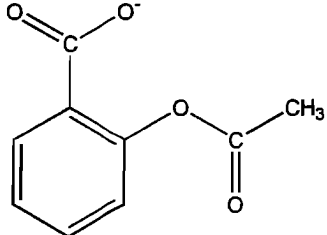
Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

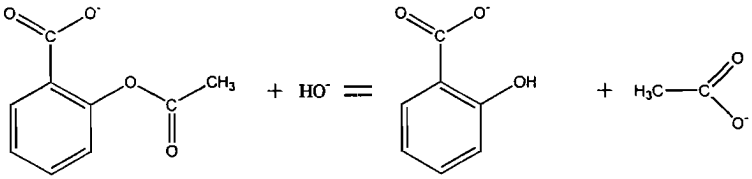
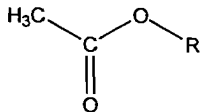
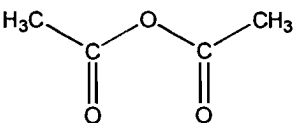
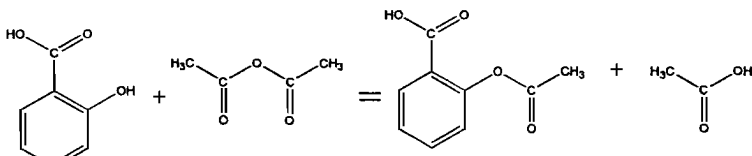
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. MAL DE TÊTE (4 points)

Retirer **une fois 0,25 point** pour tout l'exercice pour le non respect du nombre de chiffres significatifs des résultats.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. N°1 : acide carboxylique N°2 : ester	0,25	0 si une erreur
2.1. schéma du montage 	0,25	Le système d'agitation n'est pas exigé
2.2. $\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{HO}^{-}_{(\text{aq})} = \text{A}^{-}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$	0,25	Les notations aq et ℓ ne sont pas exigées
2.3. formule semi-développée de A^{-} : 	0,25	
A l'équivalence il y a changement du réactif limitant : $n_E(\text{AH}) = n_0(\text{AH}) - x_E = 0$ et $n_E(\text{HO}^{-}) = n_{\text{versé}}(\text{HO}^{-}) - x_E = 0$ avec $n_0(\text{AH}) = c_{\text{AH}} \cdot V$ et $n_{\text{versé}}(\text{HO}^{-}) = c_{\text{B}} \cdot V_{\text{BE}}$ d'où $c_{\text{AH}} \cdot V = c_{\text{B}} \cdot V_{\text{BE}}$ $c_{\text{AH}} = \frac{c_{\text{B}} \cdot V_{\text{BE}}}{V}$	0,25	Toute autre définition correcte de l'équivalence est acceptée
A.N. $c_{\text{AH}} = \frac{1,60 \times 10^{-2} \times 11,5}{10,0} = 1,84 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25	
2.5.1. $c_m = c_{\text{AH}} \times M_{\text{AH}} = 1,84 \times 10^{-2} \times 180 = 3,31 \text{ g.L}^{-1}$	0,25	
2.5.2. La solution S est saturée car $t_{\text{AH}} = s$	0,25	Tout raisonnement correct est accepté
2.5.3. Dans 100 mL de solution S il y a : $n(\text{AH}) = 1,84 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ et $m(\text{AH}) = 1,84 \times 10^{-3} \times 180 = 3,31 \times 10^{-1} \text{ g} = 331 \text{ mg} < 500 \text{ mg}$ donc Sylvie n'a pas absorbé la totalité d'aspirine contenue dans un comprimé.	0,25	
2.6. La solution S étant saturée si Sylvie utilise un volume deux fois plus petit pour mettre en solution le comprimé	0,25	

<p>d'aspirine la concentration de la solution obtenue sera égale à celle de la solution S donc $V'_{BE} = 11,5$ mL.</p>		
<p>3.1. réaction de saponification</p> 	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>Accepter</p>  <p>et</p> <p>R —OH</p>
<p>3.2. On ne tient pas compte de la réaction de saponification lors du titrage car cette réaction est lente dans les conditions expérimentales du titrage.</p>	<p>0,25</p>	
<p>4.1.</p> 	<p>0,25</p>	
<p>4.2.</p> 	<p>0,25</p>	
<p>4.3. La réaction d'estérification à partir d'un anhydride d'acide est quasi totale et plus rapide alors que l'estérification à partir d'un acide carboxylique est limitée et lente.</p>	<p>0,25</p>	

EXERCICE II. COMMENT FAIRE DES RICOCHETS SUR L'EAU (5 points)

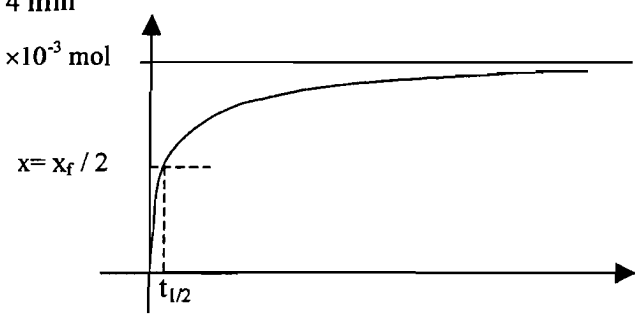
Retirer **une fois 0,25 point** pour tout l'exercice pour le non respect du nombre de chiffres significatifs des résultats.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.1 On calcule la vitesse moyenne entre les images 1 et 3 : $v_x(t=0,080s)=(1,44-0,48)/(0,12-0,040) = 12 \text{ m.s}^{-1}$ et $v_z(t=0,080s)=(1,56-1,70)/(0,12-0,040) = -1,75 \text{ m.s}^{-1}$	0,5	
1.2 On prolonge la droite représentative de $v_x(t)$: elle coupe l'axe des ordonnées au point d'ordonnée $v_x(t=0)=v_{0x}=12 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	
1.3 Comme précédemment, par extrapolation, $v_z(t=0)=v_{0z}=-1 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	
1.4 $v_0^2 = v_{0x}^2 + v_{0z}^2$. On trouve $v_0 = 12 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	
1.5.1. $\Delta E = E''(I) - E'(I) = \frac{1}{2}.m. (v''^2 - v'^2) = \frac{1}{2}.0,1.(11^2 - 13^2)$ $\Delta E = -2,4 \text{ J}$.	0,5	On acceptera $\Delta E > 0$
1.5.2. L'énergie initiale de la pierre est : $E(A) = \frac{1}{2}.m.v_0^2 + m.g.z$ $= 0,5 \times 0,1 \times 12^2 + 0,1 \times 10 \times 1,75 = 8,95 \approx 9,0 \text{ J}$.	0,25 0,25	
1.5.3. $E(A) / \Delta E = 9/2,4 = 3,75$ soit $N=3$ rebonds. (Après le 3 ^{ème} rebond, l'énergie de la pierre est $9,0-3 \times 2,4 = 1,8 \text{ J}$. Cette énergie est inférieure à $ \Delta E $, la pierre ne rebondira plus).	0,25	L'explication entre parenthèses n'est pas exigée
2.1 Après avoir été lancée, la bille est soumise à son poids, à la poussée d'Archimède et aux forces de frottement \vec{R} dues à l'air	0,25	Les caractéristiques des forces ne sont pas exigées.
2.2.1 $a_x = 0 \text{ m.s}^{-2}$ car la vitesse v_x est constante. D'après la figure 3, la relation qui lie v_z et t est : $v_z = -10.t - 1$ Comme $a_z = \frac{dv_z}{dt}$ alors $a_z = -10 \text{ m.s}^{-2} = -g$.	0,25 0,25	
2.2.2. Comme $a_z = -g$, et $a_x = 0$, on trouve que le vecteur accélération de G est égal au vecteur champ de pesanteur.	0,25	
2.2.3. D'après la deuxième loi de Newton, $\vec{P} + \vec{R} + \vec{\Pi} = m.\vec{a}$, \vec{a} étant l'accélération du centre d'inertie de la pierre de masse m . Comme $a_x = 0 \text{ m.s}^{-2}$, R_x doit être nulle. Comme $ma_z = -mg + R_z + \Pi_z$ avec $a_z = -g$ alors $R_z + \Pi_z = 0 \text{ N}$. Ces deux coordonnées étant positives, $R_z \approx 0 \text{ N}$ et $\Pi_z \approx 0 \text{ N}$: le poids de la pierre est prépondérant par rapport aux deux autres forces.	0,5	On admet $\vec{a} = \vec{g}$ donc le mouvement est un mouvement de chute libre donc \vec{P} est la seule force
2.3. $E(A) = E(I)$ $\frac{1}{2}.m.v_0^2 + m.g.h = \frac{1}{2}.m.v_I^2$ $v_I = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ $= 13,4 \text{ m.s}^{-1}$ (v_I est bien voisine de v' (13 m.s^{-1}) mais légèrement supérieure)	0,25 0,25	
3.1 L'onde est transversale car le mouvement d'un point de la surface de l'eau est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.	0,25	
3.2. La célérité est $v = (\text{distance parcourue par le front de l'onde}) / \text{durée de propagation}$ $v = 0,24 / (20 \times 0,040) = 0,30 \text{ m.s}^{-1}$.	0,25	

EXERCICE III. DU CHLORE DANS L'EAU (7 points)

Retirer **une fois 0,25 point** pour tout l'exercice pour le non respect du nombre de chiffres significatifs des résultats.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.1. 35 ou 37 désignent les nombres de nucléons d'un atome de chlore.	0,25	Accepter : nombres de protons + neutrons.
1.2. Des isotopes sont des noyaux de même numéro atomique (même nombre de protons) mais ayant un nombre de nucléons (ou de neutrons) différents.	0,25	
1.3. Symbole complet du noyau de chlore : ${}_{17}^{36}\text{Cl}$. Composition : 17 protons et 19 neutrons.	0,25	0 si une réponse fausse 0,25 pour les deux
1.4. $E_{L1} = \Delta m \cdot c^2 = [17m_p + 19m_n - m({}_{17}^{36}\text{Cl})] \cdot c^2$ $= (17 \times 1,67262 \times 10^{-27} + 19 \times 1,67492 \times 10^{-27} - 59,71128 \times 10^{-27})$ $\times (2,998 \times 10^8)^2 / 1,602 \times 10^{-13}$ $= 306,7 \text{ MeV}$	0,5	
1.5. En appliquant les lois (de Soddy) de conservation du nombre de nucléons et du nombre de charge on peut écrire ${}_{17}^{36}\text{Cl} \rightarrow {}_{18}^{36}\text{Ar} + {}_{-1}^0\text{e}$ qui correspond à une radioactivité β^-	0,25 0,25	0 si une loi incorrecte 0 si une réponse fausse.
1.6. Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du chlore 36 est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux de chlore 36 présents dans un échantillon se sont désintégrés.	0,25	
1.7.1. $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ donc $[\lambda] = [T]^{-1}$. Ainsi, l'unité de λ dans le système international est : s^{-1}	0,25	On accepte l'équation aux dimensions avec les unités.
1.7.2. $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{301 \times 10^3 \times 3,156 \times 10^7} = 7,297 \times 10^{-14} s^{-1}$	0,25	
1.8.1. La quantité d'ions chlorure présents dans cette eau est : $n(\text{Cl}^-) = \frac{c_m \cdot V}{M(\text{Cl})} = 5,7 \times 10^{-4} \text{ mol}$	0,5	
1.8.2. Le nombre N de noyaux de chlore 36 présents dans cette bouteille est : $N = 7,0 \times 10^{-13} \times n(\text{Cl}^-) \times N_A = 2,4 \times 10^8$	0,25	Mettre les points si la formule utilisée est juste mais le résultat faux à cause d'une réponse fausse à la question 1.8.1
1.8.3. L'activité est donc $A = \lambda \cdot N = 1,8 \times 10^{-5} \text{ Bq}$	0,25	
1.8.4. Dans l'eau minérale il se produit $1,8 \times 10^{-5}$ désintégrations par seconde soit $1,8 \times 10^{-5} \times 24 \times 3600 = 1,5$ désintégrations par jour	0,25	
1.9.1. Loi de décroissance radioactive. $N(t) = N_0 e^{-\frac{\ln 2 \times t}{t_{1/2}}}$	0,25	

1.9.2. Datation d'une eau souterraine L'âge d'une nappe phréatique dont l'eau non renouvelée ne contient plus que 38 % de la quantité de chlore 36 trouvée dans les eaux de surface est : $t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = 4,2 \times 10^5$ ans.					0,5	
Cette durée est bien trop importante pour dater au carbone 14 dont la durée de vie (75 fois plus petite que t) implique que la quantité de carbone 14 doit être si faible qu'elle ne peut être mesurée avec suffisamment de précision.					0,25	
2.1. Matériels : pipettes jaugées 25mL et fiole jaugée de 250mL.					0,25	
2.2.1.					0,25	
Equation de la réaction		$2 \text{ClO}^-(\text{aq}) = 2 \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g})$				
Etat	Avancement (mol)	n_{ClO^-} (mol)	n_{Cl^-} (mol)	n_{O_2} (mol)		
initial	0	n_1	n_2	n_3		
intermédiaire	x	$n_1 - 2x$	$n_2 + 2x$	$n_3 + x$		
2.2.2. $x(t_1) = \frac{(1084 - 1020) \times 10^2 \times 275 \times 10^{-6}}{8,314 \times 296} = 7,15 \times 10^{-4}$ mol					0,25	0,25 avec détail du calcul
2.3.1 $v(t) = \frac{1}{V_1} \cdot \frac{dx}{dt}$ où V_1 est le volume total de solution dans le ballon et $\frac{dx}{dt}$ est la dérivée par rapport au temps de l'avancement de la réaction qui se déroule dans le ballon.					0,25	0 si $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ sans commentaire concernant le volume V
2.3.2. v diminue au cours du temps. En effet, graphiquement, $\frac{dx}{dt}$ correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe qui diminue au cours du temps.					0,25	
2.3.3. Le facteur cinétique responsable de la diminution de v est la diminution de la concentration (des réactifs) en ions hypochlorite.					0,25	
2.3.4. Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale					0,25	
2.3.5. $t_{1/2} = 4$ min $x_f = 1,04 \times 10^{-3}$ mol					0,25	Accepter 4 ± 1 minute.
					0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 — COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci. **Le feuillet des annexes** (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, **EST À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Dosage des ions chlorure dans le lait (4 points) (spécialité)**
- II. Comment faire des ricochets sur l'eau ? (5 points)**
- III. Du chlore dans l'eau (7 points)**

EXERCICE I. DOSAGE DES IONS CHLORURE DANS LE LAIT (4 POINTS)

Dans certaines étables la conductivité du lait de vache est mesurée, lors de la traite, afin de détecter une possible inflammation des mamelles (mammites) qui rend impropre la consommation du lait.

La conductivité du lait dépend essentiellement des concentrations en ions sodium Na^+ , potassium K^+ et chlorure Cl^- . Les mammites, en provoquant une élévation des concentrations en ions Na^+ et Cl^- , augmentent la conductivité du lait.

Dans le lait frais de vache, la concentration massique moyenne en ions chlorure se situe entre $0,8 \text{ g.L}^{-1}$ et $1,2 \text{ g.L}^{-1}$.

Dans le cas de laits dits « mammitieux », la valeur moyenne est voisine de $1,4 \text{ g.L}^{-1}$.

D'après un article de « l'Institut de l'Élevage »

On se propose, dans cet exercice, de mesurer par conductimétrie la concentration en ions chlorure dans un lait de vache afin de vérifier la qualité de ce lait.

Données :

Masse molaire atomique du chlore : $35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Relation entre la conductance G d'une solution et sa conductivité σ : $G = k \cdot \sigma$ où k est une constante.

Expression de la conductivité σ en fonction des concentrations molaires effectives $[X_i]$ des espèces ioniques X_i en solution : $\sigma = \sum_i \lambda_i \cdot [X_i]$ où λ_i est la conductivité molaire ionique des ions X_i .

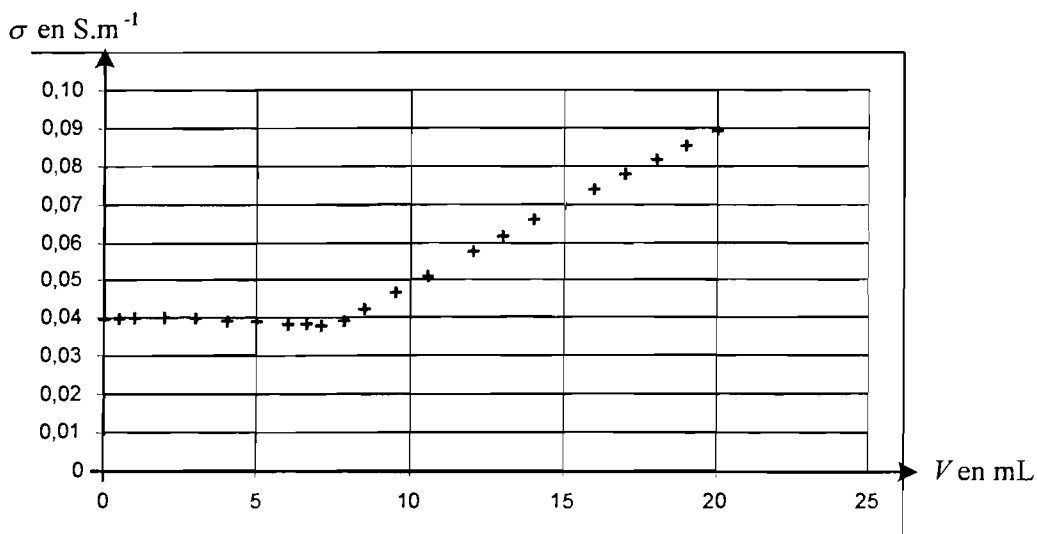
1. Principe du dosage

Dans un becher, on verse un volume $V_0 = 200,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de chlorure de potassium de concentration molaire en soluté apporté $c_0 = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. On immerge, dans cette solution, la cellule d'un conductimètre qui mesure la conductivité σ de la solution. On lit $\sigma = 4,0 \times 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$ à la température ambiante.

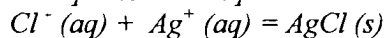
1.1. La conductivité de cette solution est-elle différente si on augmente :

- la concentration de la solution en gardant le volume de cette solution constant (justifier la réponse) ?
- le volume de la solution en gardant la concentration c_0 de la solution constante (justifier la réponse) ?

1.2. Dans le volume V_0 de la solution aqueuse de chlorure de potassium, on ajoute goutte à goutte une solution aqueuse de nitrate d'argent de concentration molaire en soluté apporté $c = 0,080 \text{ mol.L}^{-1}$. On note la valeur de la conductivité σ en fonction du volume V de solution de nitrate d'argent ajouté et on représente graphiquement σ en fonction de V . On obtient les points expérimentaux reportés sur le graphique ci-dessous :



La transformation chimique est modélisée par la réaction entre les ions chlorure et les ions argent en solution aqueuse selon l'équation chimique :



La constante d'équilibre K associée à cette équation a pour valeur, à 25°C, $K = 5,0 \times 10^9$. Pour savoir si cette transformation est totale, on étudie le mélange lorsque l'on a ajouté un volume $V_1 = 5,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de nitrate d'argent.

- 1.2.1. Compléter le tableau d'évolution du système chimique **DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE** en utilisant les expressions littérales.
- 1.2.2. À partir de ce tableau, déterminer l'expression de la constante d'équilibre K en fonction de c_0 , c , V_0 , V_1 et de l'avancement final x_f .
- 1.2.3. En utilisant la valeur numérique de K dans l'expression précédente, on peut déduire $x_f = 4,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$. Le calcul de x_f n'est pas demandé. Calculer le taux d'avancement final et conclure.

1.3. Donner la définition de l'équivalence lors d'un titrage.

1.4. Indiquer, sans justification, parmi les espèces ioniques suivantes: NO_3^- , K^+ , Ag^+ et Cl^- , celles qui sont présentes dans la solution :

- pour un volume V versé inférieur au volume versé à l'équivalence V_E ?
- pour un volume V versé égal au volume versé à l'équivalence V_E ?
- pour un volume V versé supérieur au volume versé à l'équivalence V_E ?

1.5. Sachant que la conductivité molaire ionique λ_1 des ions chlorure est légèrement supérieure à celle λ_2 des ions nitrate, et en négligeant la variation de volume du mélange réactionnel au cours du titrage, justifier que :

- σ diminue légèrement avant d'avoir atteint l'équivalence ;
- σ augmente après avoir atteint l'équivalence.

1.6. Comment peut-on déterminer graphiquement le volume équivalent ?

2. Titrage des ions chlorure contenus dans le lait

On prélève, dans une bouteille de lait du commerce, un volume $V_0' = 20,0 \text{ mL}$ de lait frais que l'on introduit dans un becher. On y ajoute 250 mL d'eau distillée et quelques gouttes d'acide nitrique concentré. Soit S le mélange ainsi préparé. On observe la formation d'un précipité blanc : les protéines du lait précipitent en milieu acide et ainsi, ne peuvent plus réagir avec les ions argent $\text{Ag}^+(\text{aq})$ et chlorure $\text{Cl}^-(\text{aq})$. On introduit une sonde conductimétrique dans ce becher et, tout en agitant la solution, on note sa conductivité lors de l'ajout de la même solution titrante de nitrate d'argent qu'au 1.2 : solution aqueuse de nitrate d'argent de concentration molaire en soluté apporté $c = 0,080 \text{ mol.L}^{-1}$. On obtient les points expérimentaux reportés sur le graphique n°1 **DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

2.1. Expliquer pourquoi on doit éviter qu'il se produise une réaction entre les protéines du lait et les ions $\text{Ag}^+(\text{aq})$ versés.

2.2. En exploitant le graphique n°1 **DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**, calculer la quantité d'ions chlorure contenus dans le prélèvement de volume $V_0' = 20,0 \text{ mL}$ de lait frais.

2.3. En déduire la masse d'ions chlorure contenue dans un litre de lait. Le lait étudié est-il « mammiteux » ?

EXERCICE II. COMMENT FAIRE DES RICOCHETS SUR L'EAU ? (5 POINTS)

Minutius Felix, au 3^{ème} siècle de notre ère écrit : « On choisit sur le rivage une pierre plate et ronde, polie par le mouvement des flots, on la tient horizontalement entre les doigts puis, en s'inclinant le plus près possible du sol, on l'envoie sur la surface de l'eau. La pierre, animée d'une certaine vitesse, glisse et nage à la surface ; lancée avec force, elle saute et bondit en rasant les flots. Le vainqueur est celui dont la pierre est allée le plus loin et a rebondi le plus grand nombre de fois. »

Le record du monde officiel, établi en 1992 par l'américain Jerdine Coleman Mc Ghee, est de 38 ricochets.

Actuellement, des chercheurs tentent de comprendre tous les aspects concernant les lancers de pierre permettant des ricochets.

D'après un article de « La Recherche »

Données :

La valeur du champ de pesanteur est $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Le référentiel terrestre est considéré comme galiléen .

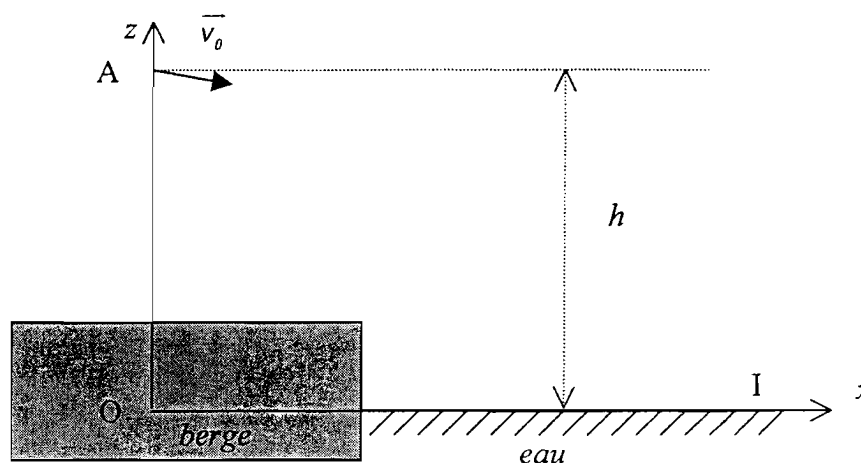
1. Objectif : record du monde...

La pierre utilisée, de masse $m = 0,10 \text{ kg}$, est lancée d'un point A situé à la hauteur h au-dessus de la surface de l'eau (voir figure n° 1). Le mouvement est filmé à l'aide d'un caméscope dont l'axe de visée est horizontal et perpendiculaire au plan de la trajectoire. L'objectif du caméscope est suffisamment éloigné de ce plan pour considérer que sa distance à la pierre est constante. On dispose une règle graduée dans ce plan. Un logiciel de traitement d'images permet de visionner le film image par image et de pointer les positions successives de coordonnées (x, z) du centre d'inertie G de la pierre en fonction du numéro de l'image, donc à différents instants de date t . On obtient les résultats donnés dans le tableau n°1 ci-dessous:

Tableau n°1

$x(m)$	$z(m)$	$n^\circ \text{ image}$	$t(s)$	$v_x (m.s^{-1})$	$v_z (m.s^{-1})$
0	1,75	0	0		
0,48	1,70	1	0,040	12	-1,4
0,96	1,64	2	0,080		
1,44	1,56	3	0,120	12	-2,2
1,92	1,46	4	0,160	12	-2,6
2,40	1,35	5	0,200	12	-3
2,88	1,22	6	0,240	12	-3,4
3,36	1,08	7	0,280	12	-3,8
...
5,76	0,12	12	0,480	12	-5,8

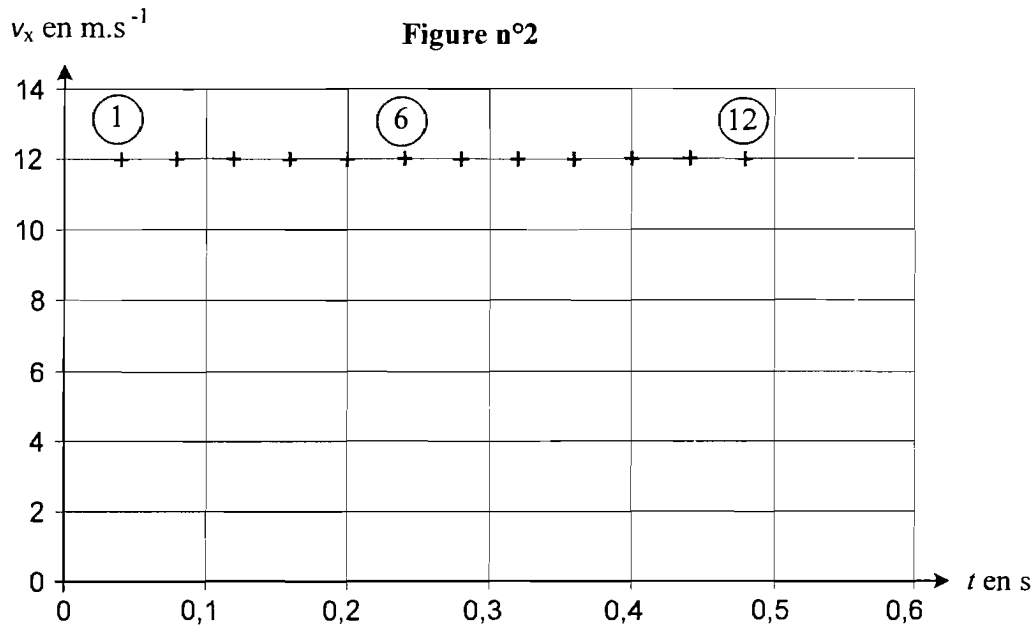
Figure n°1



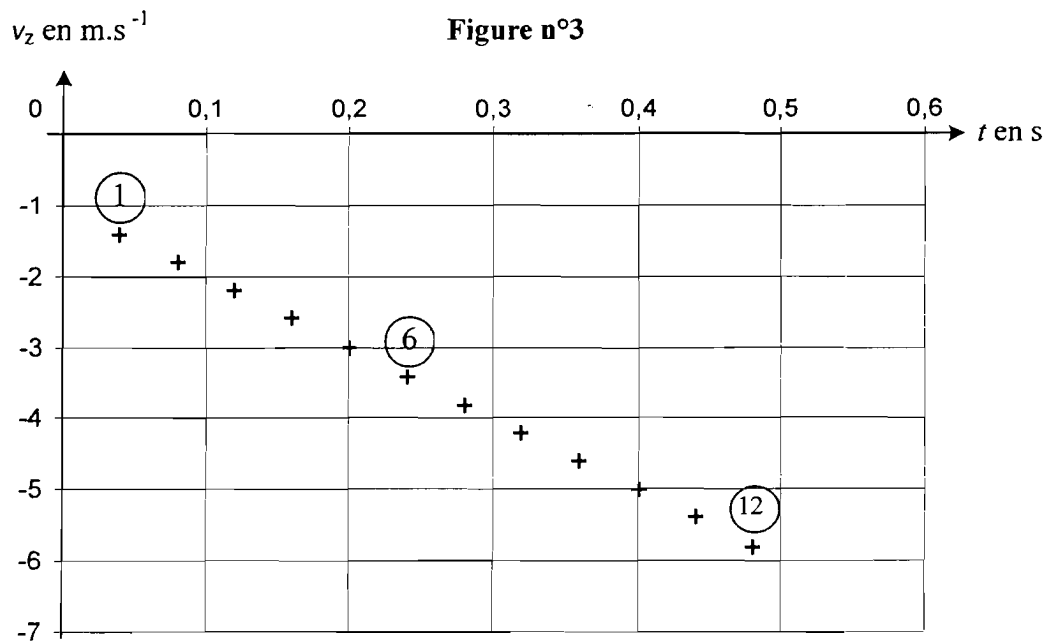
1.1. Sur ce film, une image montre la pierre quittant le point A de coordonnées : $x_0 = 0 \text{ m}$ et $z_0 = h = 1,75 \text{ m}$. L'origine des dates est prise à cet instant. Le numéro de cette image est 0.
À partir des valeurs du tableau, calculer les coordonnées v_x et v_z du vecteur vitesse à l'instant de date $t_2 = 0,080 \text{ s}$.

1.2. On donne, sur la figure n°2, la représentation graphique de la coordonnée v_x en fonction de la date t .

En déduire la valeur de v_{0x} , coordonnée du vecteur vitesse du point G sur l'axe horizontal à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$.



1.3. La figure n°3 montre la représentation graphique de la coordonnée v_z en fonction de la date t .
Déterminer graphiquement la valeur de v_{0z} à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$.



1.4. Calculer la valeur v_0 de la vitesse initiale à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$.

1.5. Étude énergétique

- 1.5.1. L'énergie cinétique de la pierre a pour expression $\frac{1}{2}mv^2$. La pierre touche l'eau à un instant intermédiaire entre ceux des prises de vue n° 12 et n° 13. On admet que la vitesse v' de la pierre, juste avant qu'elle ne touche l'eau est pratiquement égale à celle qu'elle avait à la date t_{12} . À partir des figures n° 2 et n° 3, on trouve $v' = 13 \text{ m.s}^{-1}$. Par une démarche identique, on peut déterminer la vitesse v'' de la pierre juste après le premier rebond. Cette vitesse est égale à $v'' = 11 \text{ m.s}^{-1}$.

Calculer la variation d'énergie mécanique ΔE de la pierre au cours de ce premier rebond en considérant que la pierre est au niveau de l'eau juste avant et juste après le rebond.

- 1.5.2. On choisit l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de l'eau.

Donner l'expression de l'énergie mécanique $E(A)$ de la pierre à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ dans le champ de pesanteur.

À partir des valeurs consignées dans le tableau n° 1, d'autres données de l'exercice et du résultat de la question 1.4., calculer l'énergie mécanique initiale $E(A)$.

- 1.5.3. On cherche à déterminer le nombre maximal N de rebonds que l'on peut espérer obtenir. Pour cela on admet que :

- l'énergie perdue par la pierre au cours de chaque choc avec l'eau sera toujours égale à la valeur absolue $|\Delta E|$ de ΔE ;

- si l'énergie de la pierre après le $N^{\text{ième}}$ rebond est inférieure à $|\Delta E|$, la pierre ne rebondit plus lors de son prochain choc avec l'eau.

L'énergie initiale de la pierre étant égale à $E(A)$, calculer N .

Remarque : La valeur trouvée pour N est très inférieure à celle du record du monde.

Pour bien réussir un ricochet, il faut non seulement lancer la pierre avec une vitesse suffisamment élevée mais aussi la faire tourner le plus vite possible sur elle-même.

2. Du lancer au premier rebond

- 2.1. Nommer les 3 forces qui agissent sur la pierre au cours de son mouvement dans l'air après le lancement.

- 2.2. Le poids, force prépondérante.

2.2.1. En utilisant les figures n° 2 et n° 3, déterminer les coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération du centre d'inertie G de la pierre avant le premier rebond.

2.2.2. Vérifier que le vecteur accélération du point G est égal au vecteur champ de pesanteur \vec{g} aux incertitudes de lecture près.

2.2.3. En utilisant la deuxième loi de Newton, montrer que la valeur du poids est prépondérante devant celles des deux autres forces.

- 2.3. Dans ces conditions l'énergie mécanique de la pierre est constante entre le point A et le point I , point d'impact du caillou sur l'eau. On choisit à nouveau l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de l'eau.

En déduire la valeur de la vitesse de la pierre au point d'impact I et vérifier qu'elle est voisine de v' soit 13 m.s^{-1} .

3. Les ronds dans l'eau

Quelques secondes après l'impact du caillou, une onde mécanique à la surface de l'eau se propage. On observe ainsi des rides circulaires, centrées au point d'impact, dont le rayon augmente au cours du temps. Entre les images n° 60 et 80, le rayon d'une ride augmente de $0,24 \text{ m}$. La durée séparant deux images consécutives est $\Delta t = 40 \text{ ms}$.

- 3.1. Cette onde progressive est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

- 3.2. Calculer la célérité de l'onde.

EXERCICE III. DU CHLORE DANS L'EAU (7 POINTS)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Du chlore dans les eaux souterraines

Il existe deux principaux isotopes stables du chlore (dont les nombres de masse sont 35 et 37) trouvés dans les proportions respectives de 3 pour 1 et qui donnent aux atomes en vrac une masse molaire atomique apparente de 35,5 g.mol⁻¹.

Le chlore a 9 isotopes avec des nombres de masse s'étendant de 32 à 40. Seulement trois de ces isotopes existent à l'état naturel : le Cl-35 stable (75,77 %), le Cl-37 stable (24,23 %) et le Cl-36 radioactif. Le rapport du nombre de noyaux de Cl-36 au nombre total de noyaux de Cl présents dans l'environnement est de $7,0 \times 10^{-13}$ actuellement.

Le « chlore 36 » (Cl-36) se désintègre essentiellement en « argon 36 » (Ar-36). La demi-vie du Cl-36 est de 301×10^3 ans. Cette valeur le rend approprié pour dater géologiquement les eaux souterraines sur une durée de soixante mille à un million d'années.

D'après un article d'encyclopédie

Données :

- Relation entre le temps de demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

- Relation entre l'activité A d'un échantillon et le nombre moyen de noyau N présent dans cet échantillon, à une date t donnée : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

- 1 an = $3,156 \times 10^7$ s

- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8$ m.s⁻¹

- Masse molaire atomique du chlore : $M(\text{Cl}) = 35,5$ g.mol⁻¹

- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol⁻¹

- Masse et numéro atomique (ou nombre de charge) de quelques particules et noyaux :

Particule ou noyau	proton	neutron	chlore 36	argon 36
Masse (10^{-27} kg)	1,672 62	1,674 92	59,711 28	
Z	1	0	17	18

1.1. Dans l'article, l'auteur indique des valeurs 35 et 37 pour les isotopes stables du chlore.

Que désignent plus précisément ces valeurs pour un noyau de chlore ?

1.2. Définir le terme « isotopes ».

1.3. Donner le symbole complet du noyau de « chlore 36 » et sa composition.

1.4. Calculer, en MeV, l'énergie de liaison E_{L_1} d'un noyau de « chlore 36 ». Exprimer le résultat **final** avec quatre chiffres significatifs.

On rappelle que $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

1.5. Le texte évoque la réaction de désintégration d'un noyau de « chlore 36 ».

Écrire l'équation de cette réaction, en indiquant :

- les lois utilisées ;
- le type de radioactivité mise en jeu.

1.6. Donner la définition du temps de « demi-vie » $t_{1/2}$ du « chlore 36 ».

1.7. Constante radioactive

- 1.7.1. Déterminer, par analyse dimensionnelle, l'unité de la constante radioactive λ dans le système international.
- 1.7.2. Calculer la constante radioactive de l'isotope de « chlore 36 » en respectant l'unité de base du système international.

1.8. Une bouteille contient un volume $V = 1,5 \text{ L}$ d'eau minérale. Sa teneur en ions chlorure est indiquée sur l'étiquette et vaut $c_m = 13,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

- 1.8.1. Calculer la quantité d'ions chlorure, en mol, dans l'eau de cette bouteille.
- 1.8.2. On suppose que le rapport du nombre de noyaux de « chlore 36 » au nombre total de noyaux de chlore présents dans cette eau minérale est celui donné dans l'article.
Montrer que le nombre N de noyaux de « chlore 36 » présents dans cette bouteille est $N = 2,4 \times 10^8$.
- 1.8.3. En déduire la valeur de l'activité en « chlore 36 » de l'eau que contient cette bouteille.
- 1.8.4. En déduire la valeur du nombre de désintégrations de noyaux de « chlore 36 » par jour.

1.9. Datation d'une eau souterraine

L'étude des isotopes radioactifs apporte des informations concernant la durée du transit souterrain d'une eau c'est-à-dire l'âge de la nappe phréatique. Les ions chlorures $\text{Cl}^- (\text{aq})$ sont presque toujours présents dans les eaux minérales naturelles et ne sont que rarement impliqués dans les interactions eaux - rochers. Dans les eaux de surface, le « chlore 36 » est renouvelé et la teneur en « chlore 36 » peut être supposée constante, ce qui n'est pas le cas dans les eaux souterraines des nappes phréatiques. Le « chlore 36 », de demi vie $3,01 \times 10^5$ ans, est donc un traceur particulièrement adapté à l'étude des eaux souterraines anciennes.

Pour dater des eaux plus récentes, on peut utiliser le « carbone 14 », de demi-vie $5,73 \times 10^3$ ans, présent dans les ions carbonates $\text{CO}_3^{2-} (\text{aq})$ dissous par exemple.

1.9.1. Loi de décroissance radioactive.

On considère un échantillon, de volume V donné, d'eau issue d'une nappe phréatique.

On note :

- N_0 le nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » présents dans cet échantillon à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ de la constitution de la nappe.
- $N(t)$ le nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » dans l'eau extraite aujourd'hui de cette nappe et donc non renouvelée en « chlore 36 ».

Écrire la loi de décroissance radioactive liant $N(t)$, N_0 et $t_{1/2}$.

1.9.2. Datation d'une eau souterraine.

On admet que N_0 est égal au nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » présents dans un échantillon de même volume V d'eau de surface.

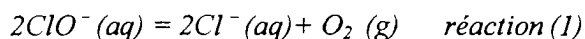
Déduire de la loi de décroissance écrite précédemment l'âge d'une nappe phréatique dont l'eau non renouvelée ne contient plus que 38 % du nombre de noyaux de « chlore 36 » trouvée dans les eaux de surface.

Pourquoi ne pas avoir utilisé le « carbone 14 » pour dater cette nappe phréatique ?

2. Du chlore dans l'eau de Javel

L'eau de Javel, produit courant et bon marché, est une solution aqueuse contenant entre autres des ions hypochlorite $\text{ClO}^- (\text{aq})$ et des ions chlorure $\text{Cl}^- (\text{aq})$. Outre ses propriétés désinfectantes (c'est un bactéricide puissant), l'eau de javel est utilisée pour son pouvoir « blanchissant », lié à l'action oxydante de l'ion hypochlorite sur de nombreux colorants.

L'eau de Javel se décompose lentement selon une transformation totale modélisée par la réaction d'équation :



On se propose d'étudier la décomposition d'une eau de Javel.

Pour suivre l'évolution de cette transformation, on dilue une solution commerciale S_0 afin d'obtenir un volume $V = 250 \text{ mL}$ d'une solution S_1 d'eau de Javel dix fois moins concentrée que S_0 . On verse $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution S_1 dans un ballon.

À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ où l'on déclenche le chronomètre, on ajoute, sans variation de volume, une pointe de spatule de chlorure de cobalt dans la solution et on bouche le ballon. L'ion cobalt $\text{Co}^{2+}(\text{aq})$ est un catalyseur de la réaction (1).

Pour suivre l'évolution de la transformation qui se déroule, on mesure, avec un dispositif adapté, la pression p du gaz dans le ballon. On néglige la quantité de dioxygène dissoute dans l'eau par rapport à la quantité de dioxygène produite. La température T est maintenue constante et le volume V_0 occupé par le gaz dans le ballon est constant : $T = 296 \text{ K}$ et $V_0 = 275 \text{ mL}$.

$t(\text{min})$	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	8,0	11,0	13,0	...	145	427	1308	1757	1896
$p(t) (10^{-2} \text{ Pa})$	1020	1038	1038	1055	1063	1068	1078	1084	1086	...	1103	1108	1111	1112	1112

La verrerie mise à disposition est en partie la suivante :

- fioles jaugées de 50 mL, 100 mL, 200 mL, 250 mL, 500 mL ;
- pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- pipettes graduées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- éprouvettes graduées de 10 mL, 20 mL, 250 mL, 500 mL.

2.1. Quels matériels, pris dans la verrerie mise à disposition, doit-on utiliser pour préparer S_1 ?

2.2. Avancement de la réaction

2.2.1. On note :

- n_1 la quantité initiale d'ions hypochlorite dans le volume V_1 de solution dans le ballon ;
- n_2 la quantité initiale d'ions chlorure dans ce même volume de solution ;
- n_3 la quantité initiale de dioxygène présent dans le ballon.

Compléter la dernière ligne du tableau d'évolution du système chimique, **DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE** (aucune application numérique n'est demandée).

2.2.2. En supposant que le dioxygène $\text{O}_2(\text{g})$ est un gaz parfait, on montre que l'expression de l'avancement $x(t)$ de la réaction à l'instant de date t en fonction de $p(t)$, $p(t_0 = 0)$, T et

$$V_0 \text{ est : } x(t) = \frac{[p(t) - p(t_0 = 0)] \cdot V_0}{R T} \text{ avec } R = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Calculer $x(t_1)$ à l'instant de date $t_1 = 11,0 \text{ min}$.

2.3. Exploitation des résultats

À partir des valeurs calculées de l'avancement x , on trace la courbe **DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**. Elle représente l'évolution, au cours du temps, de l'avancement x de la réaction qui se déroule dans le ballon.

2.3.1. Définir à l'instant de date t , par une relation littérale, la vitesse $v(t)$ de la réaction qui a lieu dans le ballon.

2.3.2. Comment évolue $v(t)$ au cours du temps ? Justifier la réponse, sans calcul, en utilisant le graphique.

2.3.3. Citer le facteur cinétique responsable de l'évolution de la vitesse $v(t)$ de la réaction au cours du temps.

2.3.4. Définir le temps de demi-réaction.

2.3.5. La valeur de l'avancement final déterminée expérimentalement est $x_f = 1,04 \times 10^{-3} \text{ mol}$. En utilisant cette valeur, déterminer graphiquement une valeur approchée du temps de demi-réaction. On fera apparaître clairement, sur la courbe **DE L'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**, la méthode utilisée.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE
SPÉCIALITÉ

Série : S

Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-les.
... / ...

***FEUILLET DES ANNEXES
À RENDRE AVEC LA COPIE.***

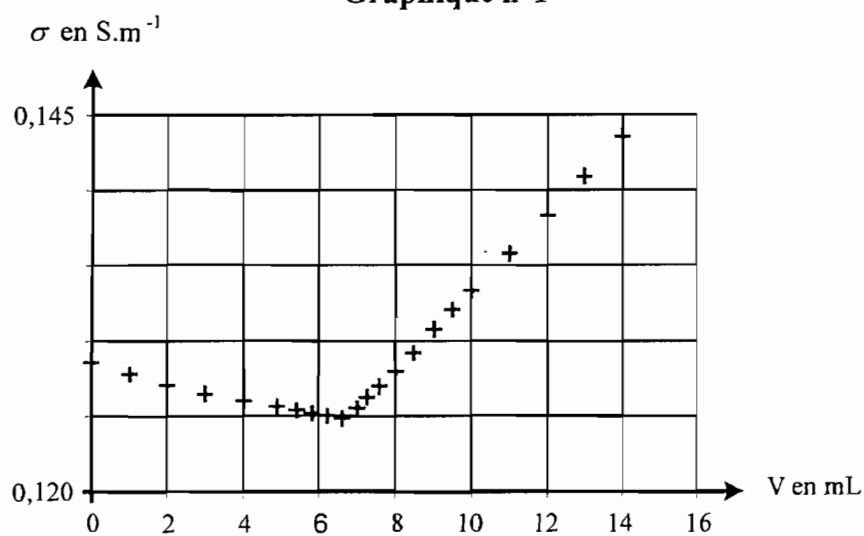
Tournez la page S.V.P.

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Tableau d'évolution

Équation de la réaction		$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) = \text{AgCl}(\text{s})$		
État du système	avancement en mol	quantité de matière en mol		
État initial	0	$n_0(\text{Ag}^+) =$	$n_0(\text{Cl}^-) =$	0
Au cours de la transformation	x			
État final	x_f			

Graphique n° 1

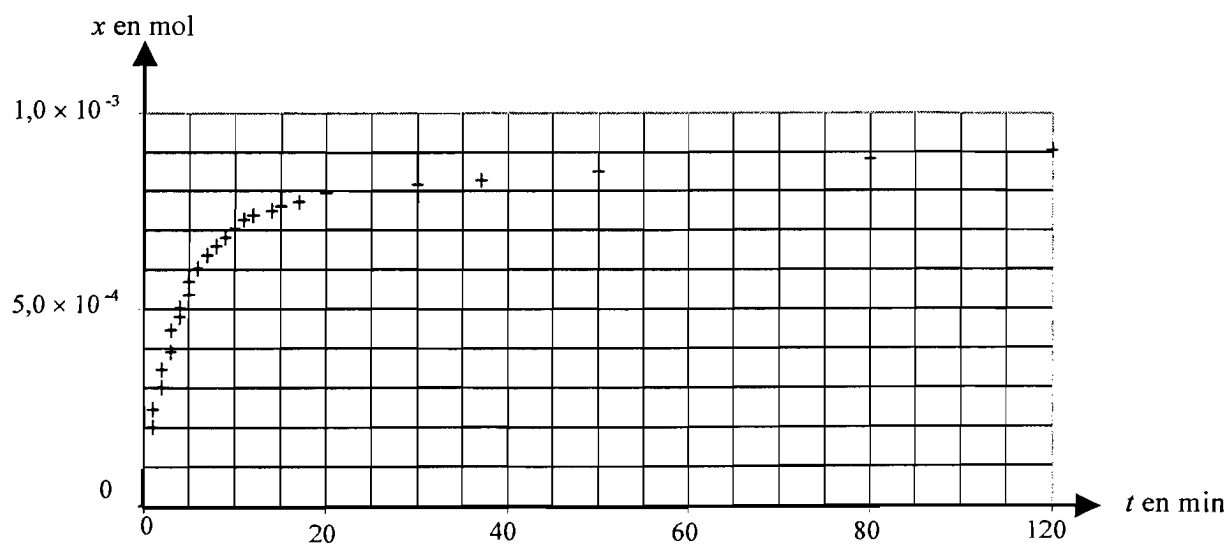


ANNEXE DE L'EXERCICE III

Tableau d'évolution

Equation de la réaction		$2\text{ClO}^- (\text{aq})$	$=$	$2\text{Cl}^- (\text{aq})$	$+$	$\text{O}_2 (\text{g})$
État du système	Avancement (mol)	$n_{\text{ClO}^-} (\text{mol})$		$n_{\text{Cl}^-} (\text{mol})$		$n_{\text{O}_2} (\text{mol})$
État initial	0	n_1		n_2		n_3
Au cours de la transformation	x					

Évolution au cours du temps de l'avancement d'une réaction de décomposition de l'eau de Javel



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. Dosage des ions chlorure dans le lait (4 points) (spécialité)
- II. Comment faire des ricochets sur l'eau ? (5 points)
- III. Du chlore dans l'eau (7 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. DOSAGE DES IONS CHLORURE DANS LE LAIT (4 points)

Retirer **une fois 0,25 point** pour tout l'exercice pour le non respect du nombre de chiffres significatifs des résultats.

Réponses attendues					Barème	Commentaires																									
1.1. D'après la relation $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$, la conductivité est modifiée si on change les concentrations des espèces ioniques donc la concentration c en soluté apporté. Si $[X_i]$ augmente, σ augmente. Si on change le volume de la solution sans changer les concentrations des espèces ioniques, la conductivité n'est pas modifiée.					0,5	0,25 si aucune justification																									
1.2.1. <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td align="center" colspan="2">équation chimique</td> <td align="center" colspan="3">$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) = AgCl(s)$</td> </tr> <tr> <td align="center">état du système</td> <td align="center">Avancement en mol</td> <td align="center" colspan="3">quantité de matière en mol</td> </tr> <tr> <td align="center">état initial</td> <td align="center">0</td> <td align="center">$n_0(Ag^+) = cV_1$</td> <td align="center">$n_0(Cl^-) = c_0V_0$</td> <td align="center">0</td> </tr> <tr> <td align="center">état intermédiaire</td> <td align="center">x</td> <td align="center">$n(Ag^+) = cV_1 - x$</td> <td align="center">$n(Cl^-) = c_0V_0 - x$</td> <td align="center">x</td> </tr> <tr> <td align="center">état final</td> <td align="center">x_f</td> <td align="center">$cV_1 - x_f$</td> <td align="center">$c_0V_0 - x_f$</td> <td align="center">x_f</td> </tr> </table>					équation chimique		$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) = AgCl(s)$			état du système	Avancement en mol	quantité de matière en mol			état initial	0	$n_0(Ag^+) = cV_1$	$n_0(Cl^-) = c_0V_0$	0	état intermédiaire	x	$n(Ag^+) = cV_1 - x$	$n(Cl^-) = c_0V_0 - x$	x	état final	x_f	$cV_1 - x_f$	$c_0V_0 - x_f$	x_f	0,5	
équation chimique		$Ag^+(aq) + Cl^-(aq) = AgCl(s)$																													
état du système	Avancement en mol	quantité de matière en mol																													
état initial	0	$n_0(Ag^+) = cV_1$	$n_0(Cl^-) = c_0V_0$	0																											
état intermédiaire	x	$n(Ag^+) = cV_1 - x$	$n(Cl^-) = c_0V_0 - x$	x																											
état final	x_f	$cV_1 - x_f$	$c_0V_0 - x_f$	x_f																											
1.2.2. $K = \frac{1}{[Ag^+]_f \times [Cl^-]_f} = \frac{1}{\frac{cV_1 - x_f}{V_0 + V_1} \times \frac{c_0V_0 - x_f}{V_0 + V_1}} =$ $K = \frac{(V_0 + V_1)^2}{(cV_1 - x_f) \times (c_0V_0 - x_f)}$					0,5	0,25 pour l'expression de K en fonction des concentrations. 0,25 pour l'expression finale.																									
1.2.3. $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$ avec $x_f = 4,0 \times 10^{-4}$ mol calcul de x_{max} : $cV_1 - x \geq 0$ et $c_0V_0 - x \geq 0$ $x \leq cV_1 = 0,080 \times 5 \times 10^{-3} = 4,0 \times 10^{-4}$ mol $x \leq c_0V_0 = 3,0 \times 10^{-3} \times 200 \times 10^{-3} = 6,0 \times 10^{-4}$ mol donc $x_{max} = 4,0 \times 10^{-4}$ mol On en déduit que $\tau = 1$, la transformation est totale, un des deux réactif (ion argent Ag^+) étant consommé entièrement.					0,5	0,25 pour le calcul de x_{max} 0,25 pour le calcul de τ et conclusion																									

1.3. A l'équivalence il y a changement de réactif limitant.	0,25	Toute autre définition est acceptée.
1.4. pour $V < V_E$ il n'y a quasiment pas d'ions Ag^+ dans la solution, il reste des ions Cl^- . Les ions présents sont NO_3^- ; K^+ ; Cl^- pour $V = V_E$ il n'y a quasiment pas d'ions Ag^+ ni d'ions Cl^- dans la solution. Les ions présents sont NO_3^- ; K^+ . pour $V > V_E$ Les ions présents sont NO_3^- ; K^+ ; Ag^+ .	0,5	0,25 si une réponse fausse ; 0 si deux réponses fausses
1.5. Pour $V < V_E$, $[Cl^-] = \frac{c_0 V_0 - cV}{V + V_0} \approx \frac{c_0 V_0 - cV}{V_0}$ car $V < V_0$ $[NO_3^-] = \frac{cV}{V + V_0} \approx \frac{cV}{V_0}$ et $[K^+] = \frac{c_0 V_0}{V + V_0} \approx c_0$ donc $\sigma = \lambda_1 \cdot [Cl^-] + \lambda_2 \cdot [NO_3^-] + \lambda \cdot [K^+] = \lambda_1 \cdot c_0 + \lambda c_0 + (\lambda_2 - \lambda_1) \cdot \frac{cV}{V_0}$ Quand V augmente, σ diminue car $(\lambda_2 - \lambda_1)$ est négatif. Pour $V > V_E$, $\sigma = \lambda_3 \cdot [Ag^+] + \lambda_2 \cdot [NO_3^-] + \lambda \cdot [K^+]$ $\sigma = \lambda_3 \frac{cV}{V + V_0} + \lambda_2 \frac{cV}{V + V_0} + \lambda \frac{c_0 V_0}{V + V_0} \approx (\lambda_2 + \lambda_3) \cdot \frac{cV}{V_0} + \lambda c_0$ Quand V augmente, σ augmente.	0,25	Ou raisonnement qualitatif : Cl^- remplacé par NO_3^- puis NO_3^- et Ag^+ en excès.
1.6. C'est l'abscisse du point où la conductivité est minimale. On détermine l'abscisse du point d'intersection des courbes (qui sont en fait des portions de droite) $\sigma = f(V)$	0,25	On accepte l'intersection de deux segments.
2.1. On dose les ions chlorure du lait par les ions Ag^+ : ces ions Ag^+ doivent réagir avec uniquement les ions chlorure.	0,25	
2.2. Le volume équivalent est $v_E = 6,7$ mL. D'après la première partie, à l'équivalence, la quantité d'ions chlorure existante initialement dans le becher est égale à la quantité d'ions argent versée $c \cdot v_E$ donc la quantité d'ions chlorure dans la prise d'essai de $V_0 = 20,0$ mL de lait est égale à $c \cdot v_E = 0,080 \times 6,7 \cdot 10^{-3} = 5,4 \times 10^{-4}$ mol.	0,25	On acceptera v_E compris entre 6,5 mL et 6,9 mL. $n(Cl^-)$ compris entre $5,2 \times 10^{-4}$ mol et $5,5 \times 10^{-4}$ mol le résultat étant donné avec 2 chiffres significatifs.
2.3 Dans un litre de lait la quantité d'ions chlorure est 50 fois plus grande c'est à dire $50 \times 5,4 \cdot 10^{-4} = 2,7 \times 10^{-2}$ mol soit une masse égale à $35,5 \times 2,7 \cdot 10^{-2} = 0,96$ g. Le lait étudié n'est pas mammitéux.	0,25	La masse est comprise entre 0,92 et 0,98 g.

EXERCICE II. COMMENT FAIRE DES RICOCHETS SUR L'EAU (5 points)

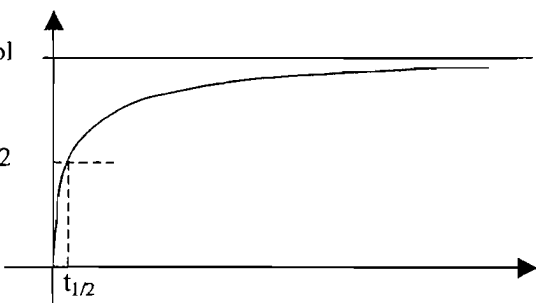
Retirer **une fois 0,25 point** pour tout l'exercice pour le non respect du nombre de chiffres significatifs des résultats.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.1 On calcule la vitesse moyenne entre les images 1 et 3 : $v_x(t=0,080s)=(1,44-0,48)/(0,12-0,040)=12 \text{ m.s}^{-1}$ et $v_x(t=0,080s)=(1,56-1,70)/(0,12-0,040) = -1,75 \text{ m.s}^{-1}$	0,5	
1.2 On prolonge la droite représentative de $v_x(t)$: elle coupe l'axe des ordonnées au point d'ordonnée $v_x(t=0)=v_{0x}=12 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	
1.3 Comme précédemment, par extrapolation, $v_z(t=0)=v_{0z}=-1 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	
1.4 $v_0^2=v_{0x}^2+v_{0z}^2$. On trouve $v_0 = 12 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	
1.5.1. $\Delta E = E''(I) - E'(I) = \frac{1}{2}.m. (v''^2 - v'^2) = \frac{1}{2}.0,1.(11^2 - 13^2)$ $\Delta E = -2,4 \text{ J}$.	0,5	On acceptera $\Delta E > 0$
1.5.2. L'énergie initiale de la pierre est : $E(A) = \frac{1}{2}.m.v_0^2 + m.g.z$ $= 0,5 \times 0,1 \times 12^2 + 0,1 \times 10 \times 1,75 = 8,95 \approx 9,0 \text{ J}$.	0,25 0,25	
1.5.3. $E(A) / \Delta E = 9/2,4 = 3,75$ soit $N=3$ rebonds. (Après le 3 ^{ème} rebond, l'énergie de la pierre est $9,0 \times 3 \times 2,4 = 1,8 \text{ J}$. Cette énergie est inférieure à $ \Delta E $, la pierre ne rebondira plus).	0,25	L'explication entre parenthèses n'est pas exigée
2.1 Après avoir été lancée, la bille est soumise à son poids, à la poussée d'Archimède et aux forces de frottement \vec{R} dues à l'air	0,25	Les caractéristiques des forces ne sont pas exigées.
2.2.1 $a_x = 0 \text{ m.s}^{-2}$ car la vitesse v_x est constante. D'après la figure 3, la relation qui lie v_z et t est : $v_z = -10.t - 1$ Comme $a_z = \frac{dv_z}{dt}$ alors $a_z = -10 \text{ m.s}^{-2} = -g$.	0,25 0,25	
2.2.2. Comme $a_z = -g$, et $a_x = 0$, on trouve que le vecteur accélération de G est égal au vecteur champ de pesanteur.	0,25	
2.2.3. D'après la deuxième loi de Newton, $\vec{P} + \vec{R} + \vec{\Pi} = m.\vec{a}$, \vec{a} étant l'accélération du centre d'inertie de la pierre de masse m . Comme $a_x = 0 \text{ m.s}^{-2}$, R_x doit être nulle. Comme $ma_z = -mg + R_z + \Pi_z$ avec $a_z = -g$ alors $R_z + \Pi_z = 0 \text{ N}$. Ces deux coordonnées étant positives, $R_z \approx 0 \text{ N}$ et $\Pi_z \approx 0 \text{ N}$: le poids de la pierre est prépondérant par rapport aux deux autres forces.	0,5	On admet $\vec{a} = \vec{g}$ donc le mouvement est un mouvement de chute libre donc \vec{P} est la seule force
2.3. $E(A) = E(I)$ $\frac{1}{2}.m.v_0^2 + m.g.h = \frac{1}{2}.m.v_1^2$ $v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ $= 13,4 \text{ m.s}^{-1}$ (v_1 est bien voisine de v' (13 m.s^{-1}) mais légèrement supérieure)	0,25 0,25	
3.1 L'onde est transversale car le mouvement d'un point de la surface de l'eau est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde.	0,25	
3.2. La célérité est $v = (\text{distance parcourue par le front de l'onde}) / \text{durée de propagation}$ $v = 0,24 / (20 \times 0,040) = 0,30 \text{ m.s}^{-1}$.	0,25	

EXERCICE III. DU CHLORE DANS L'EAU (7 points)

Retirer **une fois 0,25 point** pour tout l'exercice pour le non respect du nombre de chiffres significatifs des résultats.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.1. 35 ou 37 désignent les nombres de nucléons d'un atome de chlore.	0,25	Accepter : nombres de protons + neutrons.
1.2. Des isotopes sont des noyaux de même numéro atomique (même nombre de protons) mais ayant un nombre de nucléons (ou de neutrons) différents.	0,25	
1.3. Symbole complet du noyau de chlore : ${}_{17}^{36}\text{Cl}$. Composition : 17 protons et 19 neutrons.	0,25	0 si une réponse fausse 0,25 pour les deux
1.4. $E_{L1} = \Delta m \cdot c^2 = [17m_p + 19m_n - m({}_{17}^{36}\text{Cl})] \cdot c^2$ $= (17 \times 1,67262 \times 10^{-27} + 19 \times 1,67492 \times 10^{-27} - 59,71128 \times 10^{-27})$ $\times (2,998 \times 10^8)^2 / 1,602 \times 10^{-13}$ $= 306,7 \text{ MeV}$	0,5	
1.5. En appliquant les lois (de Soddy) de conservation du nombre de nucléons et du nombre de charge on peut écrire ${}_{17}^{36}\text{Cl} \rightarrow {}_{18}^{36}\text{Ar} + {}_{-1}^0\text{e}$ qui correspond à une radioactivité β^-	0,25 0,25	0 si une loi incorrecte 0 si une réponse fausse.
1.6. Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du chlore 36 est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux de chlore 36 présents dans un échantillon se sont désintégrés.	0,25	
1.7.1. $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ donc $[\lambda] = [\text{T}]^{-1}$. Ainsi, l'unité de λ dans le système international est : s^{-1}	0,25	On accepte l'équation aux dimensions avec les unités.
1.7.2. $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{301 \times 10^3 \times 3,156 \times 10^7} = 7,297 \times 10^{-14} \text{ s}^{-1}$	0,25	
1.8.1. La quantité d'ions chlorure présents dans cette eau est : $n(\text{Cl}^-) = \frac{c_m \cdot V}{M(\text{Cl})} = 5,7 \times 10^{-4} \text{ mol}$	0,5	
1.8.2. Le nombre N de noyaux de chlore 36 présents dans cette bouteille est : $N = 7,0 \times 10^{-13} \times n(\text{Cl}^-) \times N_A = 2,4 \times 10^8$	0,25	Mettre les points si la formule utilisée est juste mais le résultat faux à cause d'une réponse fausse à la question 1.8.1
1.8.3. L'activité est donc $A = \lambda \cdot N = 1,8 \times 10^{-5} \text{ Bq}$	0,25	
1.8.4. Dans l'eau minérale il se produit $1,8 \times 10^{-5}$ désintégrations par seconde soit $1,8 \times 10^{-5} \times 24 \times 3600 = 1,5$ désintégrations par jour	0,25	
1.9.1. Loi de décroissance radioactive. $N(t) = N_0 e^{-\frac{\ln 2 \times t}{t_{1/2}}}$	0,25	

1.9.2. Datation d'une eau souterraine L'âge d'une nappe phréatique dont l'eau non renouvelée ne contient plus que 38 % de la quantité de chlore 36 trouvée dans les eaux de surface est : $t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = 4,2 \times 10^5 \text{ ans.}$		0,5		
Cette durée est bien trop importante pour dater au carbone 14 dont la durée de vie (75 fois plus petite que t) implique que la quantité de carbone 14 doit être si faible qu'elle ne peut être mesurée avec suffisamment de précision.		0,25		
2.1. Matériels : pipettes jaugées 25mL et fiole jaugée de 250mL.		0,25		
2.2.1.		0,25		
Equation de la réaction		$2 \text{ ClO}^- (\text{aq}) = 2 \text{ Cl}^- (\text{aq}) + \text{O}_2 (\text{g})$		
Etat	Avancement (mol)	$n_{\text{ClO}^-} (\text{mol})$	$n_{\text{Cl}^-} (\text{mol})$	$n_{\text{O}_2} (\text{mol})$
initial	0	n_1	n_2	n_3
intermédiaire	x	$n_1 - 2x$	$n_2 + 2x$	$n_3 + x$
2.2.2. $x(t_1) = \frac{(1084 - 1020) \times 10^2 \times 275 \times 10^{-6}}{8,314 \times 296} = 7,15 \times 10^{-4} \text{ mol}$		0,25	0,25 avec détail du calcul	
2.3.1 $v(t) = \frac{1}{V_1} \cdot \frac{dx}{dt}$ où V_1 est le volume total de solution dans le ballon et $\frac{dx}{dt}$ est la dérivée par rapport au temps de l'avancement de la réaction qui se déroule dans le ballon.		0,25	0 si $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ sans commentaire concernant le volume V	
2.3.2. v diminue au cours du temps. En effet, graphiquement, $\frac{dx}{dt}$ correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe qui diminue au cours du temps.		0,25		
2.3.3. Le facteur cinétique responsable de la diminution de v est la diminution de la concentration (des réactifs) en ions hypochlorite.		0,25		
2.3.4. Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale		0,25		
2.3.5. $t_{1/2} = 4 \text{ min}$ $x_f = 1,04 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $x = x_f / 2$		0,25	Accepter 4 ± 1 minute.	
		0,25		

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci. Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Modélisation d'une alarme (4 points)
- II. Quatre satellites artificiels parmi bien d'autres (5,5 points)
- III. Les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie (6,5 points)

EXERCICE I. MODÉLISATION D'UNE ALARME (4 points)

Un élève, dans le cadre de travaux personnels, souhaite étudier un système d'alarme.

Après avoir modélisé la mise sous tension du circuit de commande de la sirène (première partie de l'exercice), il cherche à savoir si des phénomènes inductifs peuvent provoquer le déclenchement intempestif de la sirène (deuxième partie de l'exercice).

I. Première partie : fonctionnement simplifié d'une alarme d'appartement

Après avoir mis sous tension l'alarme d'un appartement, il faut pouvoir disposer d'une durée suffisante pour sortir sans la déclencher. Pour cela certains dispositifs utilisent la charge et la décharge d'un condensateur.

Le circuit est alimenté par une batterie d'accumulateurs de force électromotrice (f.e.m.) E .

Le schéma simplifié de l'alarme est le suivant.

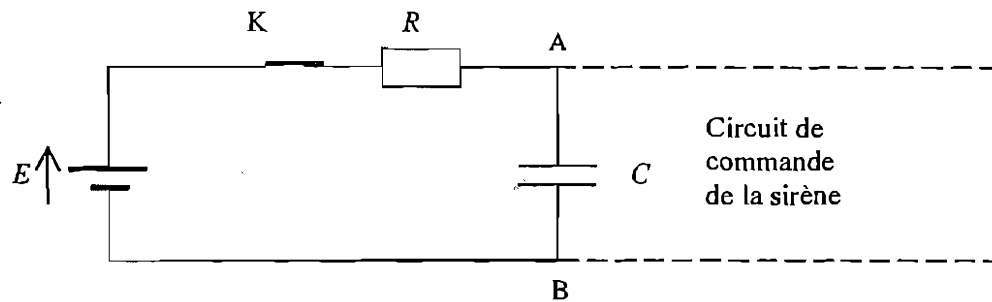


Schéma 1

$$R = 47 \text{ k}\Omega; \quad C = 1,1 \times 10^{-3} \text{ }\mu\text{F}; \quad E = 9,0 \text{ V}$$

La mise sous tension de l'alarme correspond à la fermeture de l'interrupteur K .

Le circuit de commande de la sirène est tel qu'à la fermeture de la porte de l'appartement, le condensateur est mis en court-circuit (ses armatures sont alors reliées par un fil conducteur non représenté sur le schéma).

1. Étude de la charge du condensateur dans le circuit RC

Pour étudier la charge du condensateur de capacité C , l'élève visualise la tension $u_{AB} = f(t)$ à ses bornes à l'aide d'une interface reliée à un ordinateur. Le circuit de commande de la sirène n'est pas relié au condensateur lors de cette expérience.

L'acquisition commence lors de la fermeture de l'interrupteur (K), le condensateur étant préalablement déchargé.

L'élève obtient la courbe $u_{AB} = f(t)$ représentée PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE (figure 2).

1.1. Indiquer sur la Figure 1 PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE les branchements de l'interface pour visualiser $u_{AB} = f(t)$.

L'entrée et la masse de l'interface sont respectivement équivalents à une voie Y et à la masse d'un oscilloscope.

1.2. En utilisant une méthode au choix, déterminer, à partir de la courbe $u_{AB} = f(t)$ (Figure 2 PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE), la constante de temps τ de ce circuit. La construction qui permet sa détermination doit figurer sur la courbe.

1.3. Donner l'expression de la constante de temps τ en fonction des caractéristiques du circuit et vérifier par le calcul la valeur trouvée à la question 1.2.

2. Déclenchement de l'alarme

Ce circuit commande une sirène (voir Schéma 1) qui se déclenche dès que la tension aux bornes du condensateur atteint la valeur de 8 V .

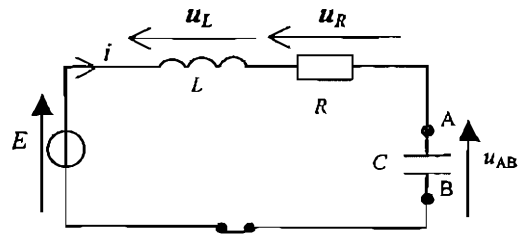
2.1. À l'aide de la courbe $u_{AB} = f(t)$ donnée Figure 2 PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE, déterminer la durée Δt dont dispose l'habitant pour quitter l'appartement et fermer la porte, en indiquant clairement cette durée sur le graphe.

2.2. Expliquer pourquoi le fait de fermer la porte empêche l'alarme de se déclencher.

II. Deuxième partie : l'alarme peut-elle se déclencher de manière intempestive ?

Des phénomènes inductifs peuvent apparaître dans le circuit.

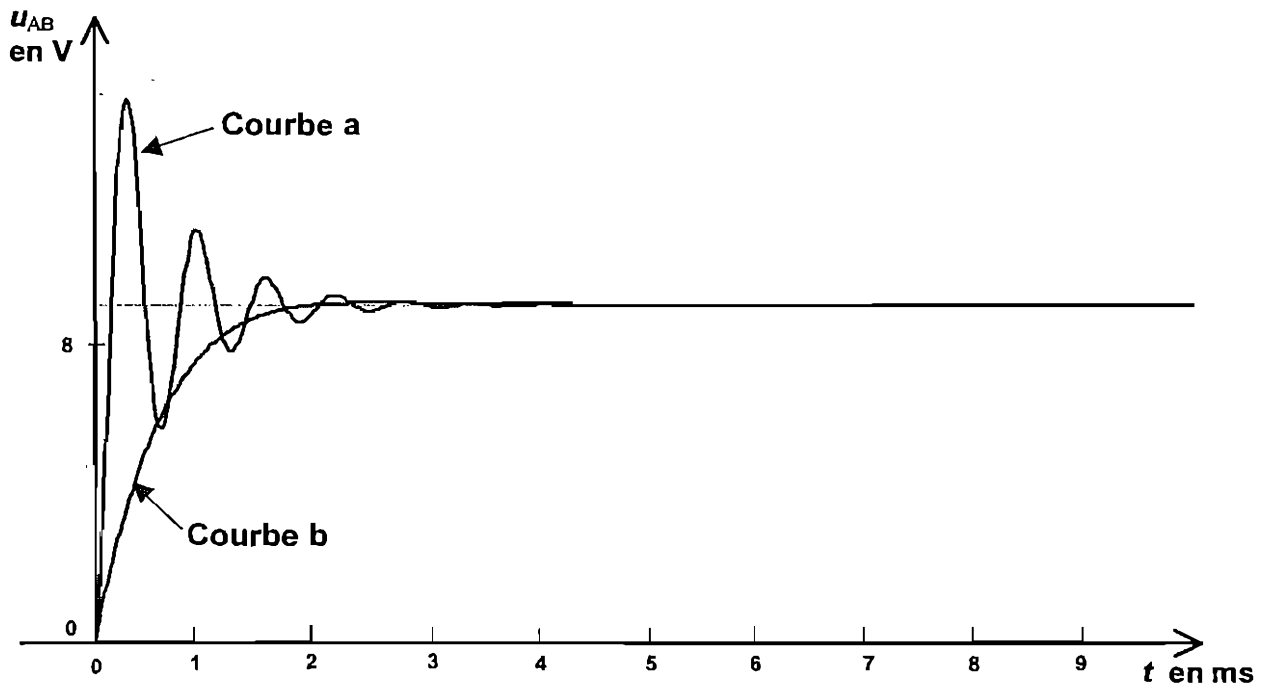
Celui-ci est alors analogue à un circuit RLC série. Pour comprendre l'influence de l'inductance l'élève réalise, au laboratoire, le montage ci-contre, avec les composants dont les caractéristiques sont données au schéma 2.



$$E = 9,0 \text{ V} \quad L = 0,10 \text{ H} \quad C = 0,10 \text{ } \mu\text{F}$$

Schéma 2

L'élève enregistre comme dans la première partie de l'exercice la tension $u_{AB} = f(t)$ aux bornes du condensateur, pour deux valeurs de résistance $R_1 = 160 \text{ } \Omega$ et $R_2 = 2,4 \text{ k}\Omega$. Il obtient les courbes a et b ci-dessous.



1. Donner les noms des régimes associés aux courbes a et b. Indiquer pour chacun d'eux la valeur donnée à la résistance R , en précisant la raison de ce choix.

Pour étudier les régimes de charge du condensateur, on appliquera les mêmes conclusions que dans le cas de la décharge du condensateur en série avec une bobine et une résistance.

2. À partir de ces courbes, montrer que l'intensité du courant dans le circuit s'annule au bout d'une durée suffisamment longue.

3. En appliquant la loi des tensions, trouver la valeur finale de la tension u_{AB} .

4. Quel inconvénient présenterait le régime associé à la courbe (a) si cette modélisation correspondait au circuit de déclenchement de l'alarme précédente ?

5. Dans un circuit de capacité C , d'inductance L et de résistance R , on évite les oscillations si la condition suivante est vérifiée : $\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \geq 1$. La valeur de l'inductance dans le circuit d'alarme est

supposée inférieure à 1 mH.

Dire, en justifiant la réponse, si des oscillations peuvent apparaître dans le circuit d'alarme étudié dans la première partie, immédiatement après la fermeture de l'interrupteur K.

EXERCICE II. QUATRE SATELLITES TERRESTRES ARTIFICIELS PARMIBIEN D'AUTRES (5,5 POINTS)

Passionné d'astronomie, un élève a collecté sur le réseau Internet de nombreuses informations concernant les satellites artificiels terrestres. Il met en œuvre ses connaissances de physique pour les vérifier et les approfondir.

Dans tout l'exercice, on notera :

Masse de la Terre : M_T (répartition de masse à symétrie sphérique de centre O)

Rayon de la Terre : R_T

Masse du satellite étudié : m_S

Altitude du satellite étudié : h

Constante de gravitation universelle : G

Les questions 2 et 3 sont indépendantes.

1. Le premier satellite artificiel.

Si la possibilité théorique de mettre un satellite sur orbite autour de la Terre fut signalée en 1687 par Isaac Newton, il a fallu attendre le 4 octobre 1957 pour voir le lancement du premier satellite artificiel, Spoutnik 1, par les soviétiques.

1.1. Exprimer vectoriellement la force exercée par la Terre sur Spoutnik 1, supposé ponctuel, et la représenter sur un schéma.

1.2. *L'étude se fait dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen.*

En appliquant la deuxième loi de Newton établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite.

2. Les satellites artificiels à orbites circulaires.

Le télescope spatial Hubble, qui a permis de nombreuses découvertes en astronomie depuis son lancement en 1990, est en orbite circulaire à 600 km d'altitude et il effectue un tour complet de la Terre en 100 minutes.

2.1. Étude du mouvement du satellite Hubble dans un référentiel géocentrique

2.1.1. En reprenant les résultats de la partie 1, montrer sans calcul que le mouvement circulaire de Hubble est uniforme.

2.1.2. Exprimer littéralement sa vitesse en fonction des grandeurs M_T , R_T , h et G .

2.1.3. Exprimer la période T de son mouvement en fonction des grandeurs précédentes puis retrouver la troisième loi de Kepler appliquée à ce mouvement circulaire (l'énoncé de cette loi n'est pas demandé ici).

2.2. Cas d'un satellite géostationnaire

Les satellites météorologiques comme Météosat sont des appareils d'observation géostationnaires.

2.2.1. Qu'appelle-t-on satellite géostationnaire ?

2.2.2. On propose trois trajectoires hypothétiques de satellite en mouvement circulaire uniforme autour de la Terre.

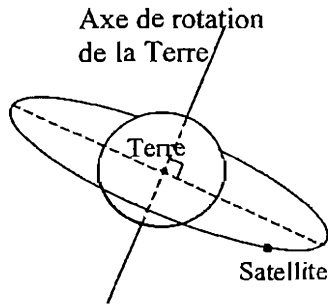


Figure 1

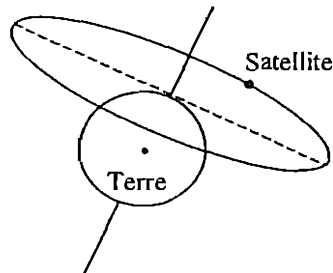


Figure 2

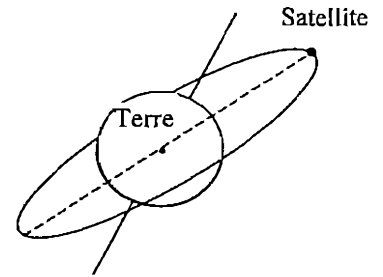


Figure 3

- Montrer que, seule, l'une de ces trajectoires est incompatible avec les lois de la mécanique.
- Quelle est la seule trajectoire qui peut correspondre au satellite géostationnaire ? Justifier la réponse.

3. Les satellites artificiels à orbites elliptiques.

Les satellites peuvent être placés sur différentes orbites, en fonction de leur mission. Un incident lors de leur satellisation peut modifier l'orbite initialement prévue. Hipparcos, un satellite d'astrométrie lancé par la fusée Ariane le 8 août 1989, n'a jamais atteint son orbite prévue. Un moteur n'ayant pas fonctionné, il est resté sur une orbite elliptique entre 36 000 km et 500 km d'altitude.

3.1. Les satellites artificiels obéissent aux lois de Kepler.

La deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires », précise que « des aires balayées par le rayon, reliant le satellite à l'astre attracteur, pendant des durées égales, sont égales ».

Énoncer les deux autres lois dans le cas général d'une orbite elliptique.

3.2. Sans souci exagéré d'échelle ni d'exactitude de la courbe mathématique, dessiner l'allure de l'orbite du satellite Hipparcos. Placer sur ce schéma le centre d'inertie de la Terre et les points A et P correspondant respectivement aux valeurs 36 000 km et 500 km données dans le texte.

3.3. En appliquant la loi des aires au schéma précédent montrer, sans calcul, que la vitesse d'Hipparcos sur son orbite n'est pas constante.

3.4. Préciser en quels points de son orbite sa vitesse est maximale, minimale.

4. Les missions des satellites artificiels.

Aujourd'hui, plus de 2 600 satellites gravitent autour de la Terre. Ils interviennent dans de nombreux domaines : téléphonie, télévision, localisation, géodésie, télédétection, météorologie, astronomie ... Leur spectre d'observation est vaste, optique, radar, infrarouge, ultraviolet, écoute de signaux radioélectriques ...

4.1. Sachant que le spectre optique correspond à la lumière visible, donner les limites des longueurs d'onde dans le vide de ce spectre et situer l'infrarouge et l'ultraviolet .

4.2. La célérité de la lumière dans le vide est $3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$, en déduire les limites en fréquence de la lumière visible.

4.3. Pourquoi doit on préciser « dans le vide » pour donner les valeurs des longueurs d'onde ?

EXERCICE III. LES INDICATEURS COLORÉS NATURELS DE LA CUISINE À LA CHIMIE (6,5 points)

La première utilisation d'un indicateur coloré pour les titrages acido-basiques remonte à 1767 par W. Lewis. Il employait un extrait de tournesol (...).

On utilisait à l'époque des extraits de plantes qui changent de couleur avec l'acidité du milieu (...).

On peut en citer quelques-uns parmi les plus connus et les meilleurs :

- l'artichaut (...)

- la betterave rouge (...)

- le chou rouge, de loin l'extrait le plus intéressant car sa couleur change nettement suivant la valeur du pH :

<i>pH</i>	<i>0-3</i>	<i>4-6</i>	<i>7-8</i>	<i>9-12</i>	<i>13-14</i>
<i>couleur</i>	<i>rouge</i>	<i>violet</i>	<i>bleu</i>	<i>vert</i>	<i>jaune</i>

d'après Chimie des couleurs et des odeurs

1. Des indicateurs colorés en cuisine.

Le chou rouge est un légume riche en fibres et en vitamines, qui se consomme aussi bien en salade que cuit.

Mais la cuisson du chou rouge peut réserver des surprises : chou rouge et eau de cuisson deviennent rapidement bleus. Pour rendre au chou sa couleur violette, on peut ajouter un filet de citron ou du vinaigre.

Après avoir égoutté le chou, une autre modification de couleur peut surprendre le cuisinier : versée dans un évier contenant un détergent, l'eau de cuisson devient verte.

En utilisant les textes ci-dessus

1.1. Donner la propriété essentielle d'un indicateur coloré acido basique.

1.2. Préciser le caractère acide ou basique du vinaigre et du détergent.

2. Des indicateurs colorés pour les titrages.

De nos jours, les indicateurs colorés sont toujours largement utilisés pour les titrages. La pH-métrie est une autre technique de titrage acido-basique qui permet en outre de choisir convenablement un indicateur coloré acido-basique pour ces mêmes titrages.

Dans la suite de l'exercice, on s'intéresse au titrage de l'acide éthanoïque de formule $\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$ (noté par la suite HA) contenu dans un vinaigre commercial incolore.

La base conjuguée de cet acide sera notée A⁻.

2.1. Dilution du vinaigre.

Le vinaigre commercial étant trop concentré pour être titré par la solution d'hydroxyde de sodium disponible au laboratoire, on le dilue dix fois. On dispose pour cela de la verrerie suivante :

<i>Éprouvettes :</i>	<i>5 mL</i>	<i>10 mL</i>	<i>25 mL</i>	<i>50 mL</i>	<i>100 mL</i>
<i>Pipettes jaugées :</i>	<i>1,0 mL</i>	<i>5,0 mL</i>	<i>10,0 mL</i>	<i>20,0 mL</i>	
<i>Fioles jaugées :</i>	<i>150,0 ml</i>	<i>200,0 mL</i>	<i>250,0 mL</i>	<i>500,0 mL</i>	

Choisir dans cette liste la verrerie la plus appropriée pour effectuer la dilution. Justifier.

2.2. Réaction de titrage.

On titre un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de la solution diluée de vinaigre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On ajoute un volume $V_{\text{eau}} = 60 \text{ mL}$ afin d'immerger les électrodes du pH-mètre après agitation. Le suivi pH-métrique de la transformation permet de construire la courbe fournie dans l'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.

Cette partie a pour but de vérifier que la transformation associée à la réaction de titrage est totale. Pour cela, on déterminera son taux d'avancement final pour un volume $V_B = 6,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé.

Donnée : produit ionique de l'eau à 25°C $K_e = 10^{-14}$

2.2.1. Écrire l'équation associée à la réaction de titrage.

2.2.2. Pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, déterminer le réactif limitant.

2.2.3. Pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, déterminer l'avancement maximal x_{max} . On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

2.2.4. Après avoir relevé la valeur du pH du mélange obtenu, déterminer la quantité de matière d'ions hydroxyde restante après la transformation (n_{HO^-})_f dans le volume total de mélange réactionnel.

2.2.5. Déterminer le taux d'avancement final et conclure.

2.3. Détermination par titrage de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté du vinaigre.

2.3.1. Déterminer graphiquement sur l'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Préciser la démarche utilisée.

2.3.2. Déterminer la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté c_A dans le vinaigre dilué et en déduire la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté c_0 du vinaigre commercial.

2.4. Retour historique ...

On souhaite réaliser un titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque contenu dans le vinaigre dilué avec un des deux extraits naturels (artichaut et betterave rouge) utilisés au dix huitième siècle.

Pour chaque indicateur coloré, on considère que les teintes sont dues à la prédominance d'une espèce chimique, notée HA_{Ind} pour sa forme acide et A_{Ind}^- pour sa forme basique. Le pK_A des couples $HA_{\text{Ind}}/A_{\text{Ind}}^-$ sera noté pK_i .

On donne les valeurs des pK_i à 25°C :

artichaut : $(pK_i)_1 = 7,5$

betterave rouge : $(pK_i)_2 = 11,5$

	<i>Artichaut</i>	<i>Betterave</i>
pK_i	7,5	11,5
<i>Teinte pour HA_{ind} dominant</i>	<i>incolore</i>	<i>rouge</i>
<i>Teinte pour A_{ind}^- dominant</i>	<i>jaune</i>	<i>jaune</i>

2.4.1. En utilisant l'expression de la constante d'acidité K_i , montrer que la relation suivante est vérifiée :

$$\frac{[A_{ind}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{ind}]_{\text{éq}}} = 10^{pH - pK_i}$$

On s'interroge sur les couleurs que prendrait le mélange réactionnel lors du titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque en présence d'une petite quantité de l'un ou l'autre de ces extraits naturels.

2.4.2. La courbe pH-métrique montre que, pour $V_B = 9,8 \text{ mL}$, le pH de la solution est voisin de 6,5 et que, pour $V_B = 10,1 \text{ mL}$, il est voisin de 10,5.

Pour chaque extrait naturel et pour chacun de ces deux volumes V_B , déterminer la valeur du

rapport $\frac{[A_{ind}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{ind}]_{\text{éq}}}$ puis compléter la ligne correspondante du tableau de **PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**

A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.

2.4.3. En déduire les couleurs observées dans chaque cas. Compléter la ligne correspondante du tableau de **PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

2.4.4. Conclure sur l'indicateur coloré le plus adapté pour ce titrage.

2.4.5. Pourquoi faut-il choisir un vinaigre incolore pour ce type de titrage ?

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

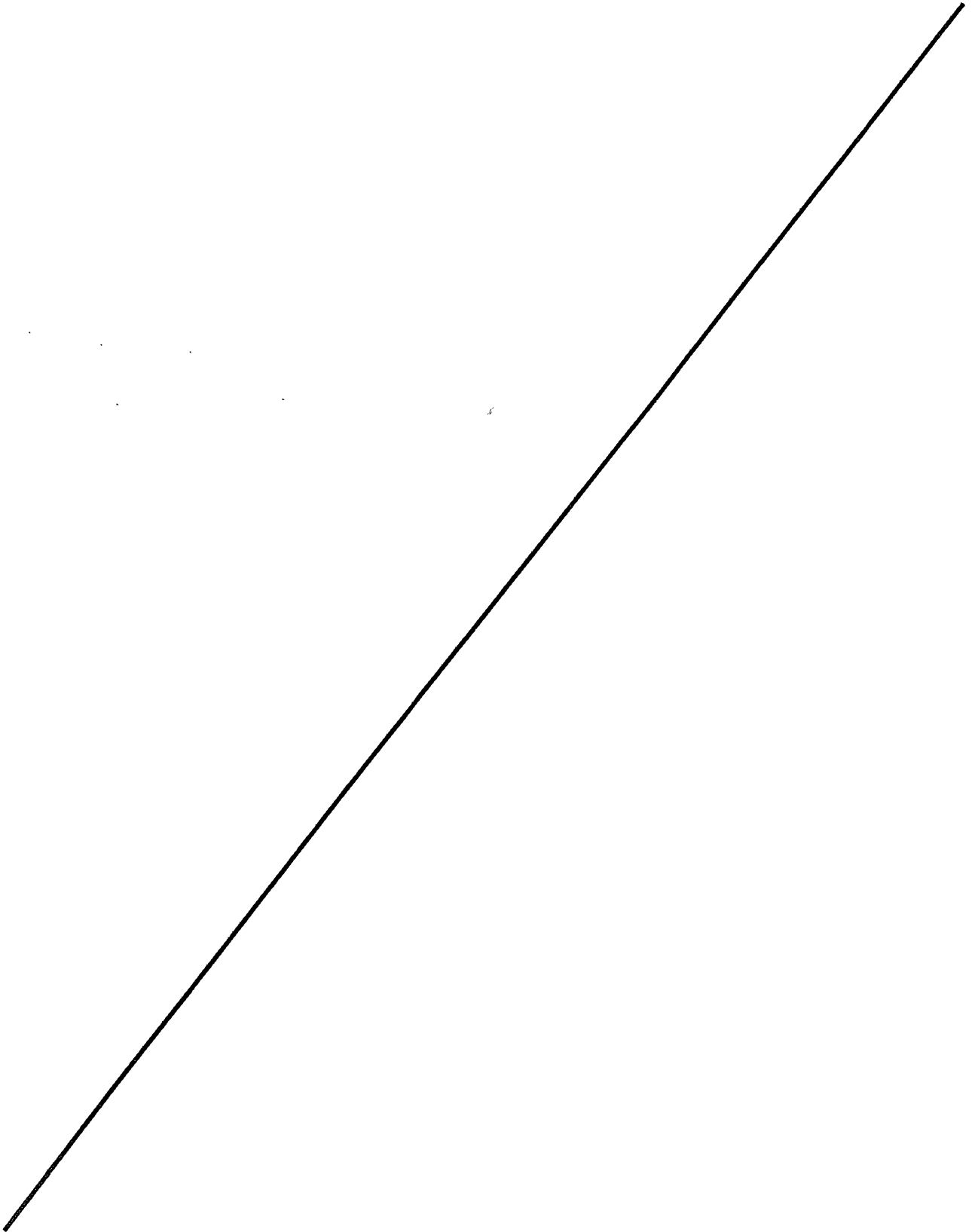
PHYSIQUE-CHIMIE
OBLIGATOIRE

Série : S

**FEUILLET DE L' ANNEXE
À RENDRE AVEC LA COPIE.**

*Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-
les.*

Tournez la page S.V.P.



EXERCICE I

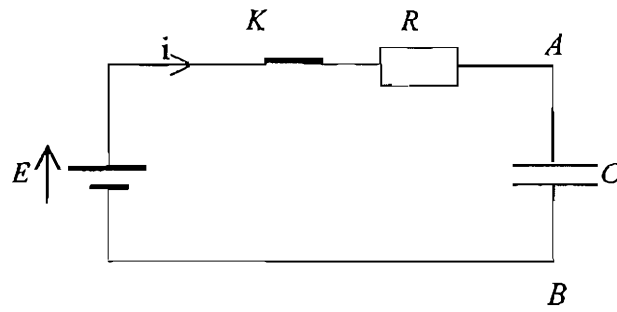


Figure 1

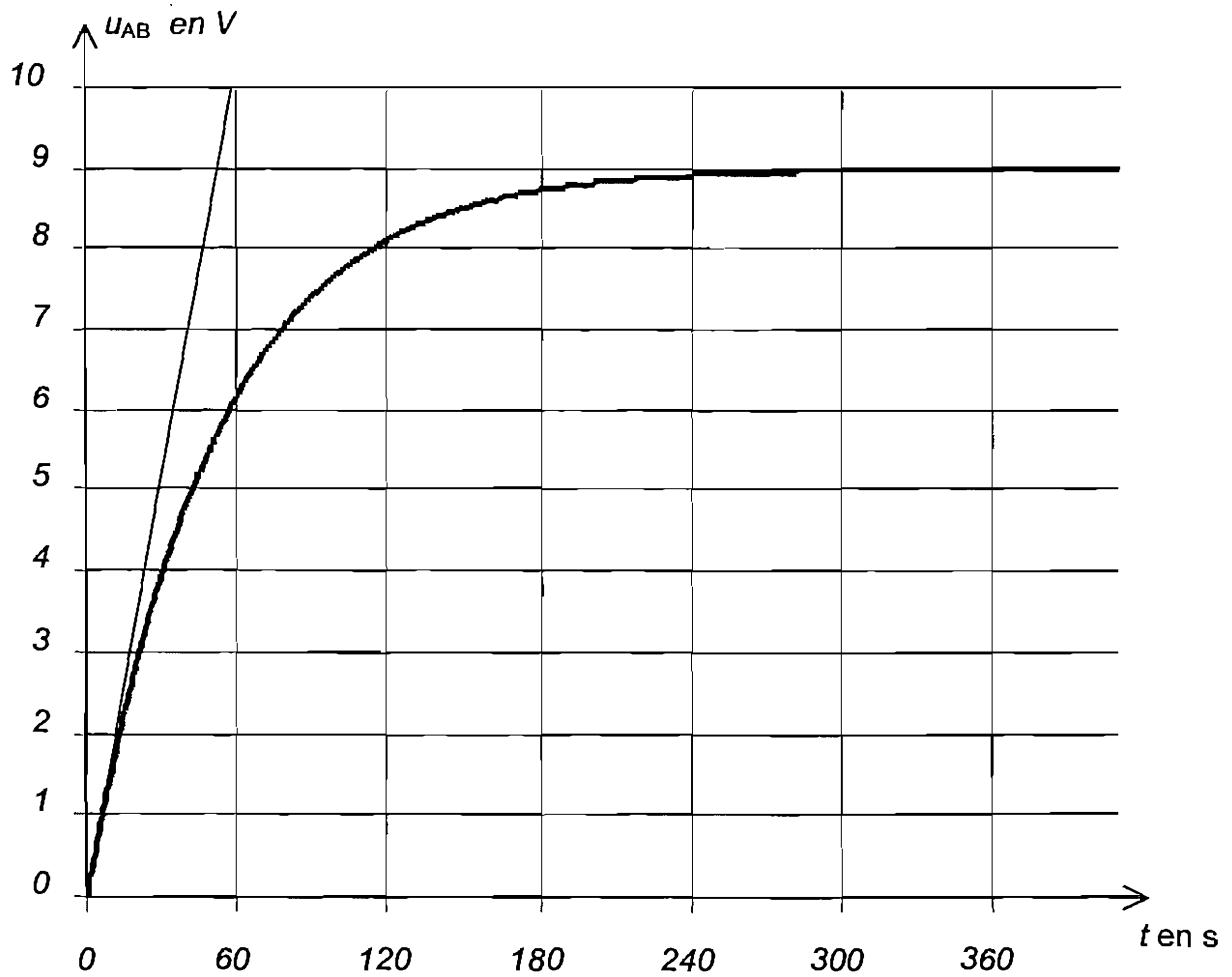
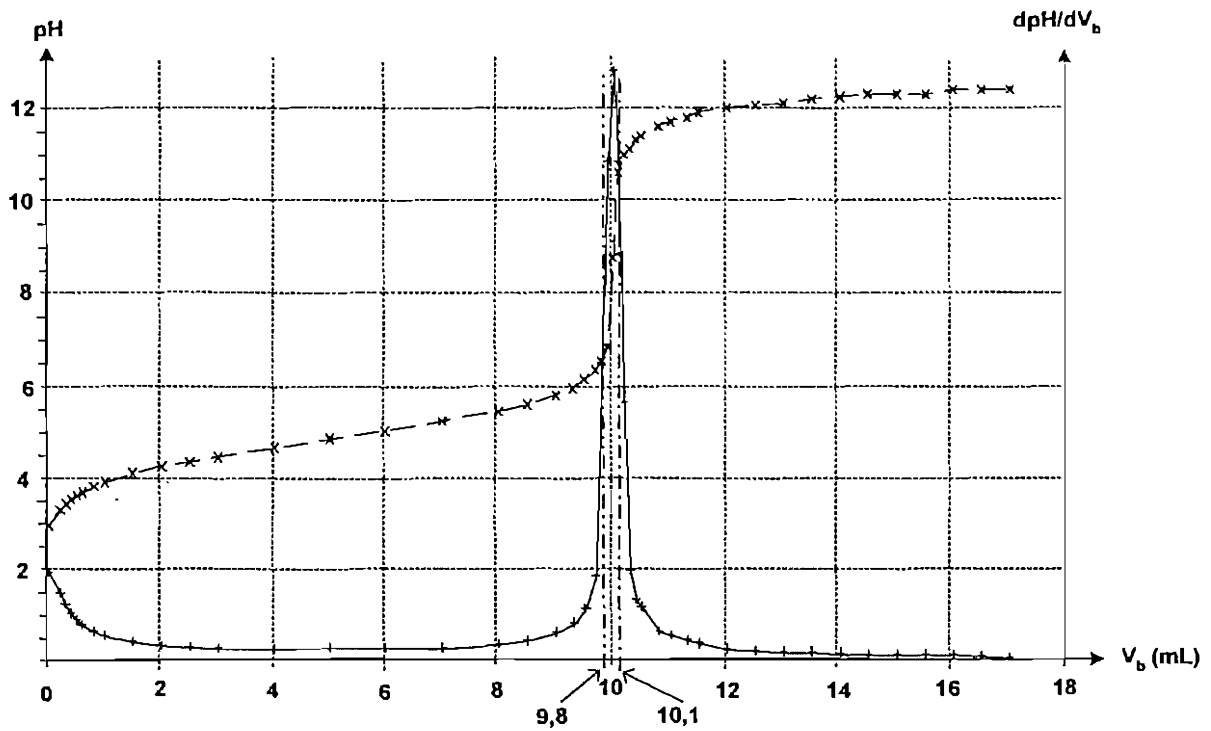


Figure 2

EXERCICE III

COURBE pH-MÉTRIQUE



TABLEAU

	Artichaut		Betterave	
	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$
$\frac{[A^-]_{\acute{e}q}}{[HA]_{\acute{e}q}}$				
Couleur				

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. Modélisation d'une alarme (4 points)
- II. Satellites terrestres (5.5 points)
- III. Les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie (6.5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au **B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

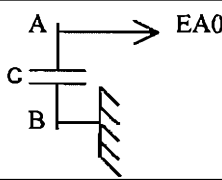
Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

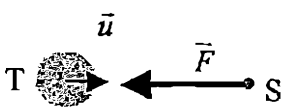
EXERCICE I. Modélisation d'une alarme 4 points

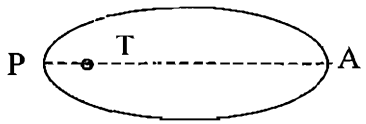
Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 pt si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponse	Barème	Commentaires
<p>1.1 L'interface mesure la tension entre A et B.</p> 	0,25	Seul le schéma est exigé
<p>1.2. L'intersection de la tangente avec U_{\max} donne $\tau \approx 50$ s. Ou, par le calcul : τ correspond au temps sur la courbe tel que $u_{AB}(\tau) = 0,63 \cdot u_{AB \max}$. Sur la courbe, $u_{AB \max} = 9V$ et donc $u_{AB}(\tau) = 5,7 V$. On obtient sur la courbe $\tau \approx 50$ s</p>	0,25 (méthode) 0,25 (résultat)	Toute méthode correcte est acceptée. On admettra toute réponse entre 45 et 55s
<p>1.3 $\tau = RC$ $AN : \tau = 47 \times 10^3 \times 1,1 \times 10^{-3} = 52$ s On retrouve une valeur comparable à la question précédente.</p>	0,25 0,25	
<p>2.1 Le condensateur atteint 8 V pour une durée voisine de 2 min.</p>	0,25	Accepter $110 \leq \Delta t \leq 120$ s.
<p>2.2 Quand l'habitant ferme la porte, le condensateur se décharge puisqu'il est en court-circuit.</p>	0,25	
<p>Partie 2 : 1. Courbe a : régime oscillant pseudopériodique Courbe b : régime apériodique Le régime apériodique correspond à un amortissement plus important donc à une résistance plus grande. Donc : Courbe a : $R = 160 \Omega$ et courbe b : $R = 2,4 k\Omega$.</p>	0,25 0,25	Oscillant non exigé Réponse tout ou rien
<p>2. La tension aux bornes du condensateur tend vers une constante. Or $u_{AB} = q_A / C$. Donc la charge tend vers une constante or $i = dq_A / dt$. Donc i tend vers zéro.</p>	0,25 0,25	Toute justification rigoureuse est acceptée
<p>3. Par la loi d'additivité des tensions, on a : $E = L di/dt + Ri + u$ Quand $u = cte$, $i = 0$ et ne varie plus. Donc $u = E$</p>	0,25 0,25	Toute justification rigoureuse est acceptée
<p>4. On s'aperçoit que dans le régime a, la tension du condensateur passe par 8 V beaucoup plus rapidement que dans le régime b. L'habitant manquerait de temps alors pour sortir de chez lui.</p>	0,25	On accepte aussi : une surtension déclenche l'alarme avant que l'habitant ne sorte
<p>5. On calcule la valeur approchée de $\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$ qui est environ 2×10^4. Donc, il n'y a aucune chance d'observer des oscillations dans ce circuit.</p>	0,5	Valeur exacte non demandée : accepter $2,5 \times 10^4$

EXERCICE II. Satellites terrestres. 5,5 points

Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 pt si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses	Barème	Commentaires
<p>1.1.</p> $\vec{F} = -G \frac{M_T \cdot m_S}{(R_T + h)^2} \times \vec{u}$ <p style="text-align: center;">avec \vec{u} vecteur unitaire</p> 	0,25 0,25	$\vec{u} = \frac{1}{TS} \cdot \overline{TS}$ accepté On accepte le signe + avec le vecteur unitaire dans l'autre sens \vec{u} dans la formule et sur le schéma doivent correspondre Retirer au plus 0,25 pt si les réponses sont données sans application à la Terre et à Spoutnik
<p>1.2. $\vec{a} = -G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$</p>	0,25	
<p>2.1.1 D'après ce qui précède, le mouvement est circulaire et l'accélération est radiale et centripète. Donc la valeur de la vitesse est constante. Le mouvement circulaire est uniforme.</p>	0,25	Toute démonstration rigoureuse est acceptée
<p>2.1.2</p> $a = \frac{v^2}{R_T + h}$	0,25	
$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + h}}$	0,25	
<p>2.1.3. $T = 2\pi(R_T + h) \sqrt{\frac{R_T + h}{G \cdot M_T}}$</p> $\frac{T^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{G M_T}$	0,25 0,25	
<p>2.2.1. Le satellite est fixe pour un observateur terrestre.</p>	0,25	Toute réponse correcte est acceptée
<p>2.2.2.a La trajectoire de la figure 2 n'est pas compatible avec les lois de la mécanique car le vecteur accélération doit passer par le centre de la Terre, ce qui n'est pas le cas.</p>	0,25	Toute justification correcte est acceptée
<p>2.2.2.b C'est la trajectoire de la figure 1 : Le satellite doit rester à la verticale d'un point M de la Terre donc sa trajectoire doit avoir même axe de rotation que celui de la Terre. Le vecteur accélération du satellite est centripète et passe par le centre O de la Terre donc la trajectoire est dans le plan équatorial.</p>	0,25	Toute justification correcte est acceptée
<p>3.1. 1ère loi : les satellites décrivent des trajectoires elliptiques dont la Terre occupe l'un des foyers. 3^{ème} loi : le carré de la période divisé par le cube du demi-grand axe de l'ellipse, est une constante. (ou $T^2/a^3 = \text{cste}$ en précisant les symboles)</p>	0,25 0,25	

<p>3.2.</p> 	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>Ellipse et T</p> <p>P et A</p>
<p>3.3 Quand le satellite se rapproche de la Terre, pendant une même unité de temps, l'arc décrit sur l'ellipse s'accroît. La vitesse devient donc plus grande.</p>	<p>0,25</p>	<p>Un schéma explicatif est accepté</p>
<p>3.4. La vitesse est maximale en P (périgée) et minimale en A (apogée).</p>	<p>0,25</p>	<p>Les termes « périgée » et « apogée » ne sont pas demandés</p>
<p>4.1. Entre 400 nm et 800 nm. Les rayons ultra-violet se situent en deçà de 400nm, les infra-rouge se situent au delà de 800 nm</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>Limite pour le rouge à partir de 750 nm</p>
<p>4.2. Les fréquences données par $f = \frac{c}{\lambda}$ sont , respectivement : 7,5 x 10¹⁴ Hz (violet) et 3,8 x 10¹⁴ Hz (rouge)</p>	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>On admettra aussi 4,0.10¹⁴ Hz pour la limite du rouge.</p>
<p>4.3. Pour une radiation de fréquence donnée, (et donc de couleur donnée), la longueur d'onde dépend de la célérité des ondes, qui elle-même dépend du milieu de propagation .</p>	<p>0,25</p>	<p>on admet fréquence ou couleur</p>

EXERCICE III. Les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie (6.5 pts)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires																				
1.1	Un indicateur coloré est une espèce chimique dont la couleur dépend du pH	0,25																					
1.2	En présence de vinaigre, le chou rouge est violet : le vinaigre a donc un pH compris entre 4 et 6 ; c'est un acide. En présence de détergent, le chou rouge est vert : il a donc un pH compris entre 9 et 12 ; c'est une base.	0,25 0,25																					
2.1	Le volume de solution mère prélevé doit être dix fois plus faible que le volume de la solution diluée. On utilise de la verrerie jaugée : pipette jaugée 20,0 mL fiole jaugée 200,0 mL	0,25 0,25																					
2.2.1	$HA(aq) + HO^-(aq) = A^-(aq) + H_2O(l)$	0,25	(aq) non exigé																				
2.2.2	$V_B < V_E$: HO^- est le réactif limitant	0,25																					
2.2.3	Si la transformation est totale : $(n_{HO^-})_i - x_{max} = 0$ $x_{max} = (n_{HO^-})_i = c_B V_B$ $x_{max} = 1,0 \cdot 10^{-1} \times 6,0 \times 10^{-3} = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ équation de la réaction $HA(aq) + HO^-(aq) = A^-(aq) + H_2O(l)$ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>état</th> <th>n_{HA}</th> <th>n_{HO^-}</th> <th>n_{A^-}</th> <th>n_{H_2O}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>initial</td> <td>$(n_{HA})_i$</td> <td>$(n_{HO^-})_i$</td> <td>≈ 0</td> <td>solvant</td> </tr> <tr> <td>En cours de transformation</td> <td>$(n_{HA})_i - x$</td> <td>$(n_{HO^-})_i - x$</td> <td>x</td> <td>solvant</td> </tr> <tr> <td>Final si transformation totale</td> <td>$(n_{HA})_i - x_{max}$</td> <td>≈ 0</td> <td>x_{max}</td> <td>solvant</td> </tr> </tbody> </table>	état	n_{HA}	n_{HO^-}	n_{A^-}	n_{H_2O}	initial	$(n_{HA})_i$	$(n_{HO^-})_i$	≈ 0	solvant	En cours de transformation	$(n_{HA})_i - x$	$(n_{HO^-})_i - x$	x	solvant	Final si transformation totale	$(n_{HA})_i - x_{max}$	≈ 0	x_{max}	solvant	0,5	0,25 formule littérale 0,25 application numérique
état	n_{HA}	n_{HO^-}	n_{A^-}	n_{H_2O}																			
initial	$(n_{HA})_i$	$(n_{HO^-})_i$	≈ 0	solvant																			
En cours de transformation	$(n_{HA})_i - x$	$(n_{HO^-})_i - x$	x	solvant																			
Final si transformation totale	$(n_{HA})_i - x_{max}$	≈ 0	x_{max}	solvant																			
2.2.4	$pH = 5$ donc $[HO^-]_f = \frac{K_e}{10^{-pH}} = 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$ et $(n_{HO^-})_f = [HO^-]_f \cdot (V_A + V_B + V_{eau}) = 7,6 \cdot 10^{-11} \text{ mol}$	0,25 0,25																					
2.2.5	$(n_{HO^-})_f = (n_{HO^-})_i - x_f$ donc $x_f = (n_{HO^-})_i - (n_{HO^-})_f \approx (n_{HO^-})_i$ $\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{(n_{HO^-})_i}{(n_{HO^-})_i} = 1$ $\tau_f = 100\%$ la transformation est totale	0,25 0,25 0,25	En ne négligeant pas $(n_{HO^-})_f$ on conclut τ voisin de 100 %, on peut considérer la transformation totale																				
2.3.1.	$V_E = 10,0 \text{ mL}$ Tracé ou utilisation de la courbe dérivée	0,25 0,25	Accepter 10,05 mL																				
2.3.2.	à l'équivalence: $(n_{HA})_i - x_E = 0$ et $(n_{HO^-})_i - x_E = 0$ donc $x_E = c_A V_A = c_B V_E$ d'où $c_A = \frac{c_B V_E}{V_A}$ $c_A = \frac{1,0 \cdot 10^{-1} \times 10,0}{10} \approx 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et $c_0 = 10 c_A = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$	0,25 0,25 0,25	Accepter $c_A = 1,05 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ $c_0 = 1,05 \text{ mol.L}^{-1}$																				

2.4.1	$K_i = \frac{[A_{ind}^-]_{\acute{e}q} [H_3O^+]_{\acute{e}q}}{[HA_{ind}]_{\acute{e}q}}$ $[H_3O^+]_{\acute{e}q} = 10^{-pH} \text{ et } K_i = 10^{-pK_i}$ $\text{donc } \frac{[A^-]_{\acute{e}q}}{[HA]_{\acute{e}q}} = \frac{K_i}{[H_3O^+]_{\acute{e}q}} = 10^{pH - pK_i}$	0,25 0,25																					
2.4.2.																							
2.4.3.	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">Artichaut</th> <th colspan="2">Betterave</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>$V_B = 9,8 \text{ mL}$</td> <td>$V_B = 10,1 \text{ mL}$</td> <td>$V_B = 9,8 \text{ mL}$</td> <td>$V_B = 10,1 \text{ mL}$</td> </tr> <tr> <td>$\frac{[A^-]_{\acute{e}q}}{[HA]_{\acute{e}q}}$</td> <td>$10^{-1}$</td> <td>$10^3$</td> <td>$10^{-5}$</td> <td>$10^{-1}$</td> </tr> <tr> <td>couleur</td> <td>incolore</td> <td>jaune</td> <td>rouge</td> <td>rouge</td> </tr> </tbody> </table>		Artichaut		Betterave			$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$	$\frac{[A^-]_{\acute{e}q}}{[HA]_{\acute{e}q}}$	10^{-1}	10^3	10^{-5}	10^{-1}	couleur	incolore	jaune	rouge	rouge	0,25 0,25	
	Artichaut		Betterave																				
	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$																			
$\frac{[A^-]_{\acute{e}q}}{[HA]_{\acute{e}q}}$	10^{-1}	10^3	10^{-5}	10^{-1}																			
couleur	incolore	jaune	rouge	rouge																			
2.4.4.	Il n'y a pas de changement de teinte observée pour la betterave pour $V_B = V_E$ versé : la betterave ne convient pas. En revanche, il y a changement de teinte de l'artichaut : celui-ci permet de repérer l'équivalence	0,25 0,25																					
2.4.5.	Pour ne pas gêner la perception des couleurs lors du titrage colorimétrique	0,25																					

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci. Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Modulation et démodulation d'amplitude (4 points)
- II. Quatre satellites terrestres artificiels parmi bien d'autres (5,5 points)
- III. Les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie (6,5 points)

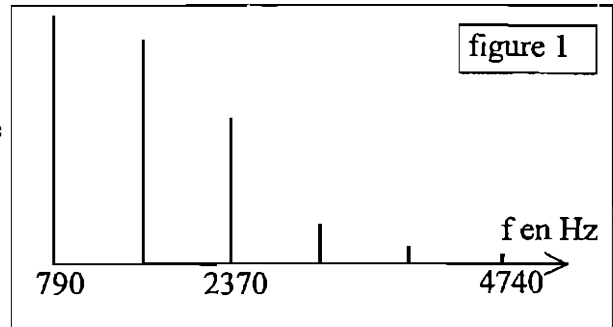
EXERCICE I. MODULATION ET DÉMODULATION D'AMPLITUDE (4 points)

Le but de cet exercice est d'observer l'action d'une modulation d'amplitude, suivie d'une démodulation sur le spectre de fréquence d'une note émise par une flûte à bec.

1. Analyse du son émis par une flûte à bec

On joue, avec une flûte à bec, une note « sol » devant un microphone, muni d'un amplificateur et relié à l'interface d'un ordinateur. Un logiciel approprié permet d'obtenir le spectre en fréquence de cette note, reproduit en figure 1

- 1.1. Le son est-il pur ? Justifier.
- 1.2. Quelle est la fréquence du fondamental ?
- 1.3. Indiquer le nombre d'harmoniques (autres que le fondamental) qui composent ce son. Préciser la fréquence de chacun.

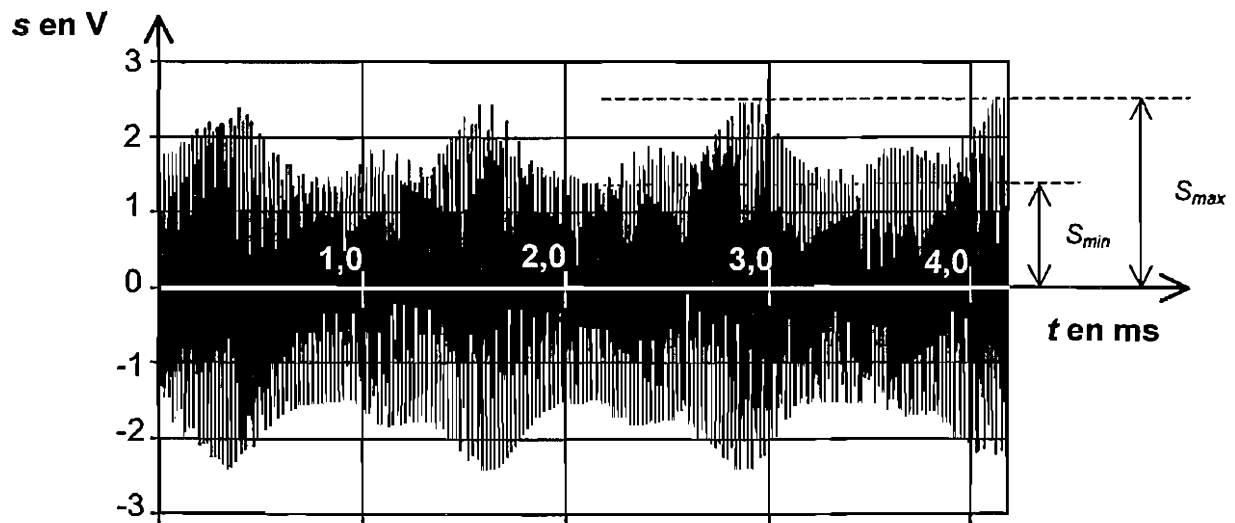


2. Modulation d'amplitude

On souhaite réaliser une modulation d'amplitude à l'aide de deux tensions alternatives et périodiques : l'une $u_1(t)$, tension sinusoïdale provenant d'un GBF, l'autre $u_2(t)$ provenant d'un microphone M, muni d'un amplificateur, devant lequel on joue la note « sol » de la flûte.

On donne les caractéristiques de $u_1(t)$: amplitude voisine de 2V, fréquence 100 kHz.

- 2.1. Des tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$, quelle est celle appelée porteuse ? Justifier.
- 2.2. On obtient la tension modulée $s(t)$ représentée sur l'enregistrement ci-dessous :



Où retrouve-t-on le signal modulant sur l'enregistrement de la tension modulée en amplitude ?

- 2.3. Le taux de modulation, pour les valeurs positives de $s(t)$, est défini par $m = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}}$. Les

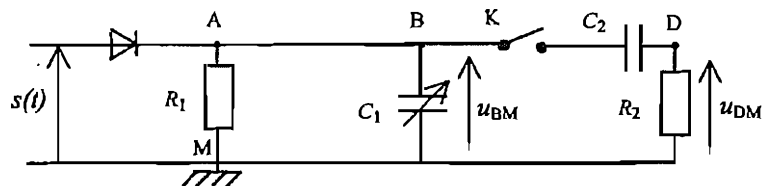
grandeurs S_{max} et S_{min} sont représentées sur l'enregistrement.

La modulation est de bonne qualité si ce taux de modulation est inférieur à 1.

Calculer m et conclure sur la qualité de la modulation.

3. Démodulation

On souhaite réaliser une démodulation, de façon à obtenir le signal modulant issu de la flûte.
On réalise le montage suivant :



$$\begin{aligned} R_1 &= 15 \text{ k}\Omega \text{ ou } 150 \text{ k}\Omega \\ C_1 &= 1,0 \text{ nF} \\ C_2 &= 0,1 \text{ }\mu\text{F} \\ R_2 &= 1,0 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

Une interface reliée à un ordinateur permet d'enregistrer successivement les tensions suivantes :

- la tension $u_{BM}(t)$ pour deux valeurs différentes de la résistance R_1 , l'interrupteur K étant ouvert (courbes 1 et 2) ;
- la tension $u_{DM}(t)$ avec la valeur de R_1 qui donne une démodulation correcte, l'interrupteur K étant fermé (courbe 3).

Les courbes 1, 2 et 3 sont représentées **PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**

3.1. L'interrupteur K est ouvert. Étude du circuit ABMA appelé détecteur de crête ou d'enveloppe.
Lorsque la tension modulée $s(t)$ augmente, à partir d'une valeur suffisante, la diode est passante, le condensateur de capacité C_1 se charge jusqu'à ce que $u_{BM} = s_{max}$ puis $s(t)$ diminue et la diode est bloquée

- 3.1.1. Que se passe-t-il dans le circuit ABMA lorsque la diode est bloquée ?
- 3.1.2. Donner l'expression littérale du temps caractéristique τ_1 de l'évolution de la tension u_{BM} lorsque la diode est bloquée.
- 3.1.3. Pour chacune des valeurs données à R_1 , calculer la valeur de τ_1 correspondante.
- 3.1.4. Dire quelle propriété doit posséder ce temps caractéristique τ_1 par rapport à la période T de la porteuse pour avoir une bonne qualité de démodulation. Par observation des courbes 1 et 2, attribuer à chacune d'elles la valeur de R_1 qui lui correspond.

3.2. L'interrupteur K est fermé. La tension u_{DM} obtenue après la démodulation correcte est une tension alternative périodique représentant le signal modulant

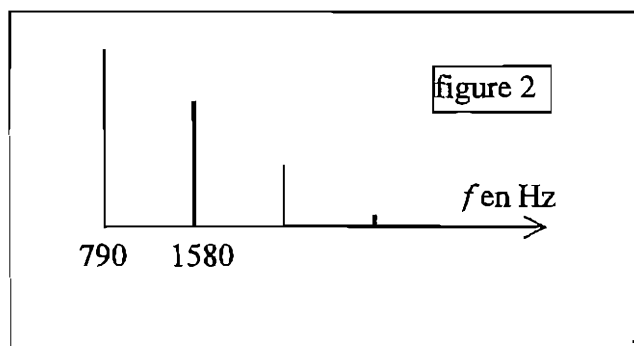
En comparant les courbes 2 et 3 représentées **PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, expliquer le rôle de l'ensemble $\{R_2 - C_2\}$ série.

4. Analyse du signal obtenu après démodulation

Le spectre en fréquence de la tension démodulée u_{DM} est donné ci-contre : figure 2.

4.1. Si la tension démodulée était appliquée à un haut-parleur parfait, la hauteur du son serait-elle la même que celle du son émis par la flûte ? Justifier.

4.2. Le timbre de ce son serait-il le même ? Justifier.



**EXERCICE II. QUATRE SATELLITES TERRESTRES ARTIFICIELS PARMIS
BIEN D'AUTRES (5,5 POINTS)**

Passionné d'astronomie, un élève a collecté sur le réseau Internet de nombreuses informations concernant les satellites artificiels terrestres. Il met en œuvre ses connaissances de physique pour les vérifier et les approfondir.

Dans tout l'exercice, on notera :

Masse de la Terre : M_T (répartition de masse à symétrie sphérique de centre O)

Rayon de la Terre : R_T

Masse du satellite étudié : m_S

Altitude du satellite étudié : h

Constante de gravitation universelle : G

Les questions 2 et 3 sont indépendantes.

1. Le premier satellite artificiel.

Si la possibilité théorique de mettre un satellite sur orbite autour de la Terre fut signalée en 1687 par Isaac Newton, il a fallu attendre le 4 octobre 1957 pour voir le lancement du premier satellite artificiel, Spoutnik 1, par les soviétiques.

1.1. Exprimer vectoriellement la force exercée par la Terre sur Spoutnik 1, supposé ponctuel, et la représenter sur un schéma.

1.2. L'étude se fait dans un référentiel géocentrique considéré comme galiléen.

En appliquant la deuxième loi de Newton établir l'expression vectorielle de l'accélération du satellite.

2. Les satellites artificiels à orbites circulaires.

Le télescope spatial Hubble, qui a permis de nombreuses découvertes en astronomie depuis son lancement en 1990, est en orbite circulaire à 600 km d'altitude et il effectue un tour complet de la Terre en 100 minutes.

2.1. Étude du mouvement du satellite Hubble dans un référentiel géocentrique

2.1.1. En reprenant les résultats de la partie 1, montrer sans calcul que le mouvement circulaire de Hubble est uniforme.

2.1.2. Exprimer littéralement sa vitesse en fonction des grandeurs M_T , R_T , h et G .

2.1.3. Exprimer la période T de son mouvement en fonction des grandeurs précédentes puis retrouver la troisième loi de Kepler appliquée à ce mouvement circulaire (l'énoncé de cette loi n'est pas demandé ici).

2.2. Cas d'un satellite géostationnaire

Les satellites météorologiques comme Météosat sont des appareils d'observation géostationnaires.

2.2.1. Qu'appelle-t-on satellite géostationnaire ?

2.2.2. On propose trois trajectoires hypothétiques de satellite en mouvement circulaire uniforme autour de la Terre.

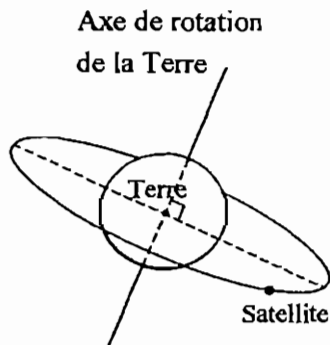


Figure 1

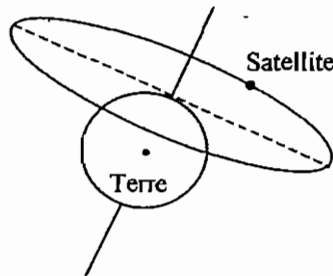


Figure 2

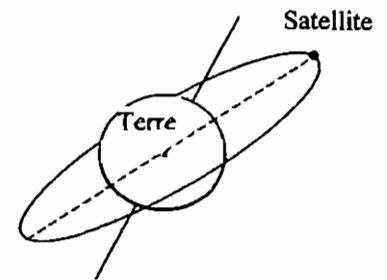


Figure 3

- Montrer que, seule, l'une de ces trajectoires est incompatible avec les lois de la mécanique.
- Quelle est la seule trajectoire qui peut correspondre au satellite géostationnaire ? Justifier la réponse.

3. Les satellites artificiels à orbites elliptiques.

Les satellites peuvent être placés sur différentes orbites, en fonction de leur mission. Un incident lors de leur satellisation peut modifier l'orbite initialement prévue. Hipparcos, un satellite d'astrométrie lancé par la fusée Ariane le 8 août 1989, n'a jamais atteint son orbite prévue. Un moteur n'ayant pas fonctionné, il est resté sur une orbite elliptique entre 36 000 km et 500 km d'altitude.

3.1. Les satellites artificiels obéissent aux lois de Kepler.

La deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires », précise que « des aires balayées par le rayon, reliant le satellite à l'astre attracteur, pendant des durées égales, sont égales ».

Énoncer les deux autres lois dans le cas général d'une orbite elliptique.

3.2. Sans souci exagéré d'échelle ni d'exactitude de la courbe mathématique, dessiner l'allure de l'orbite du satellite Hipparcos. Placer sur ce schéma le centre d'inertie de la Terre et les points A et P correspondant respectivement aux valeurs 36 000 km et 500 km données dans le texte.

3.3. En appliquant la loi des aires au schéma précédent montrer, sans calcul, que la vitesse d'Hipparcos sur son orbite n'est pas constante.

3.4. Préciser en quels points de son orbite sa vitesse est maximale, minimale.

4. Les missions des satellites artificiels.

Aujourd'hui, plus de 2 600 satellites gravitent autour de la Terre. Ils interviennent dans de nombreux domaines : téléphonie, télévision, localisation, géodésie, télédétection, météorologie, astronomie ... Leur spectre d'observation est vaste, optique, radar, infrarouge, ultraviolet, écoute de signaux radioélectriques ...

4.1. Sachant que le spectre optique correspond à la lumière visible, donner les limites des longueurs d'onde dans le vide de ce spectre et situer l'infrarouge et l'ultraviolet .

4.2. La célérité de la lumière dans le vide est $3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$, en déduire les limites en fréquence de la lumière visible.

4.3. Pourquoi doit on préciser « dans le vide » pour donner les valeurs des longueurs d'onde ?

EXERCICE III. LES INDICATEURS COLORÉS NATURELS DE LA CUISINE À LA CHIMIE (6,5 points)

La première utilisation d'un indicateur coloré pour les titrages acido-basiques remonte à 1767 par W. Lewis. Il employait un extrait de tournesol (...).

On utilisait à l'époque des extraits de plantes qui changent de couleur avec l'acidité du milieu (...).

On peut en citer quelques-uns parmi les plus connus et les meilleurs :

- l'artichaut (...)

- la betterave rouge (...)

- le chou rouge, de loin l'extrait le plus intéressant car sa couleur change nettement suivant la valeur du pH :

<i>pH</i>	<i>0-3</i>	<i>4-6</i>	<i>7-8</i>	<i>9-12</i>	<i>13-14</i>
<i>couleur</i>	<i>rouge</i>	<i>violet</i>	<i>bleu</i>	<i>vert</i>	<i>jaune</i>

d'après Chimie des couleurs et des odeurs

1. Des indicateurs colorés en cuisine.

Le chou rouge est un légume riche en fibres et en vitamines, qui se consomme aussi bien en salade que cuit.

Mais la cuisson du chou rouge peut réserver des surprises : chou rouge et eau de cuisson deviennent rapidement bleus. Pour rendre au chou sa couleur violette, on peut ajouter un filet de citron ou du vinaigre.

Après avoir égoutté le chou, une autre modification de couleur peut surprendre le cuisinier : versée dans un évier contenant un détergent, l'eau de cuisson devient verte.

En utilisant les textes ci-dessus

1.1. Donner la propriété essentielle d'un indicateur coloré acido basique.

1.2. Préciser le caractère acide ou basique du vinaigre et du détergent.

2. Des indicateurs colorés pour les titrages.

De nos jours, les indicateurs colorés sont toujours largement utilisés pour les titrages. La pH-métrie est une autre technique de titrage acido-basique qui permet en outre de choisir convenablement un indicateur coloré acido-basique pour ces mêmes titrages.

Dans la suite de l'exercice, on s'intéresse au titrage de l'acide éthanóique de formule $\text{CH}_3 - \text{CO}_2\text{H}$ (noté par la suite HA) contenu dans un vinaigre commercial incolore.

La base conjuguée de cet acide sera notée A^- .

2.1. Dilution du vinaigre.

Le vinaigre commercial étant trop concentré pour être titré par la solution d'hydroxyde de sodium disponible au laboratoire, on le dilue dix fois. On dispose pour cela de la verrerie suivante :

<i>Éprouvettes :</i>	<i>5 mL</i>	<i>10 mL</i>	<i>25 mL</i>	<i>50 mL</i>	<i>100 mL</i>
<i>Pipettes jaugées :</i>	<i>1,0 mL</i>	<i>5,0 mL</i>	<i>10,0 mL</i>	<i>20,0 mL</i>	
<i>Fioles jaugées :</i>	<i>150,0 ml</i>	<i>200,0 mL</i>	<i>250,0 mL</i>	<i>500,0 mL</i>	

Choisir dans cette liste la verrerie la plus appropriée pour effectuer la dilution. Justifier.

2.2. Réaction de titrage.

On titre un volume $V_A = 10,0 \text{ mL}$ de la solution diluée de vinaigre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 1,0 \times 10^1 \text{ mol.L}^{-1}$. On ajoute un volume $V_{eau} = 60 \text{ mL}$ afin d'immerger les électrodes du pH-mètre après agitation. Le suivi pH-métrique de la transformation permet de construire la courbe fournie dans l'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.

Cette partie a pour but de vérifier que la transformation associée à la réaction de titrage est totale. Pour cela, on déterminera son taux d'avancement final pour un volume $V_B = 6,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé.

Donnée : produit ionique de l'eau à 25°C $K_e = 10^{-14}$

2.2.1. Écrire l'équation associée à la réaction de titrage.

2.2.2. Pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, déterminer le réactif limitant.

2.2.3. Pour $V_B = 6,0 \text{ mL}$, déterminer l'avancement maximal x_{\max} . On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

2.2.4. Après avoir relevé la valeur du pH du mélange obtenu, déterminer la quantité de matière d'ions hydroxyde restante après la transformation (n_{HO^-})_f dans le volume total de mélange réactionnel.

2.2.5. Déterminer le taux d'avancement final et conclure.

2.3. Détermination par titrage de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté du vinaigre.

2.3.1. Déterminer graphiquement sur l'ANNEXE EN PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE le volume de la solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Préciser la démarche utilisée.

2.3.2. Déterminer la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté c_A dans le vinaigre dilué et en déduire la valeur de la concentration molaire en acide éthanoïque apporté c_0 du vinaigre commercial.

2.4. Retour historique ...

On souhaite réaliser un titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque contenu dans le vinaigre dilué avec un des deux extraits naturels (artichaut et betterave rouge) utilisés au dix huitième siècle.

Pour chaque indicateur coloré, on considère que les teintes sont dues à la prédominance d'une espèce chimique, notée HA_{Ind} pour sa forme acide et A_{Ind}^- pour sa forme basique. Le pK_A des couples $HA_{\text{Ind}}/A_{\text{Ind}}^-$ sera noté pK_i .

On donne les valeurs des pK_i à 25°C :

artichaut : $(pK_i)_1 = 7,5$

betterave rouge : $(pK_i)_2 = 11,5$

	<i>Artichaut</i>	<i>Betterave</i>
pK_i	7,5	11,5
<i>Teinte pour HA_{Ind} dominant</i>	<i>incolore</i>	<i>rouge</i>
<i>Teinte pour A_{Ind}^- dominant</i>	<i>jaune</i>	<i>jaune</i>

2.4.1. En utilisant l'expression de la constante d'acidité K_i , montrer que la relation suivante est vérifiée :

$$\frac{[A_{Ind}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{Ind}]_{\text{éq}}} = 10^{pH - pK_i}$$

On s'interroge sur les couleurs que prendrait le mélange réactionnel lors du titrage colorimétrique de l'acide éthanoïque en présence d'une petite quantité de l'un ou l'autre de ces extraits naturels.

2.4.2. La courbe pH-métrique montre que, pour $V_B = 9,8 \text{ mL}$, le pH de la solution est voisin de 6,5 et que, pour $V_B = 10,1 \text{ mL}$, il est voisin de 10,5.

Pour chaque extrait naturel et pour chacun de ces deux volumes V_B , déterminer la valeur du

rapport $\frac{[A_{Ind}^-]_{\text{éq}}}{[HA_{Ind}]_{\text{éq}}}$ puis compléter la ligne correspondante du tableau de l'ANNEXE EN PAGE

A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.

2.4.3. En déduire les couleurs observées dans chaque cas. Compléter la ligne correspondante du tableau de l'ANNEXE EN PAGE **A4 À RENDRE AVEC LA COPIE.**

2.4.4. Conclure sur l'indicateur coloré le plus adapté pour ce titrage.

2.4.5. Pourquoi faut-il choisir un vinaigre incolore pour ce type de titrage ?

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

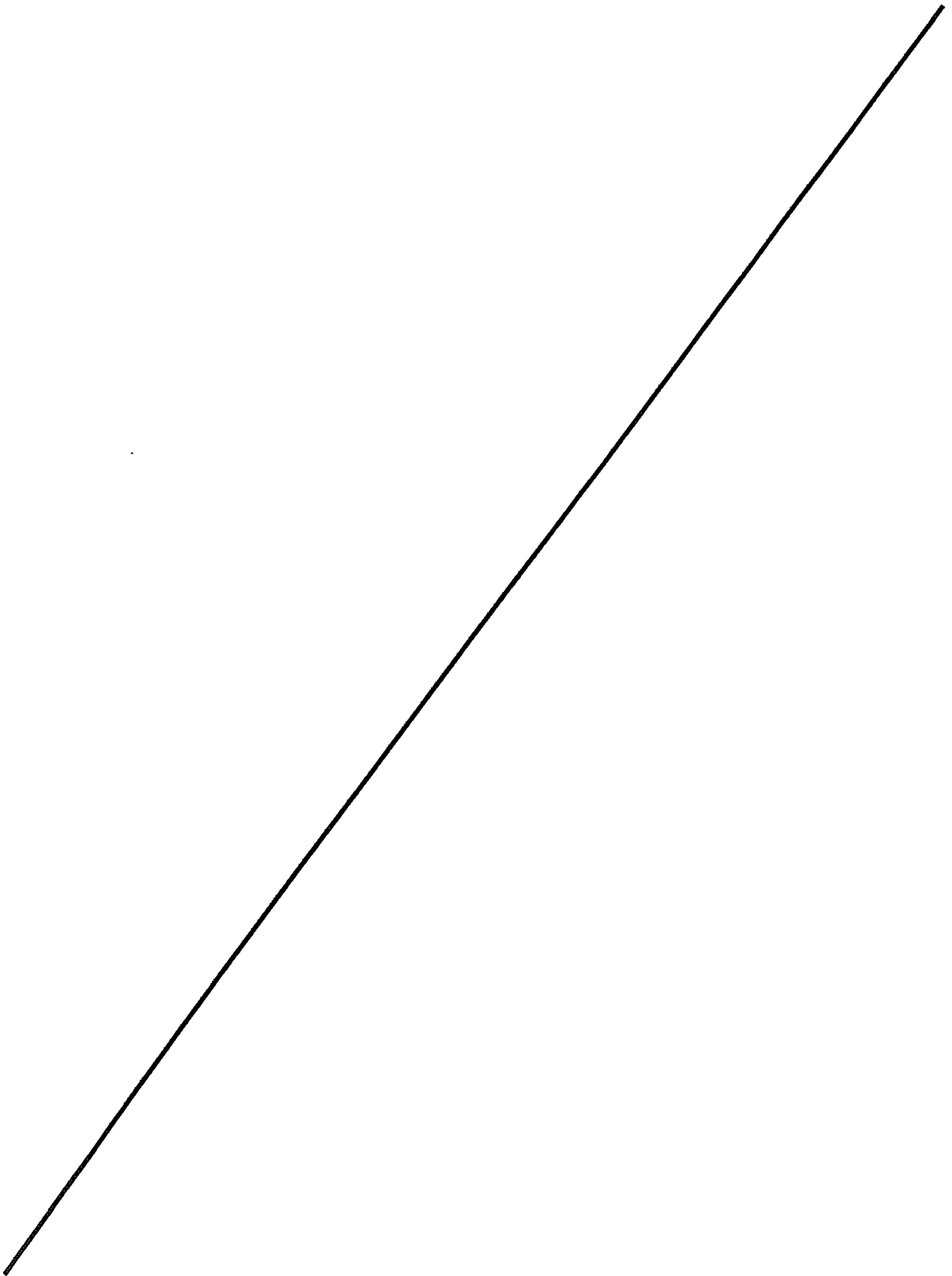
PHYSIQUE-CHIMIE
SPÉCIALITÉ

Série : S

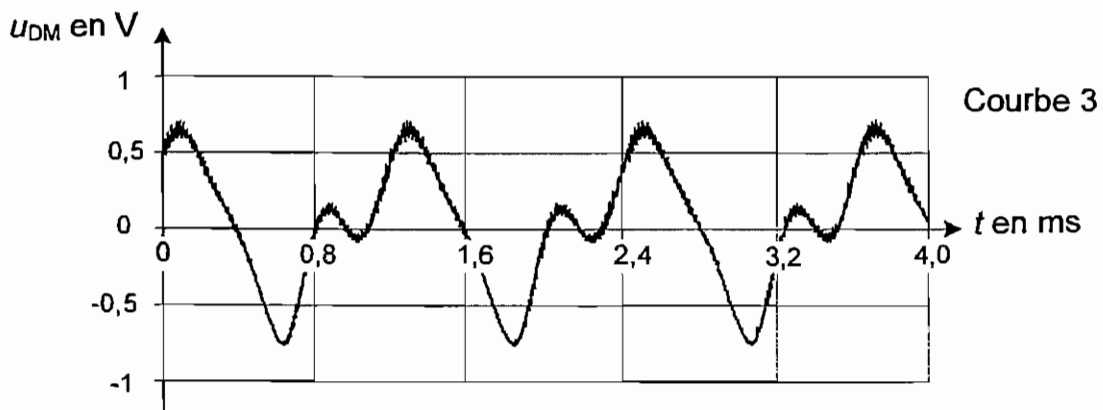
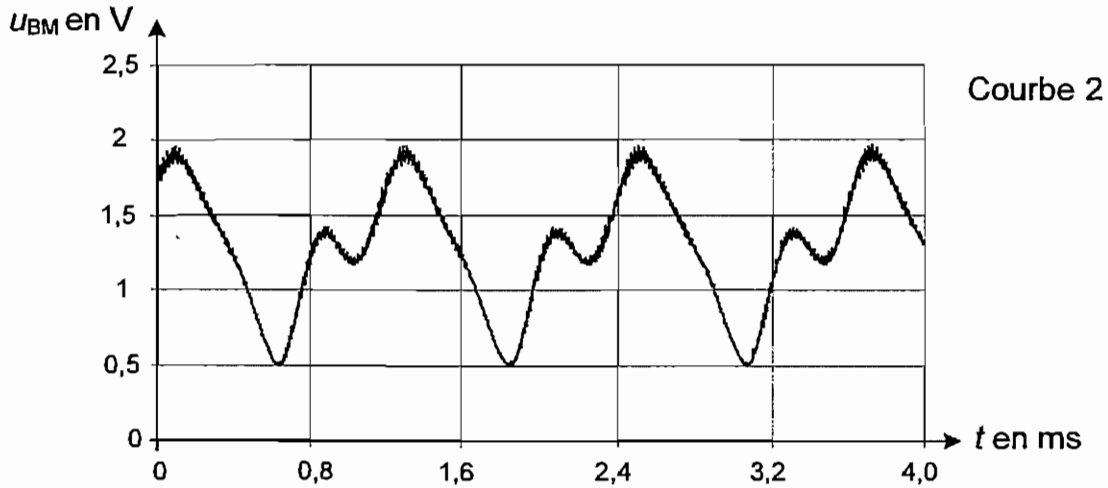
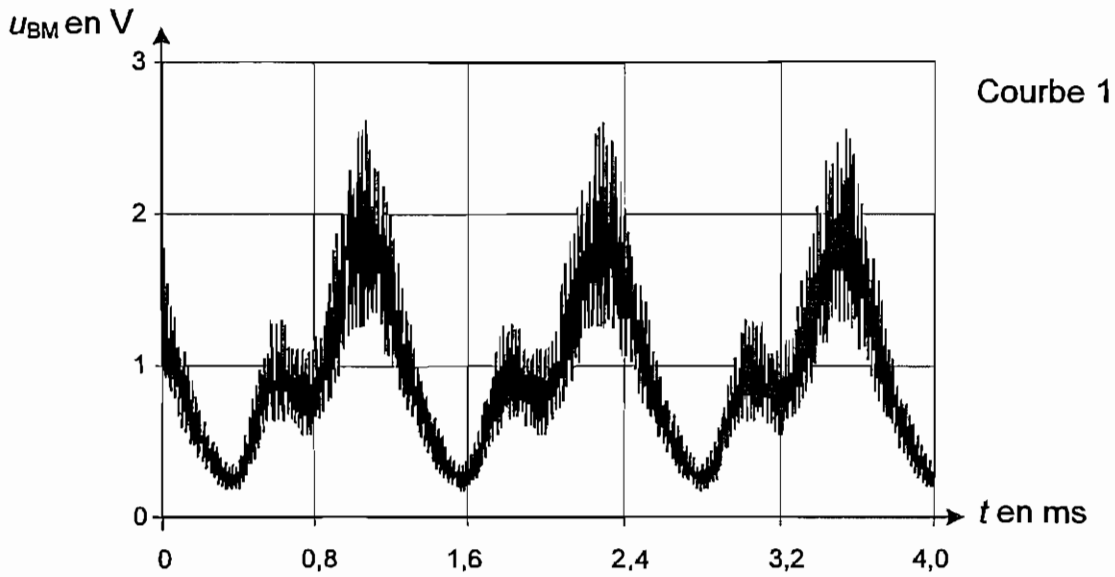
*Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-
les.*

**FEUILLET DE L'ANNEXE
À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Tournez la page S.V.P.

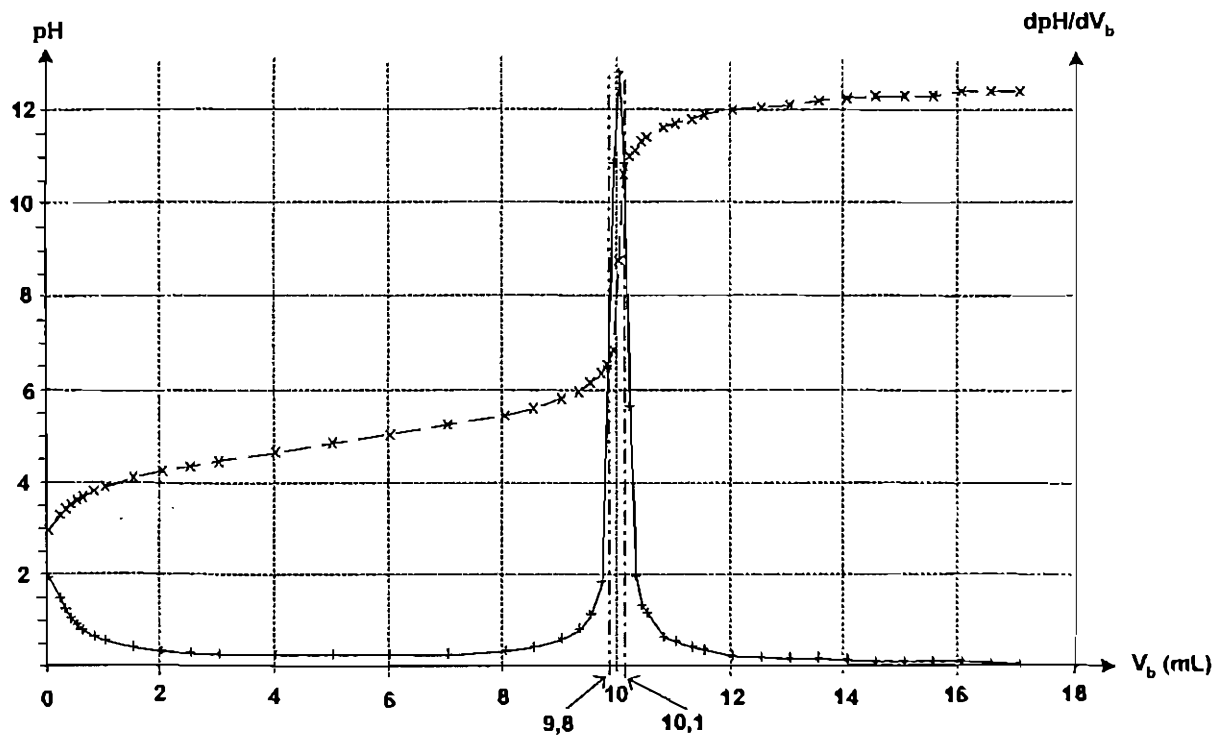


EXERCICE I



EXERCICE III

COURBE pH-MÉTRIQUE



TABLEAU

	Artichaut		Betterave	
	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$	$V_B = 9,8 \text{ mL}$	$V_B = 10,1 \text{ mL}$
$\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}$				
Couleur				

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. Modulation-Démodulation (spécialité :4 points)
- II. Satellites terrestres (5.5 points)
- III. Les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie (6.5 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au **B.O. n° 31 du 29 août 2002**

- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité.

Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

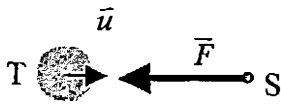
EXERCICE I. Modulation Démodulation 4 pts


Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 pt si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses	Barème	Commentaires
1.1. L'analyse spectrale du son indique la présence de plusieurs harmoniques donc le son n'est pas pur	0,25	
1.2. Fréquence du fondamental : 790 Hz	0,25	Aucune justification n'est demandée
1.3. 5 harmoniques : 1580 Hz, 2370 Hz, 3160 Hz, 3950 Hz et 4740 Hz	0,25	
2.1. La porteuse est à très haute fréquence alors que le son issu de la flûte est à basse fréquence donc u_1 est le signal appelé porteuse	0,25	
2.2. Le signal modulant correspond à l'enveloppe de la tension modulée $s(t)$	0,25	
2.3. $m = 2,5 - 1,4 / 2,5 + 1,4 = 0,21 < 1$ donc la modulation est de bonne qualité	0,25 0,25	Accepter $0,2 < m < 0,3$
3.1.1. Le condensateur C_1 se décharge dans la résistance R_1	0,25	
3.1.2. Le temps caractéristique de cette décharge est $\tau_1 = R_1 C_1$	0,25	
3.1.3. $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$ ou $150 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 1,0 \text{ nF}$ donc $\tau_1 = R_1 C_1 = 15 \text{ }\mu\text{s}$ ou $150 \text{ }\mu\text{s}$.	0,25	
3.1.4. Pour détecter l'enveloppe de la tension modulée, il faut que τ_1 soit grand devant la période T de la porteuse. $T = 10 \text{ }\mu\text{s}$. La courbe 1 ne correspond pas à une bonne démodulation donc τ_1 est trop proche de T et vaut donc $15 \text{ }\mu\text{s}$ pour $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$. La courbe 2 correspond à $R_1 = 150 \text{ k}\Omega$.	0,25 0,25	
3.2. Elle correspond à la somme d'une tension continue et de la tension alternative de la courbe 3. Le circuit $R_2 C_2$ permet d'éliminer la composante continue observée dans la courbe 3.	0,25	
4.1. Oui car la hauteur d'un son est la fréquence du fondamental : ici 790 Hz. C'est la fréquence du fondamental du sol joué par la flûte	0,25	0 sans justification
4.2. Le timbre d'un son dépend des harmoniques qu'il contient. L'analyse spectrale montre que le signal démodulé ne contient plus que les 3 premiers harmoniques. Le son n'aura donc pas le même timbre que le sol joué par la flûte	0,25 0,25	

EXERCICE II. Satellites terrestres. 5,5 points

Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 pt si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses	Barème	Commentaires
<p>1.1.</p> $\vec{F} = -G \frac{M_T \cdot m_S}{(R_T + h)^2} \times \vec{u}$ <p>avec \vec{u} vecteur unitaire</p> 	<p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>$\vec{u} = \frac{1}{TS} \cdot \overline{TS}$ accepté</p> <p>On accepte le signe + avec le vecteur unitaire dans l'autre sens</p> <p>\vec{u} dans la formule et sur le schéma doivent correspondre</p> <p>Retirer au plus 0,25 pt si les réponses sont données sans application à la Terre et à Spoutnik</p>
<p>1.2. $\vec{a} = -G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$</p>	0,25	
<p>2.1.1 D'après ce qui précède, le mouvement est circulaire et l'accélération est radiale et centripète. Donc la valeur de la vitesse est constante. Le mouvement circulaire est uniforme.</p>	0,25	Toute démonstration rigoureuse est acceptée
<p>2.1.2</p> $a = \frac{v^2}{R_T + h}$ $v = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{R_T + h}}$	0,25	
<p>2.1.3. $T = 2\pi(R_T + h) \sqrt{\frac{R_T + h}{G \cdot M_T}}$</p> $\frac{T^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T}$	0,25	
<p>2.2.1. Le satellite est fixe pour un observateur terrestre.</p>	0,25	Toute réponse correcte est acceptée
<p>2.2.2.a La trajectoire de la figure 2 n'est pas compatible avec les lois de la mécanique car le vecteur accélération doit passer par le centre de la Terre, ce qui n'est pas le cas.</p>	0,25	Toute justification correcte est acceptée
<p>2.2.2.b C'est la trajectoire de la figure 1 : Le satellite doit rester à la verticale d'un point M de la Terre donc sa trajectoire doit avoir même axe de rotation que celui de la Terre. Le vecteur accélération du satellite est centripète et passe par le centre O de la Terre donc la trajectoire est dans le plan équatorial.</p>	0,25	Toute justification correcte est acceptée
<p>3.1. 1ère loi : les satellites décrivent des trajectoires elliptiques dont la Terre occupe l'un des foyers.</p> <p>3^{ème} loi : le carré de la période divisé par le cube du demi-grand axe de</p>	0,25	

l'ellipse, est une constante. (ou $T^2/a^3 = \text{cste}$ en précisant les symboles)	0,25	
3.2. 	0,25	Ellipse et T
	0,25	P et A
3.3 Quand le satellite se rapproche de la Terre, pendant une même unité de temps, l'arc décrit sur l'ellipse s'accroît. La vitesse devient donc plus grande.	0,25	Un schéma explicatif est accepté
3.4. La vitesse est maximale en P (périgée) et minimale en A (apogée).	0,25	Les termes « périgée » et « apogée » ne sont pas demandés
4.1. Entre 400 nm et 800 nm. Les rayons ultra-violet se situent en deçà de 400nm, les infra-rouge se situent au delà de 800 nm	0,25	Limite pour le rouge à partir de 750 nm
	0,25	
4.2. Les fréquences données par $f = \frac{c}{\lambda}$ sont , respectivement : 7,5 x 10 ¹⁴ Hz (violet) et 3,8 x 10 ¹⁴ Hz (rouge)	0,25	On admettra aussi 4,0.10 ¹⁴ Hz pour la limite du rouge.
	0,25	
4.3. Pour une radiation de fréquence donnée, (et donc de couleur donnée), la longueur d'onde dépend de la célérité des ondes, qui elle-même dépend du milieu de propagation .	0,25	on admet fréquence ou couleur

EXERCICE III. Les indicateurs colorés naturels de la cuisine à la chimie (6.5 pts)

Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 pt si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires																				
1.1	Un indicateur coloré est une espèce chimique dont la couleur dépend du pH	0,25																					
1.2	En présence de vinaigre, le chou rouge est violet : le vinaigre a donc un pH compris entre 4 et 6 ; c'est un acide. En présence de détergent, le chou rouge est vert : il a donc un pH compris entre 9 et 12 ; c'est une base.	0,25 0,25																					
2.1	Le volume de solution mère prélevé doit être dix fois plus faible que le volume de la solution diluée. On utilise de la verrerie jaugée : pipette jaugée 20,0 mL fiolle jaugée 200,0 mL	0,25 0,25																					
2.2.1	$HA(aq) + HO^-(aq) = A^-(aq) + H_2O(l)$	0,25	(aq) non exigé																				
2.2.2	$V_B < V_E$: HO^- est le réactif limitant	0,25																					
2.2.3	Si la transformation est totale : $(n_{HO^-})_i - x_{max} = 0$ $x_{max} = (n_{HO^-})_i = c_B V_B$ $x_{max} = 1,0 \cdot 10^{-1} \times 6,0 \times 10^{-3} = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ équation de la réaction $HA(aq) + HO^-(aq) = A^-(aq) + H_2O(l)$ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>état</th> <th>n_{HA}</th> <th>n_{HO^-}</th> <th>n_{A^-}</th> <th>n_{H_2O}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>initial</td> <td>$(n_{HA})_i$</td> <td>$(n_{HO^-})_i$</td> <td>≈ 0</td> <td>solvant</td> </tr> <tr> <td>En cours de transformation</td> <td>$(n_{HA})_i - x$</td> <td>$(n_{HO^-})_i - x$</td> <td>x</td> <td>solvant</td> </tr> <tr> <td>Final si transformation totale</td> <td>$(n_{HA})_i - x_{max}$</td> <td>≈ 0</td> <td>x_{max}</td> <td>solvant</td> </tr> </tbody> </table>	état	n_{HA}	n_{HO^-}	n_{A^-}	n_{H_2O}	initial	$(n_{HA})_i$	$(n_{HO^-})_i$	≈ 0	solvant	En cours de transformation	$(n_{HA})_i - x$	$(n_{HO^-})_i - x$	x	solvant	Final si transformation totale	$(n_{HA})_i - x_{max}$	≈ 0	x_{max}	solvant	0,5	0,25 formule littérale 0,25 application numérique
état	n_{HA}	n_{HO^-}	n_{A^-}	n_{H_2O}																			
initial	$(n_{HA})_i$	$(n_{HO^-})_i$	≈ 0	solvant																			
En cours de transformation	$(n_{HA})_i - x$	$(n_{HO^-})_i - x$	x	solvant																			
Final si transformation totale	$(n_{HA})_i - x_{max}$	≈ 0	x_{max}	solvant																			
2.2.4	$pH = 5$ donc $[HO^-]_f = \frac{K_e}{10^{-pH}} = 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$ et $(n_{HO^-})_f = [HO^-]_f \cdot (V_A + V_B + V_{eau}) = 7,6 \cdot 10^{-11} \text{ mol}$	0,25 0,25																					
2.2.5	$(n_{HO^-})_f = (n_{HO^-})_i - x_f$ donc $x_f = (n_{HO^-})_i - (n_{HO^-})_f \approx (n_{HO^-})_i$ $\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{(n_{HO^-})_i}{(n_{HO^-})_i} = 1$ $\tau_f = 100\%$ la transformation est totale	0,25 0,25 0,25	En ne négligeant pas $(n_{HO^-})_f$ on conclut τ voisin de 100 %, on peut considérer la transformation totale																				
2.3.1.	$V_E = 10,0 \text{ mL}$ Tracé ou utilisation de la courbe dérivée	0,25 0,25	Accepter 10,05 mL																				
2.3.2.	à l'équivalence: $(n_{HA})_i - x_E = 0$ et $(n_{HO^-})_i - x_E = 0$ donc $x_E = c_A V_A = c_B V_E$ d'où $c_A = \frac{c_B V_E}{V_A}$ $c_A = \frac{1,0 \cdot 10^{-1} \times 10,0}{10} = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et $c_0 = 10 c_A = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$	0,25 0,25 0,25	Accepter $c_A = 1,05 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ $c_0 = 1,05 \text{ mol.L}^{-1}$																				

2.4.1	$K_i = \frac{[A_{ind}^-]_{\text{éq}} [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[HA_{ind}]_{\text{éq}}}$ $[H_3O^+]_{\text{éq}} = 10^{-\text{pH}} \text{ et } K_i = 10^{-\text{p}K_i}$ <p>donc $\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}} = \frac{K_i}{[H_3O^+]_{\text{éq}}} = 10^{\text{pH} - \text{p}K_i}$</p>	0,25																					
2.4.2.																							
2.4.3.	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">Artichaut</th> <th colspan="2">Betterave</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$V_B = V_E$</td> <td>9,8 mL</td> <td>10,1 mL</td> <td>9,8 mL</td> <td>10,1 mL</td> </tr> <tr> <td>$\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}$</td> <td>$10^{-1}$</td> <td>$10^3$</td> <td>$10^{-5}$</td> <td>$10^{-1}$</td> </tr> <tr> <td>couleur</td> <td>incolore</td> <td>jaune</td> <td>rouge</td> <td>rouge</td> </tr> </tbody> </table>		Artichaut		Betterave		$V_B = V_E$	9,8 mL	10,1 mL	9,8 mL	10,1 mL	$\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}$	10^{-1}	10^3	10^{-5}	10^{-1}	couleur	incolore	jaune	rouge	rouge	0,25	
	Artichaut		Betterave																				
$V_B = V_E$	9,8 mL	10,1 mL	9,8 mL	10,1 mL																			
$\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}$	10^{-1}	10^3	10^{-5}	10^{-1}																			
couleur	incolore	jaune	rouge	rouge																			
2.4.4.	Il n'y a pas de changement de teinte observée pour la betterave pour $V_B = V_E$ versé : la betterave ne convient pas. En revanche, il y a changement de teinte de l'artichaut : celui-ci permet de repérer l'équivalence	0,25																					
2.4.5.	Pour ne pas gêner la perception des couleurs lors du titrage colorimétrique	0,25																					

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et de CHIMIE et un exercice de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.
Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2 et A3) EST À RENDRE AGRAFÉ À LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. **Traitement de l'eau d'une piscine (4 points)**
- II. **À propos du marquage isotopique (6,5 points)**
- III. **Le transit de Vénus du 8 juin 2004 (5,5 points)**

EXERCICE I : TRAITEMENT DE L'EAU D'UNE PISCINE (4 points)

Depuis plusieurs décennies, l'acide chlorhydrique et l'hypochlorite de sodium sont utilisés dans les piscines ⁽¹⁾. L'acide chlorhydrique régule l'acidité ou le pH, tandis que l'hypochlorite désinfecte à merveille. Tous deux constituent des garanties pour notre santé. Non seulement l'eau de la piscine est désinfectée mais, en plus, l'hygiène et la propreté des conduites et des filtres sont maintenues sur l'ensemble de son parcours.

L'hypochlorite de sodium est le désinfectant le plus utilisé. Les grandes piscines le stockent en vrac dans de grandes citernes, les plus petites dans des fûts.

Exceptionnellement, on rencontre une installation qui prépare ce produit sur place. Cela s'effectue par électrolyse de la saumure (solution aqueuse de chlorure de sodium), dont résulte du chlore gazeux. Après mélange avec de l'hydroxyde de sodium en solution, on obtient de l'hypochlorite de sodium.

D'après Le livre blanc du chlore, juillet 2003 (www.belgochlor.be)

(1) En milieu beaucoup plus acide que l'eau de la piscine, les ions hypochlorite et chlorure réagissent et donnent un dégagement de dichlore, gaz toxique.

Les parties 1 et 2 traitent de la fabrication de l'hypochlorite de sodium par électrolyse d'une solution de chlorure de sodium.

La partie 3 traite du principe de la régulation du pH d'une eau de piscine. Cette partie est indépendante des parties 1 et 2.

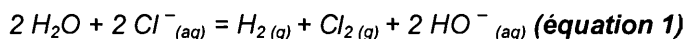
1. Électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium au laboratoire

Pour déterminer les produits de l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium, on réalise l'expérience suivante au laboratoire (voir schéma simplifié de la Figure 1 ci-contre). Un tube en U contient une solution de chlorure de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$). Deux électrodes A et B sont reliées chacune à l'une des bornes (positive ou négative) d'un générateur de tension continue G.

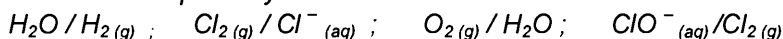
Après plusieurs minutes de fonctionnement, on effectue des tests d'identification des produits formés.

- À une électrode, il s'est formé un dégagement de dichlore.
- À l'autre électrode, il s'est formé un dégagement de dihydrogène et il est apparu des ions hydroxyde HO^- .

L'équation de la réaction modélisant l'électrolyse est :



Données : couples oxydant/réducteur :



1.1. À partir des indications de l'énoncé, identifier les deux couples oxydant/réducteur mis en jeu dans l'équation 1 modélisant l'électrolyse.

1.2. En déduire l'espèce chimique oxydée.

1.3. Identifier l'électrode (A ou B) à laquelle se produit l'oxydation. Quel gaz se dégage à cette électrode ?

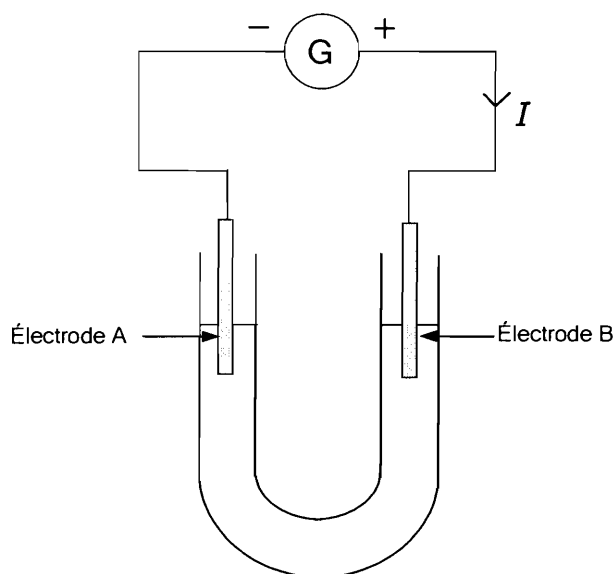


Figure 1

2. Étude d'un électrolyseur pour piscine

Dans certaines piscines, on ajoute à l'eau de la piscine du chlorure de sodium. Après pompage, l'eau est traitée par électrolyse.

L'électrolyseur peut être représenté par une cellule comprenant deux électrodes et un coffret d'alimentation électrique délivrant une tension continue d'environ 10 V.

Données :

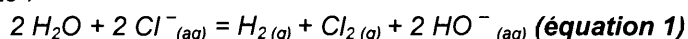
Intensité du courant : 20 A.

On rappelle que la quantité Q d'électricité débitée pendant la durée Δt et l'intensité I du courant sont

liées par la relation : $I = \frac{Q}{\Delta t}$.

Aide au calcul : $N_A \cdot e = 1,0 \times 10^5 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
avec N_A constante d'Avogadro et e charge élémentaire

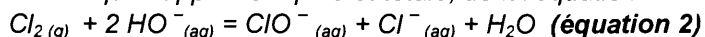
2.1. Dans ce dispositif, l'électrolyse de la solution de chlorure de sodium est modélisée par l'équation 1 précédente :



2.1.1. Compléter le tableau d'avancement fourni sur le document 1 **EN PAGE A2 DE L'ANNEXE RENDRE AVEC LA COPIE.**

2.1.2. En déduire la relation entre la quantité $n(e^-)$, en mole, d'électrons échangés et la quantité $n_1(\text{Cl}_2)$ de dichlore formé lors de la réaction d'équation 1.

2.2. Dans cet électrolyseur, les ions hydroxyde et le dichlore formé sont consommés lors d'une nouvelle transformation chimique supposée rapide et totale, dont l'équation est la suivante :



Établir la relation entre la quantité $n(\text{ClO}^-)$ d'ions hypochlorite formés et la quantité $n_2(\text{Cl}_2)$ de dichlore consommé dans la réaction d'équation 2.

2.3. La transformation associée à l'équation 2 étant supposée totale et rapide, en déduire la relation entre $n(e^-)$ et $n(\text{ClO}^-)$.

2.4. En déduire et calculer la quantité de matière maximale d'ions hypochlorite que peut fournir cet appareil, en une heure de fonctionnement.

3. Régulation du pH de l'eau de piscine

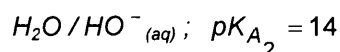
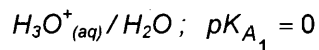
La régulation du pH est essentielle dans le traitement de l'eau des piscines.

En permanence analysé grâce à une sonde puis corrigé par une pompe (par injection de produit correcteur), le pH est maintenu automatiquement à son niveau idéal (7,2 – 7,6).

Données :

On considère toutes les solutions à 25°C

Couples acide/base :



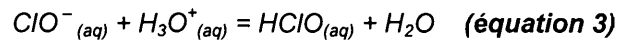
3.1. Lors d'un contrôle de pH, la sonde mesure la valeur $\text{pH} = 8,5$. Le pH de cette eau, plus élevé que celui de l'humeur aqueuse de l'œil humain, est responsable de l'irritation des yeux.

3.1.1. À ce pH, indiquer l'espèce prédominante du couple $\text{HClO}_{(aq)}/\text{ClO}^-_{(aq)}$.

3.1.2. Calculer le rapport des concentrations en ions hypochlorite et en acide hypochloreux lors de ce contrôle (on ne cherchera pas à déterminer ces deux concentrations).

3.2. Pour rétablir la valeur du pH au niveau « idéal », la pompe injecte 0,10 mol d'acide chlorhydrique dans l'eau de la piscine, sans variation notable du volume V de l'eau contenue dans la piscine.

L'équation de la réaction associée à la transformation qui se produit est :



3.2.1. Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction en fonction de K_{A_3} . Calculer K .

3.2.2. L'état initial du système est défini ainsi :

- le volume de l'eau de la piscine est $V = 1,0 \times 10^5 \text{ L}$.

- on introduit 0,10 mol d'ions H_3O^+ par ajout d'acide chlorhydrique.

- le rapport $\frac{[\text{ClO}^-]_i}{[\text{HClO}]_i}$ est égal à celui calculé au 3.1.2.

3.2.2.a. Calculer la concentration molaire effective initiale en ions H_3O^+ notée $[\text{H}_3\text{O}^+]_i$.

3.2.2.b. Calculer le quotient de réaction initial $Q_{r,i}$.

3.2.3. En appliquant le critère d'évolution spontanée, donner le sens d'évolution de la réaction d'équation 3.

3.2.4. À partir de l'expression de la constante d'acidité K_{A_3} du couple acide hypochloreux/ion

hypochlorite et du rapport $\frac{[\text{ClO}^-]_i}{[\text{HClO}]_i}$ calculé au 3.1.2., montrer que le pH de l'eau de la piscine diminue.

EXERCICE II. À PROPOS DU MARQUAGE ISOTOPIQUE (6,5 points)

Le marquage isotopique consiste à remplacer dans la molécule que l'on désire étudier, un atome ou un groupe d'atomes par un atome radioactif de manière à pouvoir l'utiliser comme traceur.

Dans cet exercice on s'intéressera à deux applications de cette technique :

- en physique avec une technique d'imagerie médicale ;
- en chimie avec l'étude d'une réaction.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. Marquage isotopique et technique d'imagerie médicale

En oncologie, le traceur souvent utilisé pour l'imagerie médicale est le glucose marqué par le fluor 18. Ce traceur s'accumule préférentiellement dans les cellules cancéreuses, grandes consommatrices de sucre. Cette technique se singularise par l'utilisation d'isotopes radioactifs dont le temps de demi vie est beaucoup plus court que les produits classiques de la médecine nucléaire. Ainsi le fluor 18 a un temps de demi vie radioactive de 110 minutes. Pour cette raison le traceur est fabriqué sur place de manière à ce qu'au moment de son injection au patient la dose administrée ait une activité de 260 MBq.

1.1. Désintégration du « fluor 18 »

Le « fluor 18 » (${}^{18}_9\text{F}$) est un isotope radioactif du fluor. Il est produit sur place dans le laboratoire d'imagerie médicale. Le « fluor 18 » se désintègre spontanément pour donner l'isotope 18 de l'oxygène (${}^{18}_8\text{O}$). L'équation de cette réaction nucléaire peut s'écrire :



- 1.1.1. Donner la composition du noyau de l'isotope 18 du fluor.
- 1.1.2. En appliquant les lois de conservation déterminer Z et A. Cette désintégration est-elle du type α , β^- ou β^+ ?

1.2. Constante radioactive du « fluor 18 »

Le laboratoire d'imagerie médicale est équipé d'un appareil qui permet de remplacer un groupement hydroxyle $-\text{OH}$ du glucose par un atome de « fluor 18 ». Le nombre N de noyaux radioactifs de « fluor 18 » encore présents varie en fonction du temps et suit une loi de décroissance exponentielle :

$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$. La relation liant la constante radioactive et le temps de demi-vie est $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

- 1.2.1. Donner la définition du temps de demi-vie radioactive.
- 1.2.2. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de λ dans le système international. À l'aide des données du texte encadré, choisir parmi les nombres suivants, celui qui permet d'évaluer l'ordre de grandeur de λ .

10^{-4} 10^{-3} 10^{-2}

Aide au calcul : $\ln 2 = 6,9 \times 10^{-1}$

1.3. Activité du « fluor 18 »

L'équipe du laboratoire d'imagerie médicale doit réaliser 2 examens dans la matinée sur deux patients différents. Deux doses de traceur contenant le même nombre N_0 de noyaux radioactifs sont fabriquées en même temps avant leur injection pour réaliser ces examens. Au moment de son injection au patient la dose de traceur doit avoir une activité de 260 MBq. Lors du premier examen on injectera la dose notée D_1 à 9 h 00. On rappelle que l'activité A du « fluor 18 » présent dans le traceur est reliée à la variation ΔN du nombre de noyaux radioactifs de cet isotope pendant une durée Δt par la relation :

$$A = - \frac{\Delta N}{\Delta t}. \text{ (Si } \Delta t \text{ est suffisamment petit, on peut écrire } A = - \frac{dN}{dt} \text{.)}$$

La mesure expérimentale de l'activité de chaque dose, toutes les vingt minutes, à partir de la date $t = 0$ min (instant de la fabrication), a permis de tracer le graphe $A = f(t)$ représentés sur la Figure 2 **EN PAGE A3 DE L'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE.**

On rappelle que : $1 \text{ MBq} = 10^6 \text{ Bq}$

1.3.1. Après avoir rappelé l'expression du nombre de noyaux radioactifs noté N encore présents à l'instant de date t , montrer que l'activité A de la source radioactive peut se mettre sous la forme : $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$. Exprimer littéralement A_0 en fonction de λ et N_0 .

1.3.2. Calculer le nombre de noyaux de « fluor 18 » présents dans la dose de traceur au moment de son injection au patient lors d'un examen médical. On donne $\lambda = 1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

1.3.3. En s'aidant de la Figure 2 **EN PAGE A3 DE L'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE** déterminer l'heure de fabrication de la dose de traceur notée D_1 . A quelle heure le deuxième examen correspondant à l'injection de la dose notée D_2 préparée en même temps que la dose D_1 aura-t-il lieu ?

1.3.4. L'injection d'une dose a lieu à l'instant de date t_i .

Calculer l'ordre de grandeur, exprimé en heures, du temps nécessaire après l'injection pour que l'activité soit 100 fois plus faible qu'au moment de l'injection.

Aide au calcul : $\ln(100) = 4,6$; $4,6 / 3,6 = 1,3$
--

1.4. Méthode d'Euler

Il est souvent utile de prévoir les courbes de décroissance par une méthode de calcul, la méthode d'Euler par exemple, sans procéder à l'expérience.

A partir de la loi de décroissance $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$, l'équation différentielle vérifiée par l'activité A du traceur

est : $\frac{dA}{dt} + \lambda \cdot A = 0$. La méthode d'Euler consiste à introduire les notations suivantes :

$$\frac{dA}{dt} = \frac{\Delta A}{\Delta t} \text{ pour des intervalles de temps } \Delta t \text{ très petits ;}$$

$$A_{(t_{n+1})} = A_{(t_n)} + \Delta A_{(t_n)} \text{ avec } t_{n+1} = t_n + \Delta t \text{ et où } \Delta t \text{ est appelé « pas de résolution ».}$$

1.4.1. Montrer que la relation de récurrence entre $A_{(t_{n+1})}$ et $A_{(t_n)}$ peut se mettre sous la forme : $A_{(t_{n+1})} = (1 - \lambda \cdot \Delta t) \cdot A_{(t_n)}$

1.4.2. À l'aide de la relation précédente, calculer en MBq la valeur de l'activité $A_{(t_1)}$ à l'instant de date $t_1 = 100$ s et la valeur de l'activité $A_{(t_2)}$ à l'instant de date $t_2 = 200$ s et vérifier sur la courbe de la figure 3 de la page suivante, la validité de ces résultats.

On prendra $A_0 = 800 \text{ MBq}$, $\Delta t = 100 \text{ s}$ et $\lambda \approx 1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

1.4.3 La validité de la méthode d'Euler est liée au choix du pas de résolution. Quels sont l'intérêt et l'inconvénient du choix d'un pas de résolution $\Delta t = 1$ s dans cet exemple ?

Agrandissement de la courbe $A = f(t)$ (Dose D2) de la figure 2 de l'annexe en page A3 pour les vingt premières minutes.

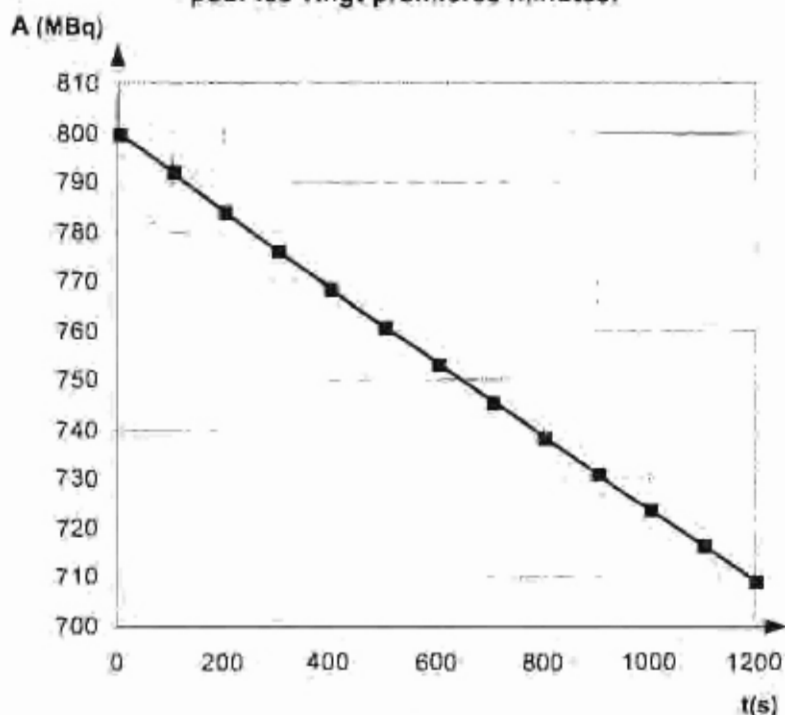


Figure 3

2- Utilisation du marquage isotopique en chimie

Le salicylate de méthyle est le composant principal d'une huile essentielle naturelle appelée essence de wintergreen extraite par hydrodistillation des feuilles de la gaulthérie, bruyère d'Amérique du Nord et de Chine. Doté d'une odeur caractéristique, il confère à cette huile essentielle des propriétés analgésique et anti-inflammatoire puissantes. Appliqué par voie cutanée sous forme de pommade, il est très apprécié des sportifs tant avant qu'après l'effort. Pour des raisons économiques le salicylate de méthyle est à l'heure actuelle synthétisé à partir de l'acide salicylique et du méthanol.

2.1. Synthèse du salicylate de méthyle au laboratoire

Dans un ballon on introduit 69 g d'acide salicylique, 32 g de méthanol, 1 mL d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce. On adapte le ballon au dispositif expérimental (montage à reflux) schématisé par la Figure 4 ci-dessous et on chauffe le milieu réactionnel pendant deux heures sous une hotte.

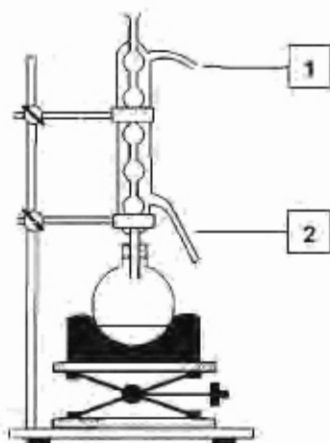


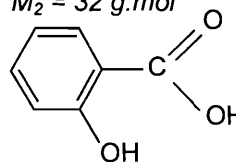
Figure 4

Données : masses molaires moléculaires - acide salicylique
 - méthanol

$$M_1 = 138 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_2 = 32 \text{ g.mol}^{-1}$$

formule semi-développée de l'acide salicylique



- 2.1.1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la synthèse du salicylate de méthyle.
- 2.1.2. Nommer cette réaction et donner ses caractéristiques.
- 2.1.3. Préciser le rôle joué par l'acide sulfurique lors de cette réaction.
- 2.1.4. Indiquer la fonction des tubes 1 et 2 de la Figure 4 en précisant le sens de circulation du fluide. Quel est l'intérêt de ce montage ?
- 2.1.5. Quel est le réactif limitant ? Pourquoi n'a-t-on pas introduit les réactifs dans les proportions stoechiométriques ?

2.2. Première approche de la compréhension du mécanisme de la transformation grâce au marquage isotopique

Le mécanisme de la réaction précédente n'est pas simple. Cependant la méthode expérimentale du marquage isotopique permet de comprendre quelles liaisons sont rompues. Une rupture est représentée ci-dessous d'une manière schématique par des pointillés. On effectue la réaction avec un alcool, préparé spécialement, dans lequel l'oxygène est l'isotope ^{18}O noté O^* (au lieu de l'isotope le plus abondant ^{16}O). On constate expérimentalement que cet oxygène « lourd » se retrouve au niveau des produits dans le salicylate de méthyle uniquement et que l'eau formée ne contient pas plus d'isotope ^{18}O que l'eau naturelle. On envisage les deux hypothèses suivantes :

	Acide carboxylique	Alcool
Hypothèse 1		$\text{R} - \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}^* - \text{H}$
Hypothèse 2		$\text{R} - \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{O}}^* - \text{H}$

Choisir l'hypothèse en accord avec les observations expérimentales. Justifier la réponse (l'équation de la réaction n'est pas exigée).

EXERCICE III : LE TRANSIT DE VÉNUS DU 8 JUIN 2004 (5,5 points)

Le transit d'une planète correspond à son passage entre la Terre et le Soleil. Pour un observateur terrestre cela se manifeste par la présence d'un disque sombre sur le fond brillant du Soleil. Les transits de Vénus sont des phénomènes extrêmement rares. On compte en effet environ 2 passages de Vénus devant le Soleil par siècle, mais aucun transit n'a eu lieu au cours du 20^{ème} siècle. Au 19^{ème} siècle les passages de la planète devant le disque solaire ont eu lieu en 1874 et en 1882. Au 21^{ème} siècle, le même phénomène s'est reproduit très récemment le 8 juin 2004. Le prochain transit de Vénus aura lieu le 6 juin 2012 mais il ne sera pas observable depuis la France.

La figure 5 est un montage photographique réalisé, en France, par un astronome amateur. On voit sur le même cliché quelques positions de ce transit. À partir de ce cliché et des données astronomiques fournies, l'astronome amateur désire mesurer la vitesse orbitale de Vénus.

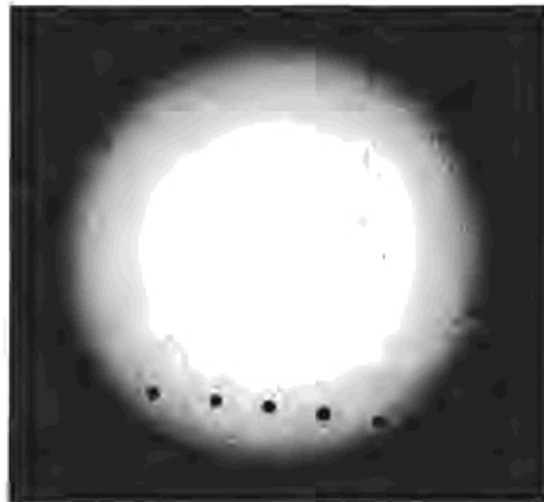


Figure 5

Quelques données astronomiques :

Soleil :	Masse	$M_1 = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$
	Distance moyenne à la Terre	$R_1 = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$
	Diamètre	$D_1 = 1,4 \times 10^6 \text{ km}$
Vénus :	Distance moyenne au Soleil	$R_2 = 1,0 \times 10^8 \text{ km}$
	Masse notée M_2	
Constante de la gravitation :		$G = 6,6 \times 10^{-11} \text{ SI}$

Pour les applications numériques il faut choisir dans les aides fournies la valeur appropriée au résultat attendu.

1. Étude des caractéristiques du mouvement de Vénus

Dans tout l'exercice on assimilera la Terre et Vénus à leur centre d'inertie.

L'astronome amateur considère que la planète Vénus tourne autour du Soleil sur une trajectoire circulaire dont le centre est le centre d'inertie du Soleil.

1.1. Comment nomme-t-on le référentiel d'étude ?

1.2. Nommer, exprimer vectoriellement puis représenter sur un schéma la force exercée par le Soleil sur la planète Vénus.

1.3. Dans le référentiel d'étude, appliquer à Vénus la deuxième loi de Newton (on négligera l'action des autres planètes sur Vénus). En déduire l'expression du vecteur accélération.

1.4. Étude théorique de la vitesse orbitale de Vénus

1.4.1. *Le mouvement de la planète Vénus est uniforme.* Donner les caractéristiques du vecteur accélération de Vénus.

1.4.2. Retrouver, dans le référentiel choisi, l'expression de la vitesse de cette planète

$$v_2 = \sqrt{\frac{G.M_1}{R_2}}$$

1.4.3. En utilisant les données astronomiques fournies calculer, avec 2 chiffres significatifs, la valeur de cette vitesse.

Aide au calcul : $\sqrt{13} = 3,6$

1.5. Étude de la période de Vénus

1.5.1. Définir la période de révolution T_2 de la planète Vénus.

1.5.2. Exprimer cette période en fonction de la vitesse v_2 et de la distance R_2 . Calculer la valeur de cette période (en secondes).

Aide au calcul : $2\pi \times 3,6 = 23$; $\frac{2\pi}{3,6} = 1,7$

1.6. La 3^{ème} loi de Kepler

1.6.1. À partir des réponses aux questions 1.4.2 et 1.5.2, retrouver la 3^{ème} loi de Kepler.

1.6.2. Cette loi permet de déterminer la masse d'un astre central si les valeurs de la période et du rayon de l'orbite de l'un de ses satellites sont connues.

Exprimer littéralement la masse M_1 du Soleil en fonction des données astronomiques nécessaires.

2. Exploitation du transit de Vénus

En France le 8 juin 2004, on a pu observer le début du transit de Vénus (appelé 1^{er} contact) à 7 h 20 min et la fin du transit (appelé 3^{ème} contact) à 13 h 04 min heure locale).

On prendra pour la durée de ce transit

$$t_{AB} = 2,0 \times 10^4 \text{ s}$$

La photographie donnée en introduction (Figure 5) est remplacée par le schéma ci-contre plus facilement exploitable (Figure 6).

On appelle A et B les points à la périphérie du Soleil correspondant au 1^{er} et au 3^{ème} contact.

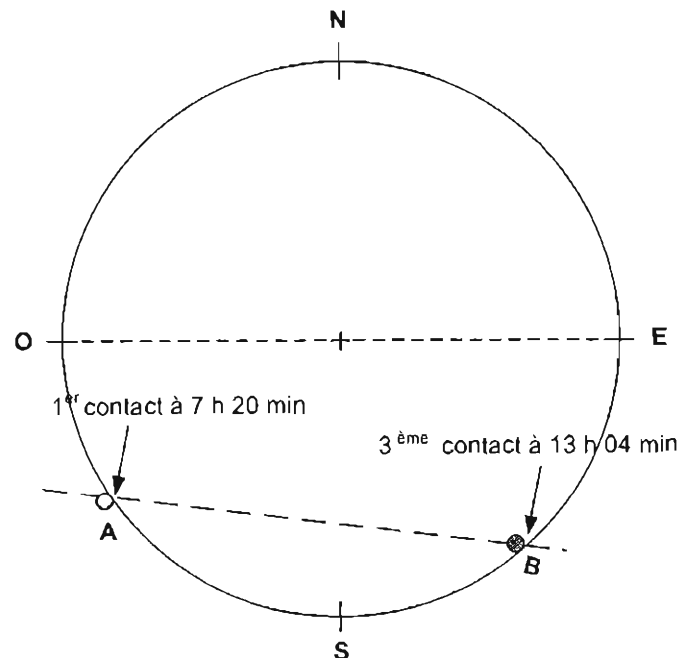


Figure 6

2.1. On admet que, sur la Figure 6, le rapport des distances $\frac{AB}{OE}$ est égal à $\frac{3}{4}$.

À l'aide des données astronomiques fournies calculer la distance AB à la surface du disque solaire.

2.2. La planète Vénus se déplace dans l'espace entre la Terre et le Soleil. À chaque instant la position de la Terre, celle de Vénus et celle de la tache repérée sur le disque solaire sont alignées (voir la Figure n°7 ci-dessous).

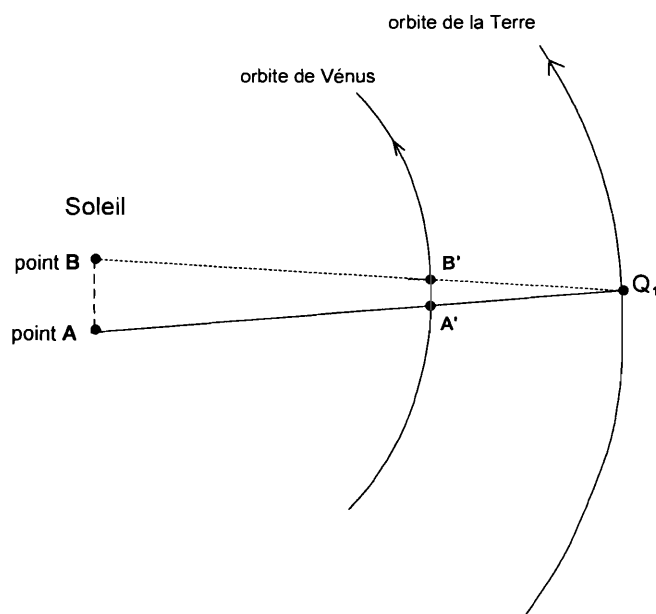


Figure 7 (ce schéma n'est pas à l'échelle)

2.2.1. Dans un premier temps, l'astronome amateur considère que pendant la durée du transit de Vénus la Terre reste immobile, à la position Q_1 (voir Figure 7 ci-dessus), par rapport au Soleil.

En considérant que la durée écoulée entre le premier contact et le troisième contact est égale à $t_{AB} = 2,0 \times 10^4$ s, montrer que la vitesse de Vénus déterminée à partir de la figure n°7 est alors voisine de $v_1 \approx 18 \text{ km.s}^{-1}$ (valeur inférieure à la valeur v_2 calculée en 1.4.3). On assimilera les segments $A'B'$ et AB à deux segments parallèles.

2.2.2. Pour expliquer cette différence entre les deux valeurs calculées l'astronome amateur veut vérifier s'il était légitime de considérer la Terre immobile à la position Q_1 pendant la durée du transit.

Sachant que la Terre se déplace sur son orbite à la vitesse de 30 km.s^{-1} calculer la distance Q_1Q_2 parcourue par la Terre sur son orbite pendant la durée t_{AB} . La comparer à la distance AB et montrer qu'on ne peut considérer la Terre immobile durant cette période.

2.2.3. Si durant la durée t_{AB} la Terre se déplace de la position Q_1 à la position Q_2 , la planète Vénus se déplace de la position A' à la position B'' différente de B' .

Sur la Figure 8 EN PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE placer le point B'' pour montrer que la distance $A'B''$ réellement parcourue par Vénus pendant la durée de l'occultation est supérieure à $A'B'$.

On peut ainsi retrouver par calcul la valeur de la vitesse orbitale de Vénus donnée dans les tables astronomiques, soit 35 km.s^{-1} .

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

**PHYSIQUE-CHIMIE
OBLIGATOIRE**

Série : **S**

**FEUILLET DES ANNEXES
À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-les.
... /...

Tournez la page S.V.P.

EXERCICE I

Question 2.1.1.

	Avance- ment	$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})} = \text{H}_{2(\text{g})} + \text{Cl}_{2(\text{g})} + 2 \text{HO}^-_{(\text{aq})}$					Quantité (en mol) d'électrons échangés
État initial	0	excès	$n(\text{Cl}^-)_i$	0	0	0	0
État en cours de transformation	x	excès					
État final	x_f	excès					

EXERCICE II

Question 1.3.3.

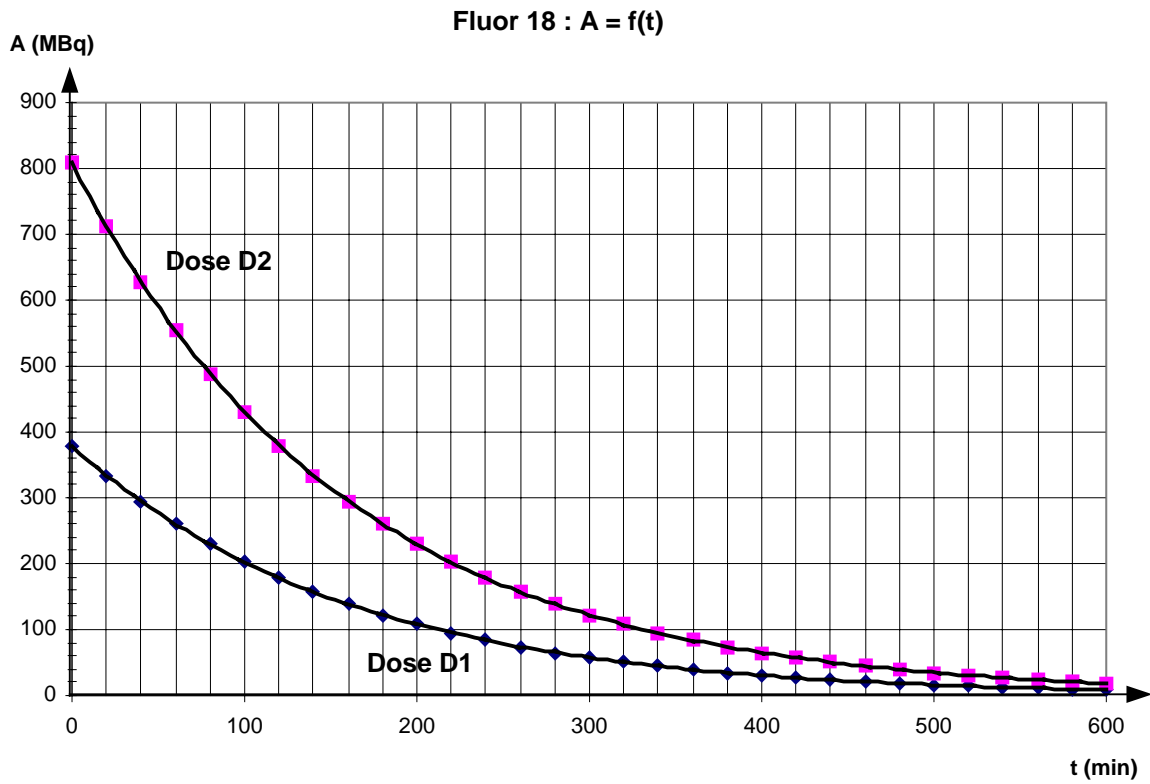


Figure 2

EXERCICE III

Question 2.3

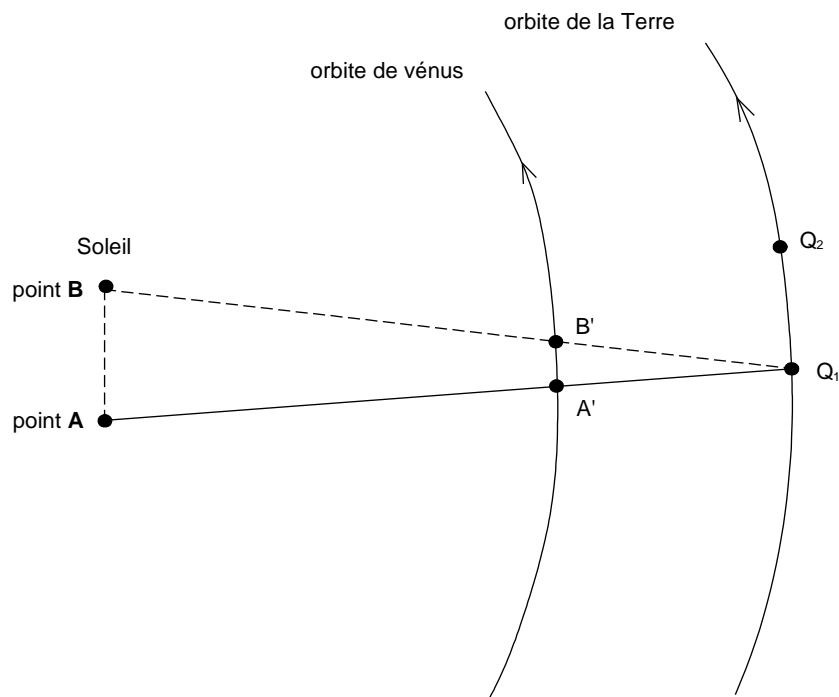


Figure 8

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8



L'épreuve a été conçue pour être traitée SANS calculatrice

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et de CHIMIE et un exercice de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.
Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2 et A3) EST À RENDRE AGRAFÉ À LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. De la bauxite à l'aluminium (4 points)
- II. À propos du marquage isotopique (6,5 points)
- III. Le transit de Vénus du 8 juin 2004 (5,5 points)

EXERCICE I. DE LA BAUXITE À L'ALUMINIUM (4 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

En 2004 la production mondiale d'aluminium s'est élevée à 26 millions de tonnes. L'objectif de cet exercice est l'étude simplifiée du protocole industriel permettant la production de l'aluminium.

1. Première partie : extraction de l'alumine, matériau de base de l'aluminium

La bauxite, minerai qui contient principalement de l'alumine (de formule brute $Al_2O_{3(s)}$), est d'abord pulvérisée puis mélangée dans des autoclaves à une solution de soude qui permet de dissoudre l'alumine, tandis que les impuretés demeurées à l'état solide sont éliminées par lavage et filtration.

La solution restante est refroidie et on diminue son pH. On constate alors l'apparition d'un précipité d'alumine tri-hydratée de formule écrite de manière simplifiée $Al(OH)_{3(s)}$.

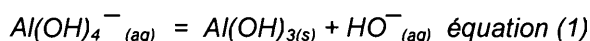
Ce précipité est porté à environ 1000 °C dans des fours. Il reste alors de l'alumine $Al_2O_{3(s)}$ pure, sous forme de poudre blanche.

D'après <http://www.aac.aluminium.qc.ca>

Données :

- Après la dissolution de l'alumine, la solution étant « très » basique, l'élément aluminium se retrouve sous la forme d'ions aluminate $Al(OH)_4^-$ (aq)

- À des pH moins basiques il apparaît un précipité. L'état d'équilibre correspondant peut être modélisé par l'équation suivante :



La constante d'équilibre à 25 °C de cette équation est : $K = 1,0 \times 10^{-1}$

- La solubilité de l'alumine tri-hydratée $Al(OH)_{3(s)}$ diminue lorsque la température diminue.

- Le produit ionique de l'eau K_e à 25°C vaut $1,0 \times 10^{-14}$.

1.1. Une expérience au lycée pour comprendre le procédé industriel

On se propose d'illustrer cette étape du procédé industriel en classe. On considère une solution limpide contenant des ions aluminate $Al(OH)_4^-$ de concentration molaire apportée $c = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, en milieu « très » basique. On se place à 25°C. On ajoute ensuite progressivement une solution concentrée d'acide et on constate l'apparition d'un précipité.

1.1.1. Écrire l'expression littérale de la constante d'équilibre K associée à l'équation (1).

1.1.2. En déduire, en fonction de cette constante d'équilibre K et de la concentration molaire effective des ions aluminate $[Al(OH)_4^-]_{eq}$, la concentration molaire effective en ions hydroxyde $[HO^-]_{eq}$ lorsque le précipité d'alumine trihydratée $Al(OH)_{3(s)}$ apparaît.

1.1.3. Lors de l'ajout d'acide, on admet que, jusqu'à l'apparition du précipité, la concentration molaire effective des ions aluminate $[Al(OH)_4^-]_{eq}$ est restée égale à c (on négligera la variation de volume due à l'ajout d'acide).

Calculer la valeur de la concentration molaire effective des ions hydroxyde lorsque le précipité de $Al(OH)_{3(s)}$ apparaît.

1.1.4. En déduire la valeur du pH de cette solution, notée pH_1 .

1.1.5. Reproduire et compléter le diagramme suivant (figure 1) en indiquant uniquement le domaine d'existence de $Al(OH)_{3(s)}$.

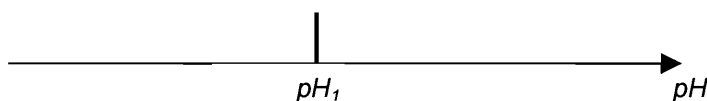


Figure 1

1.2. Application au procédé industriel

1.2.1. En utilisant le résultat de cette dernière question, justifier l'intérêt de la diminution du pH de la solution basique mise en œuvre dans l'industrie.

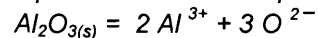
1.2.2. On accompagne la dilution, d'une diminution de température.
Quel est l'intérêt de ce refroidissement ?

2. Deuxième partie : la transformation de l'alumine en aluminium

L'aluminium est tiré de l'alumine par réduction électrolytique qui s'effectue dans des cuves que traverse un courant continu à haute intensité (de l'ordre de 10^5 A sous une tension d'environ 4 V). Les cuves sont revêtues de blocs de carbone qui forment la cathode. Ces cuves contiennent un électrolyte en fusion qui dissout l'alumine $Al_2O_{3(s)}$ qui y est apportée. Les anodes, constituées de carbone très pur, plongent dans l'électrolyte. Par électrolyse, à une température d'environ 950 °C, l'alumine est transformée en aluminium et en oxygène. L'aluminium liquide se dépose au fond de la cuve, où il est récupéré puis solidifié après refroidissement.

Données :

- La réaction de dissolution de l'alumine peut être modélisée par l'équation chimique suivante :



- On admet que, dans cette phase, l'électrolyte, non aqueux, est constitué des ions suivants Al^{3+} et O^{2-}

- Couples mis en jeu lors de l'électrolyse : $Al^{3+} / Al_{(s)}$; $O_{2(g)} / O^{2-}$

- La réaction d'électrolyse de l'alumine s'écrit : $4 Al^{3+} + 6 O^{2-} = 3 O_{2(g)} + 4 Al_{(s)}$

- Définition de l'intensité I : $I = \frac{Q}{\Delta t}$ où Q est la quantité d'électricité qui transite dans l'électrolyte durant la durée Δt .

Élément	Al	O	H
Masses molaires atomiques ($g \cdot mol^{-1}$)	27,0	16,0	1,00

2.1. D'après le texte quelle est l'action de l'électrolyte sur l'alumine introduite ?

2.2. Faire un schéma simplifié du circuit électrique montrant la cuve, la position et le nom des électrodes, l'électrolyte, le générateur, en précisant la polarité de ses bornes.

2.3. Durée de fonctionnement de l'électrolyseur.

On cherche la durée nécessaire Δt pour préparer, par électrolyse, une masse m d'aluminium, l'intensité du courant I étant constante.

2.3.1. Compléter le tableau d'avancement fourni sur le document 1 **EN PAGE A2 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**. En déduire l'expression littérale de la quantité d'électrons nécessaire à la production de la masse m d'aluminium.

2.3.2. Donner l'expression littérale de la quantité d'électricité Q consommée par l'électrolyseur jusqu'à son état final ?

2.3.3. La masse m d'aluminium fabriqué est $m = 1,08$ tonnes et l'intensité du courant I de $1,0 \times 10^5$ A.

$$\text{Aide au calcul : } 1,08 / 27,0 = 4,00 \times 10^{-2}$$

$$N_A \cdot e = 1,0 \times 10^5 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ avec } N_A \text{ constante d'Avogadro et } e \text{ charge élémentaire}$$

2.3.3.a. Calculer l'avancement final x_{fin} de l'électrolyse.

2.3.3.b. En déduire l'ordre de grandeur de la durée Δt en heures de l'électrolyse.

$$\text{Aide au calcul : } 3600 \approx 4,0 \times 10^3$$

EXERCICE II. À PROPOS DU MARQUAGE ISOTOPIQUE (6,5 points)

Le marquage isotopique consiste à remplacer dans la molécule que l'on désire étudier, un atome ou un groupe d'atomes par un atome radioactif de manière à pouvoir l'utiliser comme traceur.

Dans cet exercice on s'intéressera à deux applications de cette technique :

- en physique avec une technique d'imagerie médicale ;
- en chimie avec l'étude d'une réaction.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. Marquage isotopique et technique d'imagerie médicale

En cancérologie, le traceur souvent utilisé pour l'imagerie médicale est le glucose marqué par le fluor 18. Ce traceur s'accumule préférentiellement dans les cellules cancéreuses, grandes consommatrices de sucre. Cette technique se singularise par l'utilisation d'isotopes radioactifs dont le temps de demi vie est beaucoup plus court que les produits classiques de la médecine nucléaire. Ainsi le fluor 18 a un temps de demi vie radioactive de 110 minutes. Pour cette raison le traceur est fabriqué sur place de manière à ce qu'au moment de son injection au patient la dose administrée ait une activité de 260 MBq.

1.1. Désintégration du « fluor 18 »

Le « fluor 18 » ($^{18}_9F$) est un isotope radioactif du fluor. Il est produit sur place dans le laboratoire d'imagerie médicale. Le « fluor 18 » se désintègre spontanément pour donner l'isotope 18 de l'oxygène ($^{18}_8O$). L'équation de cette réaction nucléaire peut s'écrire :



1.1.1. Donner la composition du noyau de l'isotope 18 du fluor.

1.1.2. En appliquant les lois de conservation déterminer Z et A. Cette désintégration est-elle du type α , β^- ou β^+ ?

1.2. Constante radioactive du « fluor 18 »

Le laboratoire d'imagerie médicale est équipé d'un appareil qui permet de remplacer un groupement hydroxyle $-OH$ du glucose par un atome de « fluor 18 ». Le nombre N de noyaux radioactifs de « fluor 18 » encore présents varie en fonction du temps et suit une loi de décroissance exponentielle :

$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$. La relation liant la constante radioactive et le temps de demi-vie est $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

1.2.1. Donner la définition du temps de demi-vie radioactive.

1.2.2. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de λ dans le système international. À l'aide des données du texte encadré, choisir parmi les nombres suivants, celui qui permet d'évaluer l'ordre de grandeur de λ .

10^{-4}

10^{-3}

10^{-2}

Aide au calcul : $\ln 2 = 6,9 \times 10^{-1}$

1.3. Activité du « fluor 18 »

L'équipe du laboratoire d'imagerie médicale doit réaliser 2 examens dans la matinée sur deux patients différents. Deux doses de traceur contenant le même nombre N_0 de noyaux radioactifs sont fabriquées en même temps avant leur injection pour réaliser ces examens. Au moment de son injection au patient la dose de traceur doit avoir une activité de 260 MBq. Lors du premier examen on injectera la dose notée D_1 à 9 h 00. On rappelle que l'activité A du « fluor 18 » présent dans le traceur est reliée à la variation ΔN du nombre de noyaux radioactifs de cet isotope pendant une durée Δt par la relation :

$$A = - \frac{\Delta N}{\Delta t}. \text{ (Si } \Delta t \text{ est suffisamment petit, on peut écrire } A = - \frac{dN}{dt} \text{.)}$$

La mesure expérimentale de l'activité de chaque dose, toutes les vingt minutes, à partir de la date $t = 0$ min (instant de la fabrication), a permis de tracer le graphe $A = f(t)$ représentés sur la Figure 2 **EN PAGE A3 DE L'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE.**

On rappelle que : 1 MBq = 10^6 Bq

1.3.1. Après avoir rappelé l'expression du nombre de noyaux radioactifs noté N encore présents à l'instant de date t , montrer que l'activité A de la source radioactive peut se mettre sous la forme : $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$. Exprimer littéralement A_0 en fonction de λ et N_0 .

1.3.2. Calculer le nombre de noyaux de « fluor 18 » présents dans la dose de traceur au moment de son injection au patient lors d'un examen médical. On donne $\lambda = 1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

1.3.3. En s'aidant de la Figure 2 **EN PAGE A3 DE L'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE** déterminer l'heure de fabrication de la dose de traceur notée D_1 . A quelle heure le deuxième examen correspondant à l'injection de la dose notée D_2 préparée en même temps que la dose D_1 aura-t-il lieu ?

1.3.4. L'injection d'une dose a lieu à l'instant de date t_i .

Calculer l'ordre de grandeur, exprimé en heures, du temps nécessaire après l'injection pour que l'activité soit 100 fois plus faible qu'au moment de l'injection.

Aide au calcul : $\ln(100) = 4,6$; $4,6 / 3,6 = 1,3$
--

1.4. Méthode d'Euler

Il est souvent utile de prévoir les courbes de décroissance par une méthode de calcul, la méthode d'Euler par exemple, sans procéder à l'expérience.

A partir de la loi de décroissance $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$, l'équation différentielle vérifiée par l'activité A du traceur

est : $\frac{dA}{dt} + \lambda \cdot A = 0$. La méthode d'Euler consiste à introduire les notations suivantes :

$$\frac{dA}{dt} = \frac{\Delta A}{\Delta t} \text{ pour des intervalles de temps } \Delta t \text{ très petits ;}$$

$$A_{(t_{n+1})} = A_{(t_n)} + \Delta A_{(t_n)} \text{ avec } t_{n+1} = t_n + \Delta t \text{ et où } \Delta t \text{ est appelé « pas de résolution ».}$$

1.4.1. Montrer que la relation de récurrence entre $A_{(t_{n+1})}$ et $A_{(t_n)}$ peut se mettre sous la forme : $A_{(t_{n+1})} = (1 - \lambda \cdot \Delta t) \cdot A_{(t_n)}$

1.4.2. À l'aide de la relation précédente, calculer en MBq la valeur de l'activité $A_{(t_1)}$ à l'instant de date $t_1 = 100$ s et la valeur de l'activité $A_{(t_2)}$ à l'instant de date $t_2 = 200$ s et vérifier sur la courbe de la figure 3 de la page suivante, la validité de ces résultats.

On prendra $A_0 = 800$ MBq, $\Delta t = 100$ s et $\lambda \approx 1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

1.4.3 La validité de la méthode d'Euler est liée au choix du pas de résolution. Quels sont l'intérêt et l'inconvénient du choix d'un pas de résolution $\Delta t = 1$ s dans cet exemple ?

Agrandissement de la courbe $A = f(t)$ (Dose D2) de la figure 2 de l'annexe en page A3 pour les vingt premières minutes.

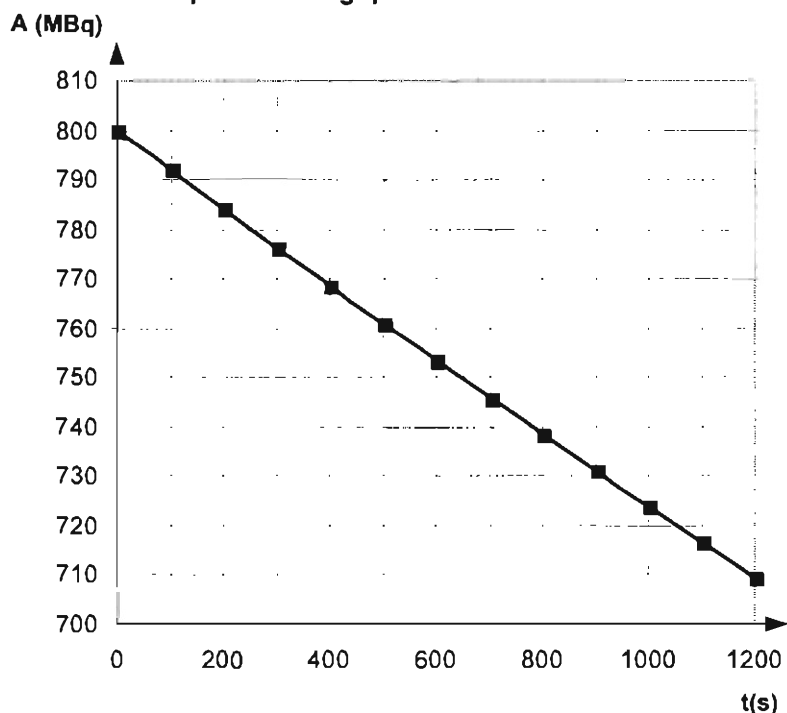


Figure 3

2- Utilisation du marquage isotopique en chimie

Le salicylate de méthyle est le composant principal d'une huile essentielle naturelle appelée essence de wintergreen extraite par hydrodistillation des feuilles de la gaulthérie, bruyère d'Amérique du Nord et de Chine. Doté d'une odeur caractéristique, il confère à cette huile essentielle des propriétés analgésique et anti-inflammatoire puissantes. Appliqué par voie cutanée sous forme de pommade, il est très apprécié des sportifs tant avant qu'après l'effort. Pour des raisons économiques le salicylate de méthyle est à l'heure actuelle synthétisé à partir de l'acide salicylique et du méthanol.

2.1. Synthèse du salicylate de méthyle au laboratoire

Dans un ballon on introduit 69 g d'acide salicylique, 32 g de méthanol, 1 mL d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce. On adapte le ballon au dispositif expérimental (montage à reflux) schématisé par la Figure 4 ci-dessous et on chauffe le milieu réactionnel pendant deux heures sous une hotte.

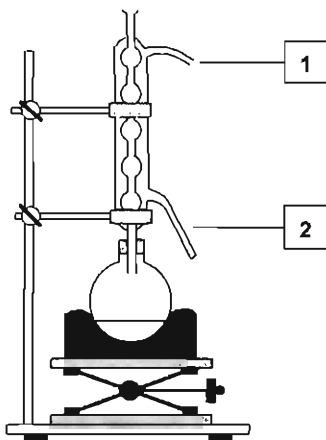


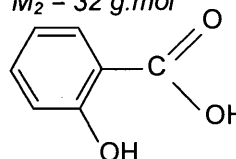
Figure 4

Données : masses molaires moléculaires - acide salicylique
- méthanol

$$M_1 = 138 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_2 = 32 \text{ g.mol}^{-1}$$

formule semi-développée de l'acide salicylique



- 2.1.1. Écrire l'équation de la réaction modélisant la synthèse du salicylate de méthyle.
- 2.1.2. Nommer cette réaction et donner ses caractéristiques.
- 2.1.3. Préciser le rôle joué par l'acide sulfurique lors de cette réaction.
- 2.1.4. Indiquer la fonction des tubes 1 et 2 de la Figure 4 en précisant le sens de circulation du fluide. Quel est l'intérêt de ce montage ?
- 2.1.5. Quel est le réactif limitant ? Pourquoi n'a-t-on pas introduit les réactifs dans les proportions stoechiométriques ?

2.2. Première approche de la compréhension du mécanisme de la transformation grâce au marquage isotopique

Le mécanisme de la réaction précédente n'est pas simple. Cependant la méthode expérimentale du marquage isotopique permet de comprendre quelles liaisons sont rompues. Une rupture est représentée ci-dessous d'une manière schématique par des pointillés. On effectue la réaction avec un alcool, préparé spécialement, dans lequel l'oxygène est l'isotope ^{18}O noté O^* (au lieu de l'isotope le plus abondant ^{16}O). On constate expérimentalement que cet oxygène « lourd » se retrouve au niveau des produits dans le salicylate de méthyle uniquement et que l'eau formée ne contient pas plus d'isotope ^{18}O que l'eau naturelle. On envisage les deux hypothèses suivantes :

	Acide carboxylique	Alcool
Hypothèse 1		$\text{R} - \overset{\cdot\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot\cdot}{\text{O}}^* - \text{H}$
Hypothèse 2		$\text{R} - \text{O}^* - \overset{\cdot\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot\cdot}{\text{H}}$

Choisir l'hypothèse en accord avec les observations expérimentales. Justifier la réponse (l'équation de la réaction n'est pas exigée).

EXERCICE III : LE TRANSIT DE VÉNUS DU 8 JUILLET 2004 (5,5 points)

Le transit d'une planète correspond à son passage entre la Terre et le Soleil. Pour un observateur terrestre cela se manifeste par la présence d'un disque sombre sur le fond brillant du Soleil.

Les transits de Vénus sont des phénomènes extrêmement rares. On compte en effet environ 2 passages de Vénus devant le Soleil par siècle, mais aucun transit n'a eu lieu au cours du 20^{ème} siècle. Au 19^{ème} siècle les passages de la planète devant le disque solaire ont eu lieu en 1874 et en 1882. Au 21^{ème} siècle, le même phénomène s'est reproduit très récemment le 8 juin 2004. Le prochain transit de Vénus aura lieu le 6 juin 2012 mais il ne sera pas observable depuis la France.

La figure 5 est un montage photographique réalisé, en France, par un astronome amateur. On voit sur le même cliché quelques positions de ce transit.

À partir de ce cliché et des données astronomiques fournies, l'astronome amateur désire mesurer la vitesse orbitale de Vénus

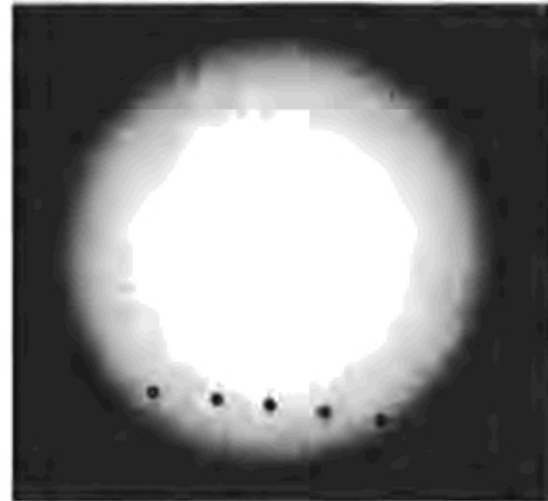


Figure 5

Quelques données astronomiques :

Soleil :	Masse	$M_1 = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$
	Distance moyenne à la Terre	$R_1 = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$
	Diamètre	$D_1 = 1,4 \times 10^6 \text{ km}$
Vénus :	Distance moyenne au Soleil	$R_2 = 1,0 \times 10^8 \text{ km}$
	Masse notée M_2	
Constante de la gravitation :		$G = 6,6 \times 10^{-11} \text{ SI}$

Pour les applications numériques il faut choisir dans les aides fournies la valeur appropriée au résultat attendu.

1. Étude des caractéristiques du mouvement de Vénus

Dans tout l'exercice on assimilera la Terre et Vénus à leur centre d'inertie.

L'astronome amateur considère que la planète Vénus tourne autour du Soleil sur une trajectoire circulaire dont le centre est le centre d'inertie du Soleil.

1.1. Comment nomme-t-on le référentiel d'étude ?

1.2. Nommer, exprimer vectoriellement puis représenter sur un schéma la force exercée par le Soleil sur la planète Vénus.

1.3. Dans le référentiel d'étude, appliquer à Vénus la deuxième loi de Newton (on négligera l'action des autres planètes sur Vénus). En déduire l'expression du vecteur accélération.

1.4. Étude théorique de la vitesse orbitale de Vénus

1.4.1. Le mouvement de la planète Vénus est uniforme. Donner les caractéristiques du vecteur accélération de Vénus.

1.4.2. Retrouver, dans le référentiel choisi, l'expression de la vitesse de cette planète

$$v_2 = \sqrt{\frac{GM_1}{R_2}}$$

1.4.3. En utilisant les données astronomiques fournies calculer, avec 2 chiffres significatifs, la valeur de cette vitesse.

Aide au calcul : $\sqrt{13} = 3,6$

1.5. Étude de la période de Vénus

1.5.1. Définir la période de révolution T_2 de la planète Vénus.

1.5.2. Exprimer cette période en fonction de la vitesse v_2 et de la distance R_2 . Calculer la valeur de cette période (en secondes).

Aide au calcul : $2\pi \times 3,6 = 23$; $\frac{2\pi}{3,6} = 1,7$

1.6. La 3^{ème} loi de Kepler

1.6.1. À partir des réponses aux questions 1.4.2 et 1.5.2, retrouver la 3^{ème} loi de Kepler.

1.6.2. Cette loi permet de déterminer la masse d'un astre central si les valeurs de la période et du rayon de l'orbite de l'un de ses satellites sont connues.

Exprimer littéralement la masse M_1 du Soleil en fonction des données astronomiques nécessaires.

2. Exploitation du transit de Vénus

En France le 8 juin 2004, on a pu observer le début du transit de Vénus (appelé 1^{er} contact) à 7 h 20 min et la fin du transit (appelé 3^{ème} contact) à 13 h 04 min heure locale).

On prendra pour la durée de ce transit

$$t_{AB} = 2,0 \times 10^4 \text{ s}$$

La photographie donnée en introduction (Figure 5) est remplacée par le schéma ci-contre plus facilement exploitable (Figure 6).

On appelle A et B les points à la périphérie du Soleil correspondant au 1^{er} et au 3^{ème} contact.

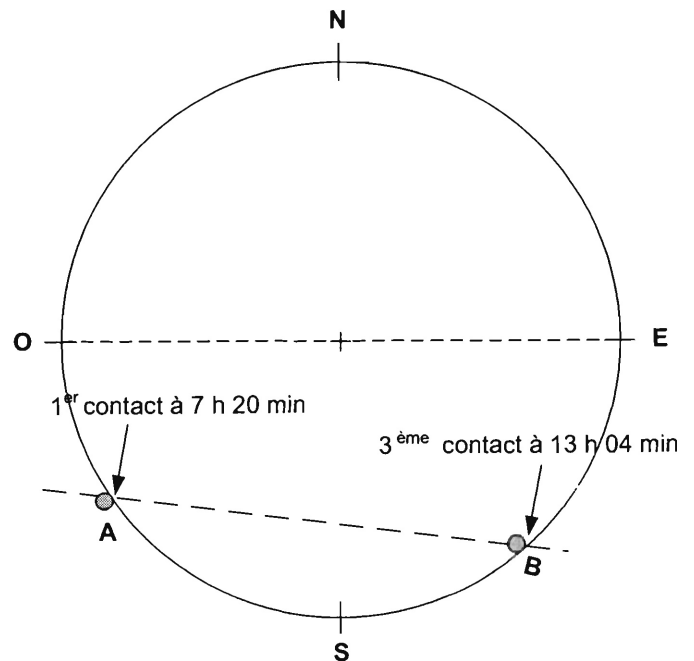


Figure 6

2.1. On admet que, sur la Figure 6, le rapport des distances $\frac{AB}{OE}$ est égal à $\frac{3}{4}$.

À l'aide des données astronomiques fournies calculer la distance AB à la surface du disque solaire.

2.2. La planète Vénus se déplace dans l'espace entre la Terre et le Soleil. À chaque instant la position de la Terre, celle de Vénus et celle de la tache repérée sur le disque solaire sont alignées (voir la Figure n°7 ci-dessous).

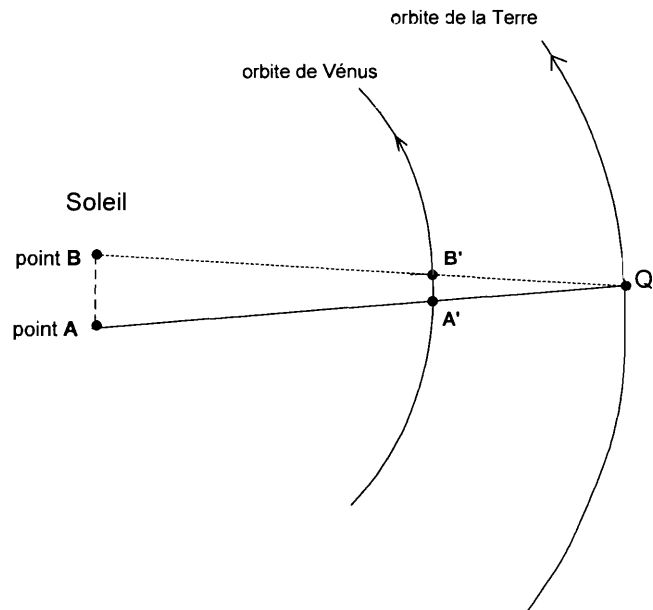


Figure 7 (ce schéma n'est pas à l'échelle)

2.2.1. Dans un premier temps, l'astronome amateur considère que pendant la durée du transit de Vénus la Terre reste immobile, à la position Q_1 (voir Figure 7 ci-dessus), par rapport au Soleil.

En considérant que la durée écoulée entre le premier contact et le troisième contact est égale à $t_{AB} = 2,0 \times 10^4$ s, montrer que la vitesse de Vénus déterminée à partir de la figure n°7 est alors voisine de $v_1 \approx 18 \text{ km.s}^{-1}$ (valeur inférieure à la valeur v_2 calculée en 1.4.3). On assimilera les segments $A'B'$ et AB à deux segments parallèles.

2.2.2. Pour expliquer cette différence entre les deux valeurs calculées l'astronome amateur veut vérifier s'il était légitime de considérer la Terre immobile à la position Q_1 pendant la durée du transit.

Sachant que la Terre se déplace sur son orbite à la vitesse de 30 km.s^{-1} calculer la distance Q_1Q_2 parcourue par la Terre sur son orbite pendant la durée t_{AB} . La comparer à la distance AB et montrer qu'on ne peut considérer la Terre immobile durant cette période.

2.2.3. Si durant la durée t_{AB} la Terre se déplace de la position Q_1 à la position Q_2 , la planète Vénus se déplace de la position A' à la position B'' différente de B' .

Sur la Figure 8 EN PAGE A3 DE L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE placer le point B'' pour montrer que la distance $A'B''$ réellement parcourue par Vénus pendant la durée de l'occultation est supérieure à $A'B'$.

On peut ainsi retrouver par calcul la valeur de la vitesse orbitale de Vénus donnée dans les tables astronomiques, soit 35 km.s^{-1} .

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2005

PHYSIQUE-CHIMIE
SPECIALITE

Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-
les.

Série : **S**

FEUILLET DES ANNEXES
À RENDRE AVEC LA COPIE.

Tournez la page S.V.P.

EXERCICE I

Question 2.3.1.

	Avance- ment	$4 \text{ Al}^{3+} + 6 \text{ O}^{2-} = 3 \text{ O}_{2(\text{g})} + 4 \text{ Al}_{(\text{s})}$				Quantité (en mol) d'électrons échangés
État initial	0	n_0	n_1	0	0	0
État en cours de transformation	x					
État final	x_f					

DOCUMENT 1

EXERCICE II

Question 1.3.3.

Fluor 18 : $A = f(t)$

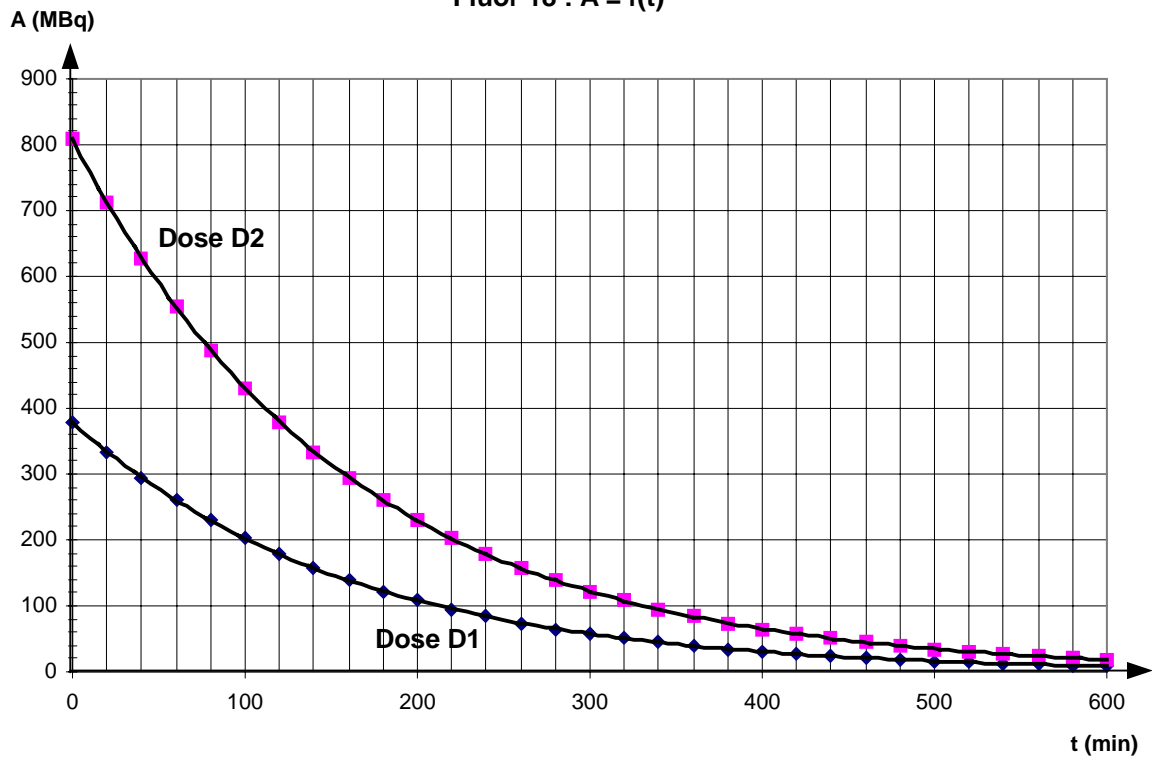


Figure 2

EXERCICE III

Question 2.3

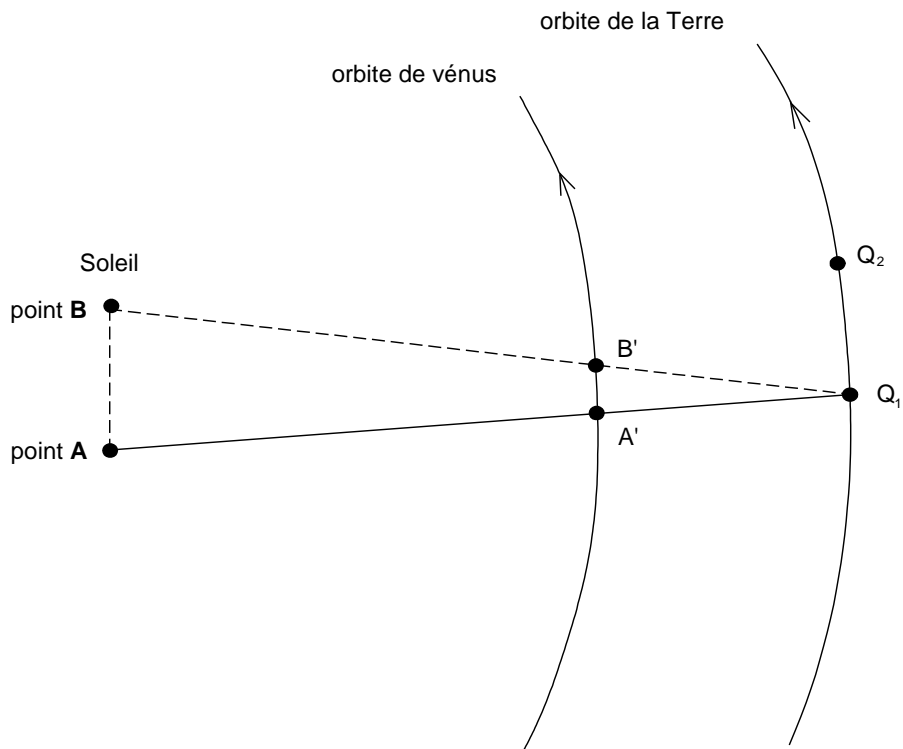


Figure 8

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, annexe comprise.

La feuille d'annexe (page 11) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. **La radioactivité au service de l'archéologie (5,5 points)**
- II. **Corrosion des gouttières (6,5 points)**
- III. **Céramique et ultrasons (4 points)**

EXERCICE I. LA RADIOACTIVITÉ AU SERVICE DE L'ARCHÉOLOGIE (5,5 POINTS)

Isotope radioactif du carbone, le « carbone 14 » noté ^{14}C est formé continuellement dans la haute atmosphère. Il est très réactif et donne rapidement du « gaz carbonique » (dioxyde de carbone) qui, en quelques mois, se mélange avec l'ensemble du gaz carbonique de notre atmosphère. Il sera donc assimilé par les plantes au même titre que le gaz carbonique produit avec du carbone stable (les isotopes ^{12}C et ^{13}C). On le retrouvera donc comme constituant de la matière organique des animaux herbivores et carnivores. [...]

Vers 1950, le chimiste américain W. Libby a démontré [...] que tous les êtres vivants sont caractérisés par le même rapport du nombre de noyaux de ^{14}C au nombre de noyaux de ^{12}C : $\frac{N(^{14}\text{C})}{N(^{12}\text{C})}$. En

conséquence, un gramme de carbone pur extrait d'un être vivant présente une activité due au ^{14}C , voisine de 13,6 désintégrations par minute, ce qui correspond à « un âge zéro ». Dans un animal ou un végétal mort (tronc d'arbre, coquille fossile, os... trouvé dans une caverne), le ^{14}C « assimilé » par l'animal ou la plante quand il était vivant, décroît exponentiellement en fonction du temps du fait de sa radioactivité à partir de l'instant de sa mort. La comparaison de cette activité résiduelle aux 13,6 désintégrations par minute fournit directement l'âge de l'échantillon fossile [...]. Au bout de 40 millénaires, il reste moins de 1% du ^{14}C que contenait initialement un échantillon fossile ; cette teneur résiduelle devient trop faible pour être déterminée avec précision.

J.C Duplessy et C. Laj

D'après une publication du CEA

Clefs CEA n°14 automne 1989

* On suppose que la valeur 13,6 désintégrations par minute, pour un organisme vivant, est restée constante au cours des derniers millénaires.

1. Désintégration du « carbone 14 »

On donne les numéros atomiques suivants : $Z = 6$ pour le carbone (C) et $Z = 7$ pour l'azote (N).

1.1. Pourquoi les noyaux de symboles $^{12}_6\text{C}$ et $^{13}_6\text{C}$ sont-ils appelés isotopes ?

1.2. Donner la composition du noyau de symbole $^{14}_6\text{C}$.

1.3. Le « carbone 14 » se désintègre « en azote 14 ».

Écrire l'équation de désintégration du « carbone 14 » en supposant que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité. S'agit-il d'une radioactivité α , β^+ ou β^- ?

2. Propriétés des désintégrations radioactives

2.1. Donner les caractéristiques des transformations radioactives en complétant les phrases du cadre fourni en **ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE** à l'aide des mots ou expressions proposés.

2.2. On propose trois expressions mathématiques pour représenter l'évolution du nombre N de noyaux de « carbone 14 » restant dans l'échantillon à la date t , λ étant la constante radioactive relative à la désintégration étudiée ($\lambda > 0$) :

(a) $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ (b) $N = N_0 - \lambda t$ (c) $N = N_0 \cdot e^{\lambda t}$

2.2.1. Dans chacune des trois expressions ci-dessus :

- Que vaut N à $t = 0$?

- Quelle est la limite de N quand t tend vers l'infini ?

En déduire l'expression à retenir parmi les propositions (a), (b) et (c), en justifiant.

2.2.2. L'activité $A = - \frac{dN}{dt}$ à l'instant de date t est donnée par la relation $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$.

Que représente A_0 ?

2.2.3. En s'aidant du texte, donner pour un échantillon de 1,0 g de carbone pur, extrait d'un être vivant, la valeur de A_0 .

2.2.4. À quel événement correspond « l'âge zéro » cité dans le texte ?

3. Datation au « carbone 14 »

Le temps de demi-vie de l'isotope $^{14}_6\text{C}$ est $t_{1/2} = 5,73 \times 10^3$ ans.

3.1. Qu'appelle-t-on temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif ?

3.2. Montrer que $\lambda \cdot t_{1/2} = \ln 2$ à partir des réponses données aux questions 2.2.1. et 3.1.

3.3. Calculer la valeur de λ dans le cas du « carbone 14 », en gardant $t_{1/2}$ en années.

3.4. *Plusieurs articles scientifiques parus en 2004 relatent les informations apportées par la découverte d'Ötzi, un homme naturellement momifié par la glace et découvert, par des randonneurs, en septembre 1991 dans les Alpes italiennes.*

Pour dater le corps momifié, on a mesuré l'activité d'un échantillon de la momie. On a trouvé une activité égale à 7,16 désintégrations par minute pour une masse équivalente à 1,0 g de carbone pur.

Donner l'expression littérale de la durée écoulée entre la mort d'Ötzi et la mesure de l'activité de l'échantillon.

Calculer cette durée.

3.5. *À Obock (en République de Djibouti), des chercheurs ont étudié un corail vieux de $1,2 \times 10^5$ ans (soit cent vingt mille ans).*

D'après le texte, ce corail a-t-il pu être daté par la méthode utilisant le « carbone 14 » ? Justifier la réponse.

4. Choix du radioélément

4.1. *Pour dater des roches très anciennes, on utilise parfois la méthode potassium-argon. Le « potassium 40 », de demi-vie $1,3 \times 10^9$ ans, se transforme en « argon 40 ».*

Quel pourcentage de noyaux de « potassium 40 » reste-t-il dans une roche au bout de 4 fois le temps de demi-vie ?

4.2. *Comme il est indiqué dans le texte pour le « carbone 14 », on suppose que la teneur résiduelle minimale permettant d'effectuer une datation avec le « potassium 40 » est également de 1 % de la teneur initiale.*

En comparant l'âge de la Terre, qui est de $4,5 \times 10^9$ ans, à la demi-vie du « potassium 40 », préciser si la méthode de datation par le « potassium 40 » permet de mesurer l'âge de la Terre. Justifier la réponse.

EXERCICE II. CORROSION DES GOUTTIÈRES (6,5 points)

Les précipitations sont naturellement acides en raison du dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère. Par ailleurs, la combustion des matières fossiles (charbon, pétrole et gaz) produit du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote qui s'associent à l'humidité de l'air pour libérer de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique. Ces acides sont ensuite transportés loin de leur source avant d'être précipités par les pluies, le brouillard, la neige ou sous forme de dépôts secs.

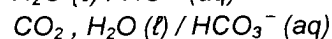
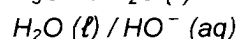
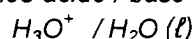
Très souvent, les pluies s'écoulant des toits sont recueillies par des gouttières métalliques, constituées de zinc.

Données :

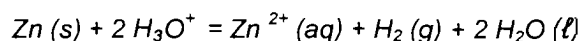
Masse molaire atomique du zinc : $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$

Loi des gaz parfaits : $PV = nRT$

Couples acide / base :



Le zinc est un métal qui réagit en milieu acide selon la réaction d'équation :



1. Suivi cinétique de la transformation

Pour étudier cette transformation, considérée comme totale, on réalise l'expérience dont le schéma simplifié est représenté sur la figure 1.

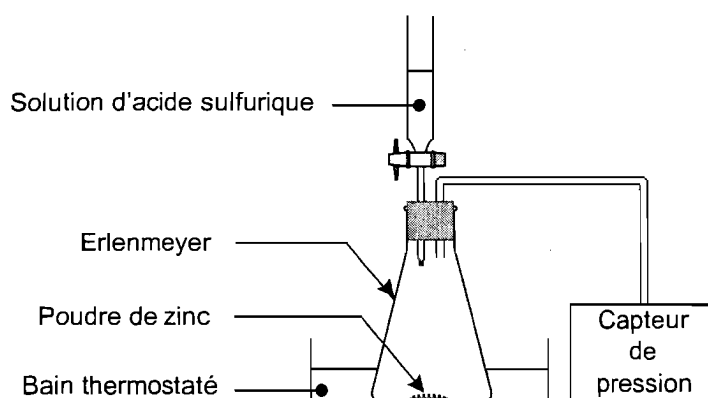


Figure 1

À l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, on verse rapidement, sur $0,50 \text{ g}$ de poudre de zinc, $75,0 \text{ mL}$ de solution d'acide sulfurique de concentration en ions oxonium H_3O^+ égale à $0,40 \text{ mol.L}^{-1}$.

La pression mesurée à cet instant par le capteur est $P_i = 1020 \text{ hPa}$.

La formation de dihydrogène crée une surpression qui s'additionne à la pression de l'air initialement présent.

Les valeurs de la pression, mesurée à différentes dates par le capteur de pression, sont reportées dans le tableau page suivante :

<i>t</i> (min)	0	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0
<i>P</i> (hPa)	1020	1030	1060	1082	1101	1120	1138	1172	1215	1259	1296	1335

<i>t</i> (min)	45,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	110,0	140,0	160,0	190,0	240,0	300,0
<i>P</i> (hPa)	1413	1452	1513	1565	1608	1641	1697	1744	1749	1757	1757	1757

1.1. Compléter le tableau d'évolution du système en **ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE.**

1.2. En déduire la valeur de l'avancement maximal x_{\max} . Quel est le réactif limitant ?

1.3. On considère que le dihydrogène libéré par la réaction est un gaz parfait. À chaque instant la surpression $(P - P_i)$ est proportionnelle à la quantité $n(\text{H}_2)$ de dihydrogène formé et inversement proportionnelle au volume V_{gaz} de gaz contenu dans l'erenmeyer : $(P - P_i)V_{\text{gaz}} = n(\text{H}_2)RT$, où P_i représente la pression mesurée à la date $t = 0$ s, P la pression mesurée par le capteur et T la température du milieu (maintenue constante pendant l'expérience).

1.3.1. Quelle est la relation donnant l'avancement x de la réaction en fonction de $(P - P_i)$, V_{gaz} , R et T ?

1.3.2. On note P_{\max} la pression mesurée à l'état final.

Écrire la relation donnant l'avancement x_{\max} en fonction de P_{\max} , P_i , V_{gaz} , R et T .

En déduire la relation donnant l'avancement x : $x = x_{\max} \left(\frac{P - P_i}{P_{\max} - P_i} \right)$

La courbe donnant l'évolution de l'avancement x en fonction du temps est représentée sur la figure 2 en **ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE.**

1.3.3. Vérifier à l'aide de la courbe la valeur de x_{\max} trouvée au 1.2.

1.3.4 À l'aide du tableau des résultats, déterminer la valeur de l'avancement à la date $t = 50,0$ min. Vérifier cette valeur sur la courbe.

1.4. Comment peut-on déduire de la figure 2 l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours de la transformation chimique étudiée ?

Décrire qualitativement cette évolution.

On rappelle l'expression de la vitesse volumique de la réaction : $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$; V est le volume de la solution, supposé constant durant l'expérience.

2. Facteurs cinétiques

2.1. Influence de la concentration en ions oxonium

On reprend le montage précédent (figure 1) et on réalise les trois expériences suivantes :

	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3
Température	25 °C	25 °C	25 °C
Masse initiale de zinc	0,50 g	0,50 g	0,50 g
Forme du zinc	poudre	poudre	poudre
Volume de la solution d'acide sulfurique versée	75 mL	75 mL	75 mL
Concentration initiale en ions oxonium	0,50 mol.L ⁻¹	0,25 mol.L ⁻¹	0,40 mol.L ⁻¹

Pour chacune des expériences 1, 2 et 3, on a tracé sur la figure 3 ci-dessous les trois courbes (a), (b) et (c) représentant l'avancement de la réaction lors des 50 premières minutes.

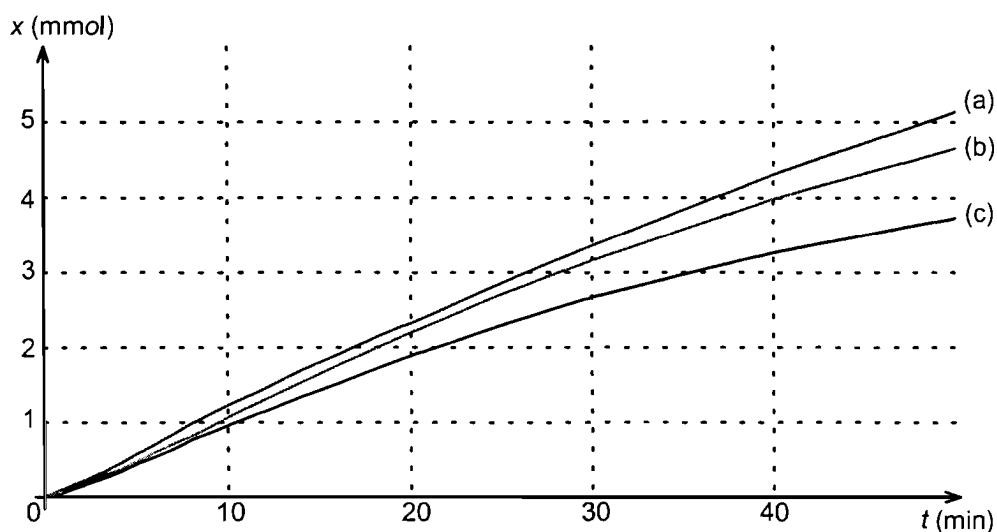


Figure 3

Associer à chacune des courbes de la figure 3 le numéro de l'expérience 1, 2 ou 3 correspondante. Justifier.

2.2. Influence de la forme du zinc (division et état de surface)

On reprend le montage de la figure 1 et on réalise trois nouvelles expériences :

- avec de la poudre de zinc ;
- avec de la grenaille de zinc récemment fabriquée ;
- avec de la grenaille de zinc de fabrication ancienne.

	Expérience 4	Expérience 5	Expérience 6
Température	25 °C	25 °C	25 °C
Masse initiale de zinc	0,50 g	0,50 g	0,50 g
Forme du zinc	poudre	grenaille	grenaille de zinc de fabrication ancienne recouverte d'une couche de carbonate de zinc
Volume de la solution d'acide sulfurique versé	75 mL	75 mL	75 mL
Concentration initiale en ions oxonium	0,50 mol.L ⁻¹	0,50 mol.L ⁻¹	0,50 mol.L ⁻¹

On trace les courbes $x = f(t)$ pour les trois expériences et on obtient la figure 4 page suivante :

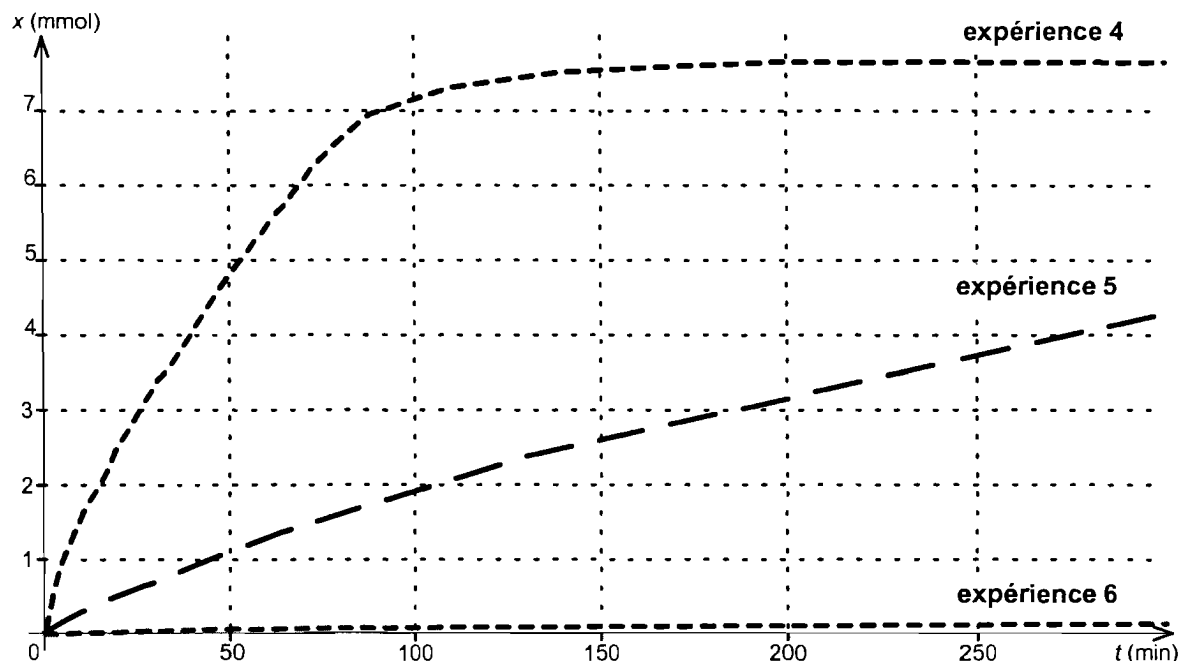


Figure 4

2.2.1. À partir des courbes obtenues lors des expériences 4 et 5, indiquer quelle est l'influence de la surface du zinc en contact avec la solution sur la vitesse de réaction.

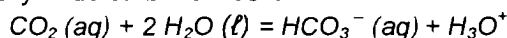
2.2.2. En milieu humide, le zinc se couvre d'une mince couche de carbonate de zinc qui lui donne un aspect patiné.

À partir des courbes obtenues, indiquer quelle est l'influence de cette couche de carbonate de zinc sur la vitesse de réaction.

3. Pluies acides et gouttières

Les précipitations naturelles et non polluées ont un pH acide. Leur acidité est due au dioxyde de carbone qui se dissout dans l'eau.

L'équation entre l'eau et le dioxyde de carbone s'écrit :



En France le pH moyen annuel des eaux de pluie est de l'ordre de 5.

3.1. À partir de la valeur du pH citée ci-dessus, déterminer la valeur moyenne de la concentration en ions oxonium H_3O^+ rencontrés dans les eaux de pluie.

3.2. Les trois facteurs cinétiques étudiés dans la question 2. permettent-ils d'expliquer la longévité des gouttières en zinc dans les habitations ?

EXERCICE III. CÉRAMIQUES ET ULTRASONS (4 POINTS)

Les ultrasons sont utilisés dans de nombreux domaines de la vie courante : échographie, détecteurs de présence dans les alarmes, etc. Les émetteurs et les récepteurs d'ultrasons sont fréquemment constitués de céramiques piézoélectriques.

Les parties 1 et 2 de cet exercice sont indépendantes.

1. Émission et propagation de l'onde ultrasonore produite par une céramique piézoélectrique

Lorsqu'on applique une tension sinusoïdale d'amplitude suffisante et de fréquence appropriée entre les deux faces métallisées et opposées d'une céramique piézoélectrique, elle se met à vibrer. Lorsque la céramique entre en résonance elle émet des ultrasons.

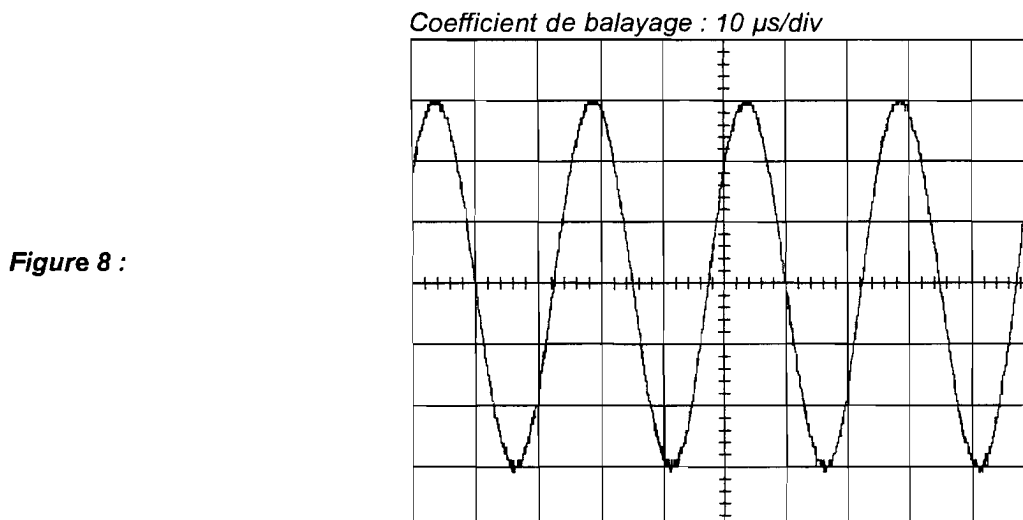
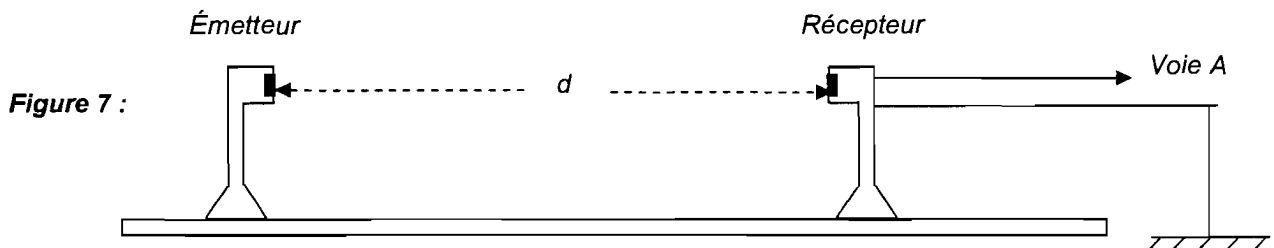
La fréquence des ultrasons émis est égale à la fréquence de vibration de la céramique émettrice.

1.1. Propagation des ondes ultrasonores

On réalise le montage schématisé figure 7. Le récepteur, constitué d'une céramique réceptrice, est placé à une distance d , face à la céramique émettrice.

Une tension de même fréquence que les ultrasons reçus apparaît aux bornes de la céramique réceptrice. On visualise cette tension sur la voie A d'un oscilloscope. L'oscillogramme obtenu est représenté sur la figure 8. Le coefficient de balayage est égal à $10 \mu\text{s} / \text{div}$ et la sensibilité verticale à $0,2 \text{ V} / \text{div}$.

On rappelle que la célérité des ultrasons dans l'air est $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ dans les conditions de l'expérience.



1.1.1. Déterminer la période T et la fréquence f de la tension observée à l'oscilloscope.

1.1.2. En déduire la fréquence f_0 des ultrasons. Justifier.

1.1.3. Donner l'expression littérale puis la valeur de la longueur d'onde λ des ultrasons dans l'air.

1.2. Résonance de la céramique émettrice

Pour une valeur appropriée de la fréquence de la tension sinusoïdale appliquée, son amplitude restant constante, la céramique émettrice entre en résonance. La tension sinusoïdale joue alors le rôle d'un excitateur et la céramique celui d'un résonateur.

1.2.1. Que peut-on dire de la valeur de la fréquence de la tension excitatrice à la résonance ?

1.2.2. Décrire qualitativement le phénomène de résonance en ce qui concerne l'amplitude de vibration de la céramique.

2. Oscillations libres dans un circuit RLC série

Pour étudier les conditions d'obtention d'oscillations électriques libres à la fréquence propre $f_0 = 40 \text{ kHz}$, on réalise le circuit schématisé figure 9. Un oscilloscope à mémoire permet d'enregistrer la tension aux bornes du condensateur. L'oscillogramme est représenté sur la figure 10.

La bobine a une inductance de valeur $L = 1,0 \text{ mH}$; R est la résistance totale du circuit.

Le condensateur est initialement chargé sous une tension $U_C = 4,0 \text{ V}$.

À l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, on ferme l'interrupteur K .

Figure 9 :

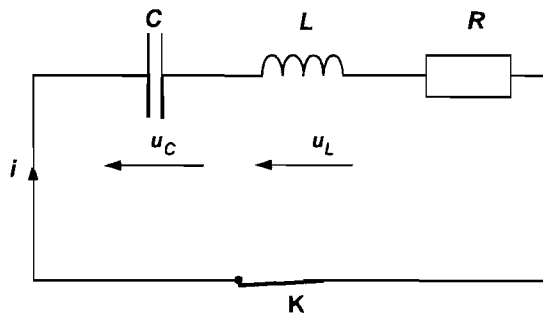
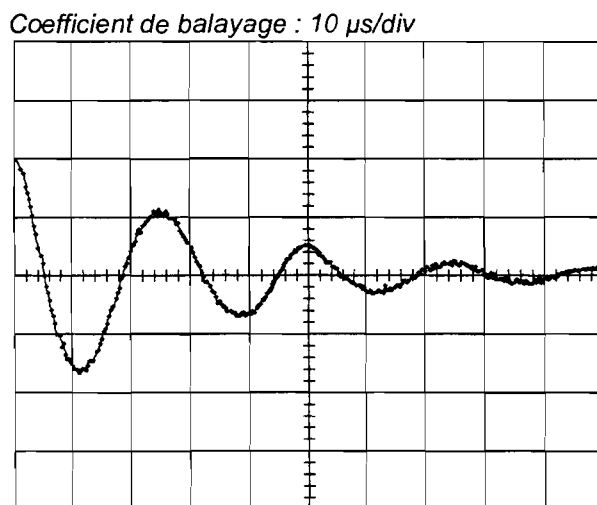


Figure 10 :



2.1. Comment appelle-t-on le type de régime correspondant à la figure 10 ?

2.2. Interpréter en termes d'énergie l'amortissement des oscillations que l'on observe.

2.3. Comment peut-on éviter l'amortissement des oscillations, sachant que la résistance du circuit ne peut pas être nulle ?

2.4. Dire si les affirmations ci-dessous concernant les oscillations libres d'un dipôle RLC sont vraies ou fausses. Commenter brièvement.

AFFIRMATION 1 : En augmentant la résistance R d'un dipôle RLC on observera toujours des oscillations amorties.

AFFIRMATION 2 : La valeur de la période propre d'un dipôle RLC dépend de la charge initiale du condensateur.

2.5. Détermination de la capacité du condensateur

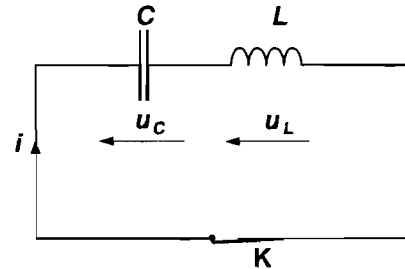
Dans le cas étudié, l'amortissement est assez faible pour pouvoir confondre la pseudo-période du dipôle RLC avec la période propre T_0 du dipôle LC (L et C ayant les mêmes valeurs respectives dans les deux cas).

2.5.1. On considère le circuit LC représenté à la figure 11. L'interrupteur K est ouvert et la tension aux bornes du condensateur est égale à U_0 . À l'instant de date $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur K.

Après avoir établi l'expression de l'intensité i du courant en fonction de la tension u_C , montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur est :

$$\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C = 0$$

Figure 11 :



2.5.2. La solution de cette équation différentielle peut s'écrire $u_C(t) = U_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$.

En déduire, en utilisant l'équation différentielle, l'expression littérale de la période propre T_0 du circuit.

2.5.3. Calculer la valeur à donner à la capacité C du condensateur de manière à obtenir des oscillations à la fréquence $f_0 = 40$ kHz.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

2.1.1.	La transformation radioactive d'un noyau possède un caractère..... Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique
2.1.2.	La désintégration d'un noyau celle d'un noyau voisin Expressions proposées : • n'affecte pas • modifie • est perturbée par
2.1.3.	Un noyau « âgé » a de se désintégrer qu'un noyau « jeune ». Expressions proposées : • plus de chances • moins de chances • autant de chances
2.1.4.	L'évolution d'une population d'un grand nombre de noyaux radioactifs possède un caractère..... Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question 1.1.

Tableau d'évolution du système

Equation chimique		$\text{Zn (s)} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ = \text{Zn}^{2+} (\text{aq}) + \text{H}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$				
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)				
Etat initial	0	$n(\text{Zn})_i$	$n(\text{H}_3\text{O}^+)_i$	0	0	en excès
Etat en cours de transformation	x					en excès
Etat final	x_{max}					en excès

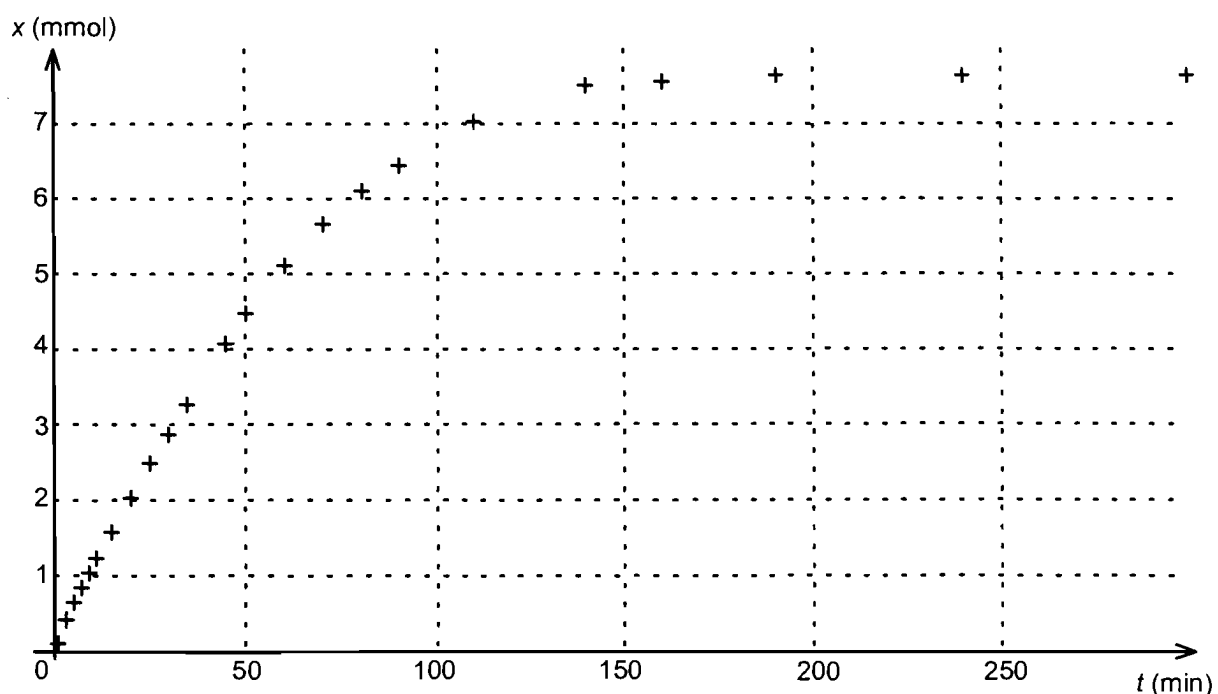


Figure 2

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. La radioactivité au service de l'archéologie (5,5 points)
- II. Corrosion des gouttières (6,5 points)
- III. Céramiques et ultrasons (4 points) (obligatoire)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002 et par la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et les compétences à évaluer précisées dans le texte définissant l'épreuve de physique-chimie : arrêté du 12 janvier 1995, fixant le programme de terminale S (BOEN n° 3 du 16 février 1995) et note de service n° 96-223 du 10.09.1996 (BOEN n° 33 du 19 septembre 1996).

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. LA RADIOACTIVITÉ AU SERVICE DE L'ARCHÉOLOGIE (5,5 POINTS)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Désintégration du « carbone 14 »			
1.1.	Même numéro atomique Z et un nombre différent de neutrons.	0,25	
1.2.	6 protons et 8 neutrons	0,25	
1.3.	${}^1_6\text{C} \rightarrow {}^1_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$ radioactivité β^-	0,25 0,25	Les lois de conservation ne sont pas exigées.
2. Propriétés des désintégrations radioactives			
2.1.1.	Un caractère <u>aléatoire</u>	0,25	
2.1.2.	La désintégration d'un noyau n'affecte pas	0,25	
2.1.3.	Un noyau « âgé » a <u>autant de chances</u>	0,25	
2.1.4.	Un caractère <u>prévisible</u>	0,25	
2.2.1.	$N = N_0$ à $t = 0$ s pour les 3 expressions Quand $t \rightarrow \infty$, (a) $N \rightarrow 0$ (b) $N \rightarrow -\infty$ (c) $N \rightarrow +\infty$ (a) est la seule expression valable	0,25 0,25	0.25 pour les 3 limites et la conclusion justifiée
2.2.2.	A_0 est l'activité de l'échantillon à la date $t_0 = 0$ s.	0,25	
2.2.3.	$A_0 = \frac{13,6}{60} = 0,227 \text{ Bq}$	0,25	Accepter 13,6 dés./min et 0,227 uSI 0 pour un nombre sans unité
2.2.4.	L'« âge zéro » correspond à la mort de l'organisme.	0,25	
3. Datation « au carbone 14 »			
3.1.	Durée au bout de laquelle la moitié des noyaux présents dans l'échantillon s'est désintégrée.	0,25	Toute définition correcte est acceptée
3.2.	$\Delta t = t_{1/2}$ $N = N_0/2$ $N_0 e^{-\lambda t} = N_0/2$ $-\lambda t_{1/2} = -\ln 2$, d'où $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$	0,25	
3.3.	$\lambda = \ln 2 / 5,73 \times 10^3 = 1,21 \times 10^{-4} \text{ an}^{-1}$	0,25	
3.4.	$t = -\frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{A}{A_0} \right)$ $t = 5,30 \times 10^3 \text{ ans}$	0,25 0,25	
3.5.	Au bout de 40 millénaires la teneur en carbone 14 est déjà trop faible pour être exploitable. Le corail vieux de 120 millénaires ne peut donc pas être daté avec cette méthode.	0,25	
4. Choix du radioélément			
4.1.	Il reste $N = N_0/16$ au bout de $4 t_{1/2}$ soit $N/N_0 = 0,625$. Il reste donc 6,25 % de potassium 40.	0,25	
4.2.	L'âge de la Terre est inférieur à 4 fois le temps de demi-vie du potassium 40. (ou $\frac{4,5}{1,3} \approx 3,5$; au bout de $3,5 t_{1/2}$, il reste entre 6,25 et 12,5 %) La teneur en potassium 40 restant (au moins 6,25 %) est donc suffisante pour être mesurée.	0,25 0,25	

EXERCICE II : CORROSION DES GOUTTIÈRES (6,5 points)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires																																			
1. Suivi cinétique de la transformation																																						
1.1.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">Equation chimique</td> <td colspan="5">$Zn + 2 H_3O^+ = Zn^{2+} + H_2 + 2H_2O$</td> </tr> <tr> <td>Etat du système</td> <td>ΔV (mol)</td> <td colspan="5">Quantités de matière (mol)</td> </tr> <tr> <td>Etat initial</td> <td>0</td> <td>$n(Zn)_i$</td> <td>$n(H_3O^+)_i$</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>excès</td> </tr> <tr> <td>Etat en cours de transformation</td> <td>x</td> <td>$n(Zn)_i - x$</td> <td>$n(H_3O^+)_i - 2x$</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>Excès</td> </tr> <tr> <td>Etat final</td> <td>x_{max}</td> <td>$n(Zn)_i - x_{max}$</td> <td>$n(H_3O^+)_i - 2x_{max}$</td> <td>x_{max}</td> <td>x_{max}</td> <td>excès</td> </tr> </table>	Equation chimique		$Zn + 2 H_3O^+ = Zn^{2+} + H_2 + 2H_2O$					Etat du système	ΔV (mol)	Quantités de matière (mol)					Etat initial	0	$n(Zn)_i$	$n(H_3O^+)_i$	0	0	excès	Etat en cours de transformation	x	$n(Zn)_i - x$	$n(H_3O^+)_i - 2x$	x	x	Excès	Etat final	x_{max}	$n(Zn)_i - x_{max}$	$n(H_3O^+)_i - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	excès	0,75	0,25 par ligne
Equation chimique		$Zn + 2 H_3O^+ = Zn^{2+} + H_2 + 2H_2O$																																				
Etat du système	ΔV (mol)	Quantités de matière (mol)																																				
Etat initial	0	$n(Zn)_i$	$n(H_3O^+)_i$	0	0	excès																																
Etat en cours de transformation	x	$n(Zn)_i - x$	$n(H_3O^+)_i - 2x$	x	x	Excès																																
Etat final	x_{max}	$n(Zn)_i - x_{max}$	$n(H_3O^+)_i - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	excès																																
1.2.	<p>Si le zinc est le réactif limitant : $n(Zn)_i - x_{max} = 0$ soit</p> $x_{max} = n(Zn)_i = \frac{m(Zn)_i}{M(Zn)} = \frac{0,50}{65,4} = 7,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$ <p>Si les ions oxonium sont le réactif limitant : $n(H_3O^+)_i - 2x_{max} = 0$ soit</p> $x_{max} = \frac{n(H_3O^+)_i}{2} = \frac{[H_3O^+]_i \cdot V_{solution}}{2} = \frac{0,40 \times 75 \times 10^{-3}}{2} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$ <p>La plus petite valeur de l'avancement qui annule la quantité de matière du réactif limitant est $x_{max} = 7,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$, le réactif limitant est le zinc.</p>	0,25 0,25 0,25																																				
1.3.1.	<p>D'après le tableau d'évolution du système, la quantité de matière de dihydrogène libéré à la date t est : $n(H_2) = x$</p> <p>Soit : $(P - P_i) \cdot V = x \cdot R \cdot T$ en remplaçant dans l'expression donnée.</p> <p>D'où $x = \frac{(P - P_i) \cdot V_{gaz}}{R \cdot T}$ (1)</p>	0,5																																				
1.3.2.	<p>La transformation est totale, d'après la loi des gaz parfaits la surpression atteinte à l'état final est égale à</p> $(P_{max} - P_i) \cdot V_{gaz} = x_{max} \cdot R \cdot T \quad (V_{gaz} \text{ et } T \text{ restant constants}).$ <p>D'où $x_{max} = \frac{(P_{max} - P_i) \cdot V_{gaz}}{R \cdot T}$ (2)</p> $\frac{(1)}{(2)} = \frac{x}{x_{max}} = \frac{P - P_i}{P_{max} - P_i} \text{ soit } x = x_{max} \left(\frac{P - P_i}{P_{max} - P_i} \right)$	0,25 0,25																																				
1.3.3	D'après la courbe $x_{max} = 7,6 \text{ mmol}$	0,25																																				
1.3.4.	<p>A t = 50,0 min, P = 1482 hPa</p> $x = 7,6 \times 10^{-3} \times \left(\frac{1482 - 1050}{1787 - 1050} \right) = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol} = 4,5 \text{ mmol}$ <p>Cette valeur correspond à la valeur lue sur la courbe.</p>	0,25 0,25																																				
1.4.	<p>Au facteur $1/V$ près, la vitesse volumique de réaction à l'instant de date t est donnée par le coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t.</p> <p>D'après la courbe, on peut en déduire que la vitesse volumique de réaction diminue au cours du temps jusqu'à s'annuler (tangente horizontale).</p>	0,25 0,25																																				

2. Facteurs cinétiques			
2.1.	De façon générale, plus la concentration des réactifs est importante, plus la vitesse de réaction est grande. Expérience 1 : courbe a Expérience 2 : courbe c Expérience 3 : courbe b	0,25 0,5	
2.2.1.	La transformation est plus rapide dans le cas de la poudre de zinc (expérience 4) que dans le cas de la grenaille de zinc (expérience 5). Donc plus la surface de zinc en contact avec la solution est grande (poudre), plus la vitesse de réaction est grande.	0,5	
2.2.2.	La vitesse de réaction est plus grande pour la grenaille de zinc (expérience 5) que pour la grenaille de zinc recouverte d'hydrocarbonate de zinc (expérience 6). La couche d'hydrocarbonate de zinc ralentit l'action des acides.	0,5	
3.1.	$\text{pH} \approx 5$ et $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$ soit $[\text{H}_3\text{O}^+] \approx 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25	
3.2.	L'oxydation du zinc par les pluies acides est extrêmement lente compte tenu des différents facteurs cinétiques intervenant dans la transformation : concentration en ions oxonium relativement faible, surface de zinc en contact avec les pluies peu importante et protection du zinc par une couche de carbonate de zinc.	0,75	0,25 par facteur

EXERCICE III : CÉRAMIQUES ET ULTRASONS (4 points)

Remarque générale : retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues	Barème	Commentaires									
1. Émission et propagation d'une onde ultrasonore émise par une céramique piézo-électrique											
1.1. Propagation des ondes ultrasonores											
1.1.1. $T = 2,5 \times 10^{-5} \text{ s}$ ou $25 \mu\text{s}$ $f = \frac{1}{T} = 40 \text{ kHz}$ ou $4,0 \times 10^4 \text{ Hz}$.	0,25	Tout ou rien									
1.1.2. La fréquence des ultrasons est égale à celle de la tension donc $f_u = 4,0 \times 10^4 \text{ Hz}$.	0,25										
1.1.3. $\lambda = \frac{v_{\text{air}}}{f}$ ou $\lambda = v_{\text{air}} T$ $\lambda = 8,5 \times 10^{-3} \text{ m}$	0,25										
1.2. Résonance de la céramique émettrice											
1.2.1. La fréquence de la tension excitatrice à la résonance est proche de la fréquence des oscillations de la céramique c'est à dire celle des ultrasons émis $f = 40 \text{ kHz}$. A la résonance, l'amplitude des oscillations est maximale.	0,25										
1.2.2 A la résonance, l'amplitude des oscillations est maximale.	0,25										
2. Oscillations libres dans un circuit RLC série											
2.1. Régime pseudo-périodique	0,25	<i>On acceptera : régime oscillant amorti.</i>									
2.2. Une partie de l'énergie est dissipée par effet Joule dans la résistance.	0,25	<i>Effet Joule non exigible</i>									
2.3. On entretient les oscillations grâce à un système électrique qui compense l'énergie dissipée dans la résistance.	0,25	<i>On acceptera toute autre formulation ainsi que l'utilisation d'un montage à résistance négative.</i>									
2.4.											
	0,25										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 15%;">VRAI ou FAUX</th> <th style="width: 65%;">BREVE JUSTIFICATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>En augmentant la résistance R on observera toujours des oscillations amorties.</td> <td style="text-align: center;">FAUX</td> <td>Pour R suffisamment grand on obtient un régime apériodique.</td> </tr> <tr> <td>La valeur de la période propre dépend de celles de R, L et C.</td> <td style="text-align: center;">FAUX</td> <td>La période propre ne dépend que de L et C.</td> </tr> </tbody> </table>		VRAI ou FAUX	BREVE JUSTIFICATION	En augmentant la résistance R on observera toujours des oscillations amorties.	FAUX	Pour R suffisamment grand on obtient un régime apériodique.	La valeur de la période propre dépend de celles de R , L et C .	FAUX	La période propre ne dépend que de L et C .	0,25	<i>0 si non justifié</i>
	VRAI ou FAUX	BREVE JUSTIFICATION									
En augmentant la résistance R on observera toujours des oscillations amorties.	FAUX	Pour R suffisamment grand on obtient un régime apériodique.									
La valeur de la période propre dépend de celles de R , L et C .	FAUX	La période propre ne dépend que de L et C .									
	0,25	<i>0 si non justifié</i>									
2.5.1. Loi d'additivité des tensions: $u_c + u_L = 0$ avec $u_L = L \frac{di}{dt} = LC \frac{d^2 u_c}{dt^2}$ d'où $\ddot{u}_c + \frac{1}{LC} u_c = 0$	0,5	<i>0,25 pour la loi d'additivité des tensions</i> <i>0,25 pour $u_L = LC \frac{d^2 u_c}{dt^2}$</i>									
2.5.2. En reportant dans l'équation différentielle, $\ddot{u}_c(t) = -U_c \frac{4\pi^2}{T_0^2} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right) = -\frac{U_c}{LC} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t\right)$ donc $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$	0,25 0,25										
2.5.3. $C = \frac{1}{4\pi^2 L f_0^2}$ A.N. $C = 1,6 \times 10^{-8} \text{ F}$	0,25 0,25										

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, annexe comprise.

La feuille d'annexe (page 11) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. La radioactivité au service de l'archéologie (5,5 points)
- II. Corrosion des gouttières (6,5 points)
- III. Sons émis par une corde du violoncelle (4 points)

EXERCICE I. LA RADIOACTIVITÉ AU SERVICE DE L'ARCHÉOLOGIE (5,5 POINTS)

Isotope radioactif du carbone, le « carbone 14 » noté ^{14}C est formé continuellement dans la haute atmosphère. Il est très réactif et donne rapidement du « gaz carbonique » (dioxyde de carbone) qui, en quelques mois, se mélange avec l'ensemble du gaz carbonique de notre atmosphère. Il sera donc assimilé par les plantes au même titre que le gaz carbonique produit avec du carbone stable (les isotopes ^{12}C et ^{13}C). On le retrouvera donc comme constituant de la matière organique des animaux herbivores et carnivores. [...]

Vers 1950, le chimiste américain W. Libby a démontré [...] que tous les êtres vivants sont caractérisés par le même rapport du nombre de noyaux de ^{14}C au nombre de noyaux de ^{12}C : $\frac{N(^{14}\text{C})}{N(^{12}\text{C})}$. En

conséquence, un gramme de carbone pur extrait d'un être vivant présente une activité due au ^{14}C , voisine de 13,6 désintégrations par minute, ce qui correspond à « un âge zéro ». Dans un animal ou un végétal mort (tronc d'arbre, coquille fossile, os... trouvé dans une caveme), le ^{14}C « assimilé » par l'animal ou la plante quand il était vivant, décroît exponentiellement en fonction du temps du fait de sa radioactivité à partir de l'instant de sa mort. La comparaison* de cette activité résiduelle aux 13,6 désintégrations par minute fournit directement l'âge de l'échantillon fossile [...]. Au bout de 40 millénaires, il reste moins de 1% du ^{14}C que contenait initialement un échantillon fossile ; cette teneur résiduelle devient trop faible pour être déterminée avec précision.

J.C Duplessy et C. Laj

D'après une publication du CEA

Clefs CEA n°14 automne 1989

* On suppose que la valeur 13,6 désintégrations par minute, pour un organisme vivant, est restée constante au cours des derniers millénaires.

1. Désintégration du « carbone 14 »

On donne les numéros atomiques suivants : $Z = 6$ pour le carbone (C) et $Z = 7$ pour l'azote (N).

1.1. Pourquoi les noyaux de symboles $^{12}_6\text{C}$ et $^{13}_6\text{C}$ sont-ils appelés isotopes ?

1.2. Donner la composition du noyau de symbole $^{14}_6\text{C}$.

1.3. Le « carbone 14 » se désintègre « en azote 14 ».

Écrire l'équation de désintégration du « carbone 14 » en supposant que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité. S'agit-il d'une radioactivité α , β^+ ou β^- ?

2. Propriétés des désintégrations radioactives

2.1. Donner les caractéristiques des transformations radioactives en complétant les phrases du cadre fourni en **ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE** à l'aide des mots ou expressions proposés.

2.2. On propose trois expressions mathématiques pour représenter l'évolution du nombre N de noyaux de « carbone 14 » restant dans l'échantillon à la date t , λ étant la constante radioactive relative à la désintégration étudiée ($\lambda > 0$) :

(a) $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ (b) $N = N_0 - \lambda t$ (c) $N = N_0 \cdot e^{\lambda t}$

2.2.1. Dans chacune des trois expressions ci-dessus :

- Que vaut N à $t = 0$?

- Quelle est la limite de N quand t tend vers l'infini ?

En déduire l'expression à retenir parmi les propositions (a), (b) et (c), en justifiant.

2.2.2. L'activité $A = - \frac{dN}{dt}$ à l'instant de date t est donnée par la relation $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$.

Que représente A_0 ?

2.2.3. En s'aidant du texte, donner pour un échantillon de 1,0 g de carbone pur, extrait d'un être vivant, la valeur de A_0 .

2.2.4. À quel événement correspond « l'âge zéro » cité dans le texte ?

3. Datation au « carbone 14 »

Le temps de demi-vie de l'isotope $^{14}_6\text{C}$ est $t_{1/2} = 5,73 \times 10^3$ ans.

3.1. Qu'appelle-t-on temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif ?

3.2. Montrer que $\lambda \cdot t_{1/2} = \ln 2$ à partir des réponses données aux questions 2.2.1. et 3.1.

3.3. Calculer la valeur de λ dans le cas du « carbone 14 », en gardant $t_{1/2}$ en années.

3.4. Plusieurs articles scientifiques parus en 2004 relatent les informations apportées par la découverte d'Ötzi, un homme naturellement momifié par la glace et découvert, par des randonneurs, en septembre 1991 dans les Alpes italiennes.

Pour dater le corps momifié, on a mesuré l'activité d'un échantillon de la momie. On a trouvé une activité égale à 7,16 désintégrations par minute pour une masse équivalente à 1,0 g de carbone pur.

Donner l'expression littérale de la durée écoulée entre la mort d'Ötzi et la mesure de l'activité de l'échantillon.

Calculer cette durée.

3.5. À Obock (en République de Djibouti), des chercheurs ont étudié un corail vieux de $1,2 \times 10^5$ ans (soit cent vingt mille ans).

D'après le texte, ce corail a-t-il pu être daté par la méthode utilisant le « carbone 14 » ? Justifier la réponse.

4. Choix du radioélément

4.1. Pour dater des roches très anciennes, on utilise parfois la méthode potassium-argon. Le « potassium 40 », de demi-vie $1,3 \times 10^9$ ans, se transforme en « argon 40 ».

Quel pourcentage de noyaux de « potassium 40 » reste-t-il dans une roche au bout de 4 fois le temps de demi-vie ?

4.2. Comme il est indiqué dans le texte pour le « carbone 14 », on suppose que la teneur résiduelle minimale permettant d'effectuer une datation avec le « potassium 40 » est également de 1 % de la teneur initiale.

En comparant l'âge de la Terre, qui est de $4,5 \times 10^9$ ans, à la demi-vie du « potassium 40 », préciser si la méthode de datation par le « potassium 40 » permet de mesurer l'âge de la Terre. Justifier la réponse.

EXERCICE II. CORROSION DES GOUTTIÈRES (6,5 points)

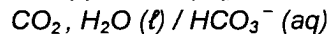
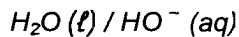
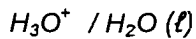
Les précipitations sont naturellement acides en raison du dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère. Par ailleurs, la combustion des matières fossiles (charbon, pétrole et gaz) produit du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote qui s'associent à l'humidité de l'air pour libérer de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique. Ces acides sont ensuite transportés loin de leur source avant d'être précipités par les pluies, le brouillard, la neige ou sous forme de dépôts secs. Très souvent, les pluies s'écoulant des toits sont recueillies par des gouttières métalliques, constituées de zinc.

Données :

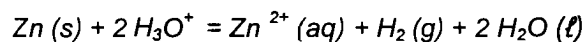
Masse molaire atomique du zinc : $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$

Loi des gaz parfaits : $PV = nRT$

Couples acide / base :



Le zinc est un métal qui réagit en milieu acide selon la réaction d'équation :



1. Suivi cinétique de la transformation

Pour étudier cette transformation, considérée comme totale, on réalise l'expérience dont le schéma simplifié est représenté sur la figure 1.

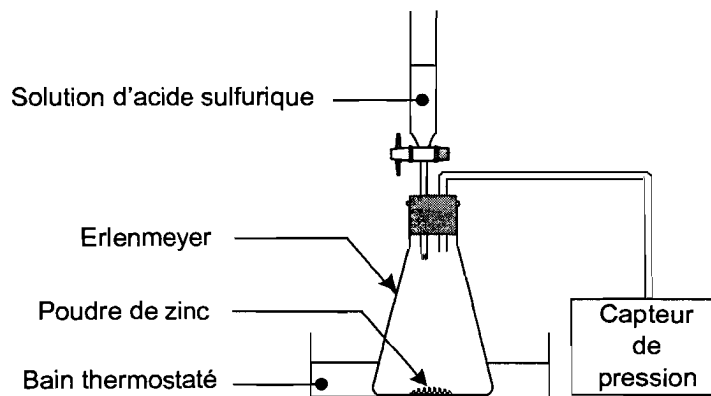


Figure 1

À l'instant de date $t = 0 \text{ s}$, on verse rapidement, sur $0,50 \text{ g}$ de poudre de zinc, $75,0 \text{ mL}$ de solution d'acide sulfurique de concentration en ions oxonium H_3O^+ égale à $0,40 \text{ mol.L}^{-1}$.

La pression mesurée à cet instant par le capteur est $P_i = 1020 \text{ hPa}$.

La formation de dihydrogène crée une surpression qui s'additionne à la pression de l'air initialement présent.

Les valeurs de la pression, mesurée à différentes dates par le capteur de pression, sont reportées dans le tableau page suivante :

t (min)	0	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0
P (hPa)	1020	1030	1060	1082	1101	1120	1138	1172	1215	1259	1296	1335

t (min)	45,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	110,0	140,0	160,0	190,0	240,0	300,0
P (hPa)	1413	1452	1513	1565	1608	1641	1697	1744	1749	1757	1757	1757

1.1. Compléter le tableau d'évolution du système en **ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE**.

1.2. En déduire la valeur de l'avancement maximal x_{\max} . Quel est le réactif limitant ?

1.3. On considère que le dihydrogène libéré par la réaction est un gaz parfait. À chaque instant la surpression $(P - P_i)$ est proportionnelle à la quantité $n(H_2)$ de dihydrogène formé et inversement proportionnelle au volume V_{gaz} de gaz contenu dans l'erenmeyer : $(P - P_i)V_{\text{gaz}} = n(H_2)RT$, où P_i représente la pression mesurée à la date $t = 0$ s, P la pression mesurée par le capteur et T la température du milieu (maintenue constante pendant l'expérience).

1.3.1. Quelle est la relation donnant l'avancement x de la réaction en fonction de $(P - P_i)$, V_{gaz} , R et T ?

1.3.2. On note P_{\max} la pression mesurée à l'état final.

Écrire la relation donnant l'avancement x_{\max} en fonction de P_{\max} , P_i , V_{gaz} , R et T .

En déduire la relation donnant l'avancement x : $x = x_{\max} \left(\frac{P - P_i}{P_{\max} - P_i} \right)$

La courbe donnant l'évolution de l'avancement x en fonction du temps est représentée sur la figure 2 en **ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE**.

1.3.3. Vérifier à l'aide de la courbe la valeur de x_{\max} trouvée au 1.2.

1.3.4. À l'aide du tableau des résultats, déterminer la valeur de l'avancement à la date $t = 50,0$ min. Vérifier cette valeur sur la courbe.

1.4. Comment peut-on déduire de la figure 2 l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours de la transformation chimique étudiée ?

Décrire qualitativement cette évolution.

On rappelle l'expression de la vitesse volumique de la réaction : $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$; V est le volume de la solution, supposé constant durant l'expérience.

2. Facteurs cinétiques

2.1. Influence de la concentration en ions oxonium

On reprend le montage précédent (figure 1) et on réalise les trois expériences suivantes :

	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3
Température	25 °C	25 °C	25 °C
Masse initiale de zinc	0,50 g	0,50 g	0,50 g
Forme du zinc	poudre	poudre	poudre
Volume de la solution d'acide sulfurique versée	75 mL	75 mL	75 mL
Concentration initiale en ions oxonium	0,50 mol.L ⁻¹	0,25 mol.L ⁻¹	0,40 mol.L ⁻¹

Pour chacune des expériences 1, 2 et 3, on a tracé sur la figure 3 ci-dessous les trois courbes (a), (b) et (c) représentant l'avancement de la réaction lors des 50 premières minutes.

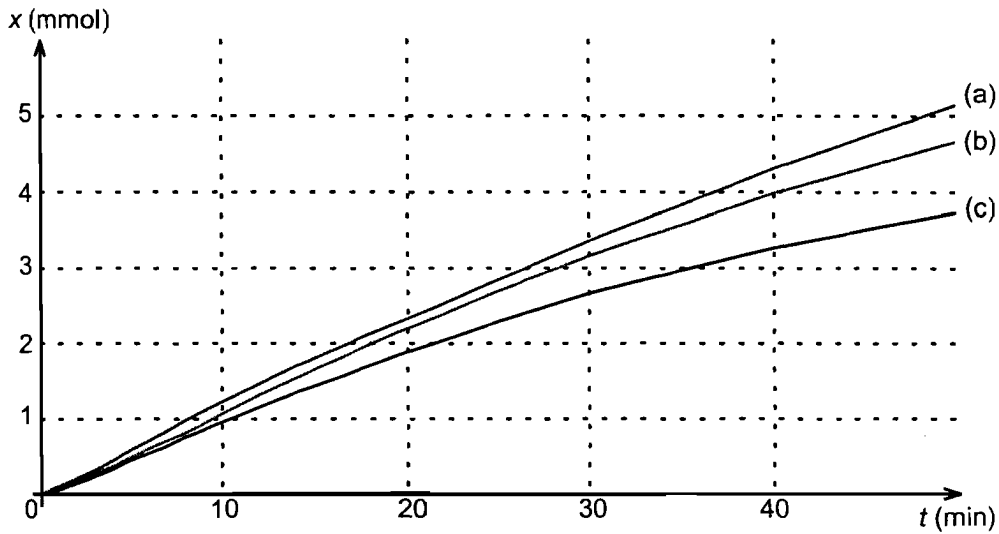


Figure 3

Associer à chacune des courbes de la figure 3 le numéro de l'expérience 1, 2 ou 3 correspondante. Justifier.

2.2. Influence de la forme du zinc (division et état de surface)

On reprend le montage de la figure 1 et on réalise trois nouvelles expériences :

- avec de la poudre de zinc ;
- avec de la grenaille de zinc récemment fabriquée ;
- avec de la grenaille de zinc de fabrication ancienne.

	Expérience 4	Expérience 5	Expérience 6
Température	25 °C	25 °C	25 °C
Masse initiale de zinc	0,50 g	0,50 g	0,50 g
Forme du zinc	poudre	grenaille	grenaille de zinc de fabrication ancienne recouverte d'une couche de carbonate de zinc
Volume de la solution d'acide sulfurique versé	75 mL	75 mL	75 mL
Concentration initiale en ions oxonium	0,50 mol.L ⁻¹	0,50 mol.L ⁻¹	0,50 mol.L ⁻¹

On trace les courbes $x = f(t)$ pour les trois expériences et on obtient la figure 4 page suivante :

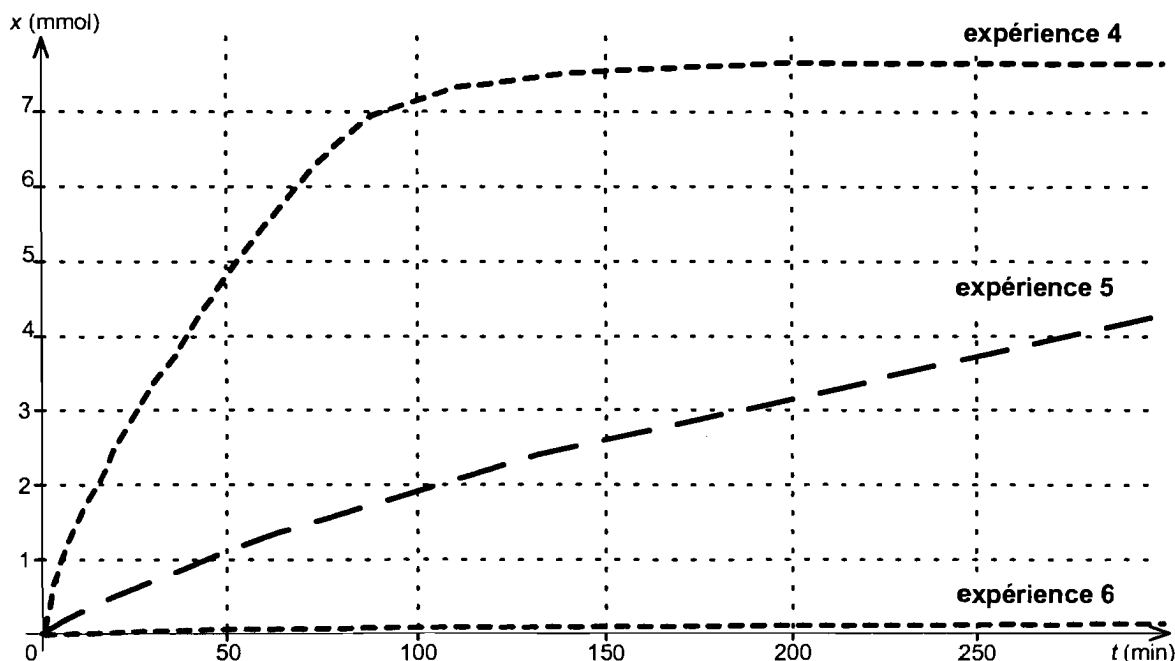


Figure 4

2.2.1. À partir des courbes obtenues lors des expériences 4 et 5, indiquer quelle est l'influence de la surface du zinc en contact avec la solution sur la vitesse de réaction.

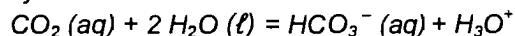
2.2.2. En milieu humide, le zinc se couvre d'une mince couche de carbonate de zinc qui lui donne un aspect patiné.

À partir des courbes obtenues, indiquer quelle est l'influence de cette couche de carbonate de zinc sur la vitesse de réaction.

3. Pluies acides et gouttières

Les précipitations naturelles et non polluées ont un pH acide. Leur acidité est due au dioxyde de carbone qui se dissout dans l'eau.

L'équation entre l'eau et le dioxyde de carbone s'écrit :



En France le pH moyen annuel des eaux de pluie est de l'ordre de 5.

3.1. À partir de la valeur du pH citée ci-dessus, déterminer la valeur moyenne de la concentration en ions oxonium H_3O^+ rencontrés dans les eaux de pluie.

3.2. Les trois facteurs cinétiques étudiés dans la question 2. permettent-ils d'expliquer la longévité des gouttières en zinc dans les habitations ?

EXERCICE III. SONS ÉMIS PAR UNE CORDE DE VIOLONCELLE (4 points)

Les instruments de musique sont de formes et de dimensions très variées ; ils sont aussi constitués de matériaux très divers. Cependant, tous fonctionnent sur le même principe : les sons qu'ils produisent sont le résultat d'une vibration qui se transmet jusqu'à l'oreille.

On peut les classer en trois familles qui sont les cordes, les vents et les percussions.

Dans le cas des instruments à cordes, il existe deux techniques de production du son : corde frottée et corde pincée.

Dans cet exercice, on étudie le son produit par une corde vibrante, puis on compare les sons produits par l'une des cordes d'un violoncelle, la corde appelée « corde de sol », selon qu'elle est frottée ou pincée en utilisant un archet.

Cette corde de longueur utile $L = 69,0$ cm est fixée à ses deux extrémités sur l'instrument.

Aucune connaissance musicale préalable n'est nécessaire pour résoudre cet exercice.

1. Le son produit par la corde frottée

Le violoncelliste frotte la corde avec son archet pour la mettre en vibration. Ainsi excitée, la corde peut vibrer selon plusieurs modes.



1.1. Comment appelle-t-on les modes de vibration de la corde de longueur L ?

1.2. Observation de la corde vibrante à la lumière du jour.

1.2.1. Décrire l'aspect de la corde vibrant dans son mode fondamental quand on l'observe à la lumière du jour et l'illustrer par un schéma sans souci d'échelle.

1.2.2. Calculer la longueur d'onde λ_1 correspondant au mode fondamental.

1.3. Le son produit par la corde est étudié à l'aide d'un microphone branché à un oscilloscope numérique. L'oscillogramme correspondant est donné à la figure 7 en **PAGE 10**.

1.3.1. Exploiter cet oscillogramme pour déterminer la fréquence f_1 du mode fondamental.

1.3.2. À quelle qualité physiologique du son est associée cette fréquence ?

1.4. Décrire la méthode qui permet de retrouver la fréquence du mode fondamental en utilisant un stroboscope.

1.5. Dédire des réponses aux questions 1.2. et 1.3. la célérité v de la vibration le long de cette corde.

1.6. On réalise une analyse spectrale du son produit par cette corde vibrant sur toute sa longueur. Le spectre de fréquences est représenté à la figure 8 en **PAGE 10**. Sur ce spectre sont repérés cinq pics notés (a), (b), (c), (d), et (e). On note f_2 et f_3 les fréquences des deux harmoniques immédiatement supérieures à la fréquence fondamentale f_1 .

1.6.1. Écrire la relation existant entre f_2 et f_1 d'une part ; entre f_3 et f_1 d'autre part.

1.6.2. Retrouver parmi ces cinq pics, celui qui correspond au mode fondamental de fréquence f_1 et préciser ceux qui correspondent à f_2 et f_3

1.7. Pour jouer la note à l'octave supérieure, le violoncelliste excite la corde avec l'archet tout en appuyant franchement en son milieu, ce qui revient à diviser la longueur L de la corde par deux.

On rappelle que la fréquence du son produit est inversement proportionnelle à la longueur de la corde. Donner, en fonction de f_1 , l'expression de la fréquence f' du fondamental du son produit lorsque le violoncelliste joue la note à l'octave supérieure.

2. Le son produit par la corde pincée.

Par une autre technique appelée « pizzicato », le violoncelliste pince maintenant la corde de sol pour la mettre en vibration.

2.1. *L'oscillogramme correspondant au son émis par la corde en appliquant la technique « pizzicato » est donné à la figure 9 en **PAGE 10**.*

Exploiter la figure 9 pour indiquer si la hauteur du son est modifiée par rapport à celle du son étudié à la question 1.

2.2. En comparant les figures 7 et 9, indiquer la caractéristique physiologique du son qui a ainsi été modifiée. Justifier la réponse.

3. Une autre technique avec la corde frottée.

Pour tirer de son instrument des sons particuliers, le violoncelliste excite avec son archet la corde qu'il effleure avec l'autre main en son milieu.

*On donne le spectre du son produit de cette manière à la figure 10 en **PAGE 10**.*

En comparant les spectres des figures 8 et 10, indiquer la conséquence de cette technique sur les caractéristiques physiologiques du son produit dans les deux situations correspondantes.

Figure 7

Base de temps : 2,5 ms.div⁻¹

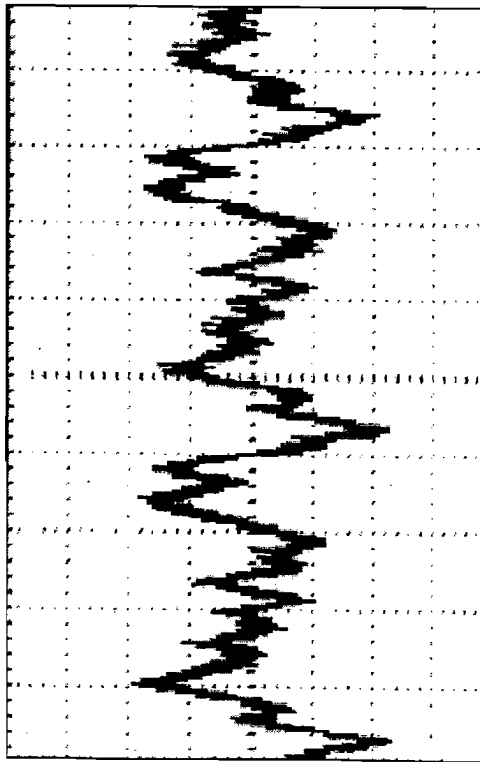


Figure 8

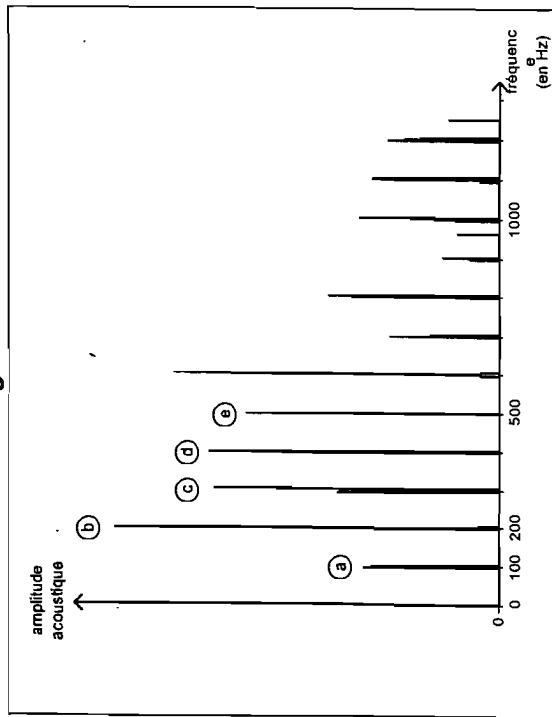


Figure 9

Base de temps : 2,5 ms.div⁻¹

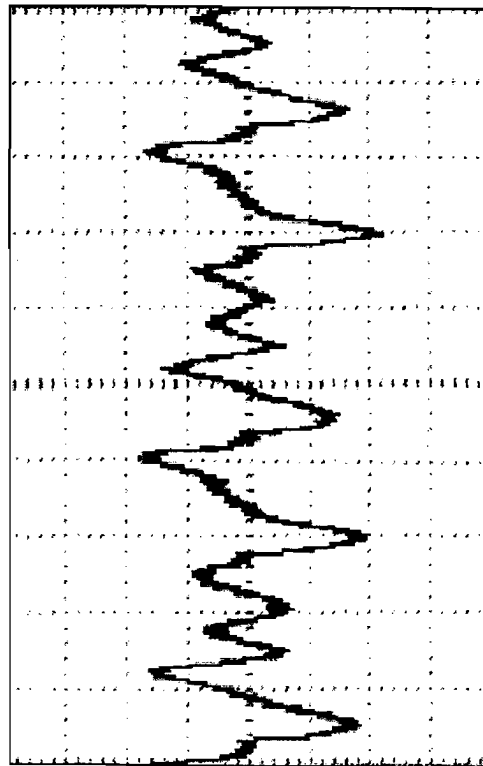
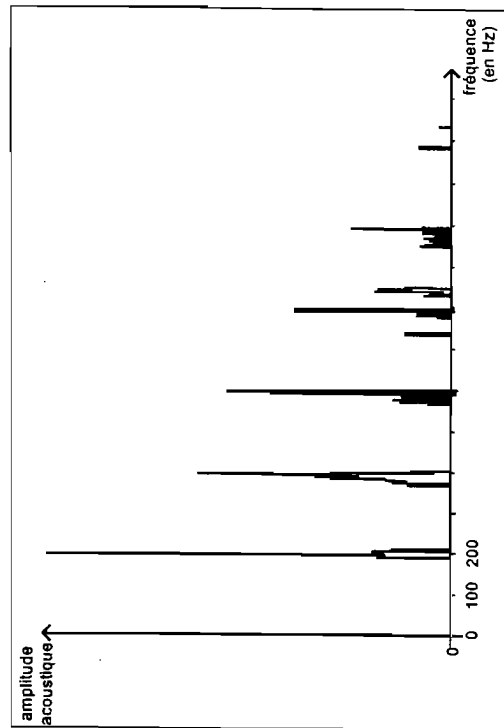


Figure 10



ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

2.1.1.	La transformation radioactive d'un noyau possède un caractère..... Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique
2.1.2.	La désintégration d'un noyau celle d'un noyau voisin Expressions proposées : • n'affecte pas • modifie • est perturbée par
2.1.3.	Un noyau « âgé » a de se désintégrer qu'un noyau « jeune ». Expressions proposées : • plus de chance • moins de chance • autant de chance
2.1.4.	L'évolution d'une population d'un grand nombre de noyaux radioactifs possède un caractère..... Mots proposés : • prévisible • aléatoire • périodique

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question 1.1. de la partie B
Tableau d'évolution du système

Equation chimique		$\text{Zn (s)} + 2 \text{H}_3\text{O}^+ = \text{Zn}^{2+} (\text{aq}) + \text{H}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$				
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)				
Etat initial	0	$n(\text{Zn})_i$	$n(\text{H}_3\text{O}^+)_i$	0	0	en excès
Etat en cours de transformation	x					en excès
Etat final	x_{max}					en excès

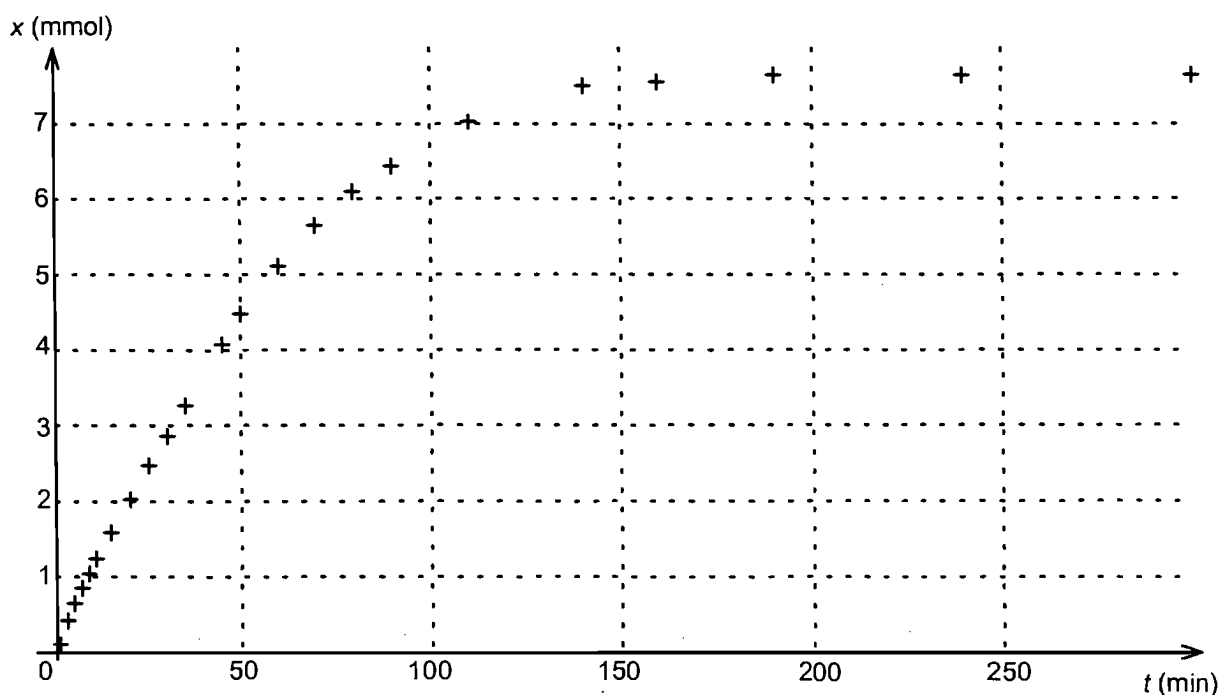


Figure 2

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. La radioactivité au service de l'archéologie (5,5 points)
- II. Corrosion des gouttières (6,5 points)
- III. Son émis par une corde du violoncelle (4 points) (spécialité)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002 et par la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et les compétences à évaluer précisées dans le texte définissant l'épreuve de physique-chimie : arrêté du 12 janvier 1995, fixant le programme de terminale S (BOEN n° 3 du 16 février 1995) et note de service n° 96-223 du 10.09.1996 (BOEN n° 33 du 19 septembre 1996).

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. LA RADIOACTIVITÉ AU SERVICE DE L'ARCHÉOLOGIE (5,5 POINTS)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Désintégration du « carbone 14 »			
1.1.	Même numéro atomique Z et un nombre différent de neutrons.	0,25	
1.2.	6 protons et 8 neutrons	0,25	
1.3.	${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$ radioactivité β^-	0,25 0,25	Les lois de conservation ne sont pas exigées
2. Propriétés des désintégrations radioactives			
2.1.1.	Un caractère aléatoire	0,25	
2.1.2.	La désintégration d'un noyau n'affecte pas	0,25	
2.1.3.	Un noyau « âgé » a autant de chances	0,25	
2.1.4.	Un caractère prévisible	0,25	
2.2.1.	N = N ₀ à t = 0 s pour les 3 expressions Quand t → ∞, (a) N → 0 (b) N → -∞ (c) N → +∞ (a) est la seule expression valable	0,25 0,25	0.25 pour les 3 limites et la conclusion justifiée
2.2.2.	A ₀ est l'activité de l'échantillon à la date t ₀ = 0 s.	0,25	
2.2.3.	$A_0 = \frac{13,6}{60} = 0,227 \text{ Bq}$	0,25	Accepter 13,6 dés./min et 0,227 uSI 0 pour un nombre sans unité
2.2.4.	L'« âge zéro » correspond à la mort de l'organisme.	0,25	
3. Datation au « carbone 14 »			
3.1.	Durée au bout de laquelle la moitié des noyaux présents dans l'échantillon s'est désintégrée.	0,25	Toute définition correcte est acceptée
3.2.	À t = t _{1/2} N = N ₀ /2 N ₀ e ^{-λt} = N ₀ /2 - λ t _{1/2} = - ln 2, d'où $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$	0,25	
3.3.	$\lambda = \ln 2 / 5,73 \times 10^3 = 1,21 \times 10^{-4} \text{ an}^{-1}$	0,25	
3.4.	$t = -\frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{A}{A_0} \right)$ t = 5,30 × 10 ³ ans	0,25 0,25	
3.5.	Au bout de 40 millénaires la teneur en carbone 14 est déjà trop faible pour être exploitable. Le corail vieux de 120 millénaires ne peut donc pas être daté avec cette méthode.	0,25	
4. Choix du radioélément			
4.1.	Il reste N = N ₀ /16 au bout de 4 t _{1/2} soit N/N ₀ = 0,625. Il reste donc 6,25 % de potassium 40.	0,25	
4.2.	L'âge de la Terre est inférieur à 4 fois le temps de demi-vie du potassium 40. (ou $\frac{4,5}{1,3} \approx 3,5$; au bout de 3,5 t _{1/2} , il reste entre 6,25 et 12,5 %) La teneur en potassium 40 restant (au moins 6,25 %) est donc suffisante pour être mesurée.	0,25 0,25	

EXERCICE II : CORROSION DES GOUTTIÈRES (6,5 points)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

questions	Réponses attendues	Barème	Commentaires																																			
1. Suivi cinétique de la transformation																																						
1.1.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">Equation chimique</td> <td colspan="5">$Zn + 2 H_3O^+ = Zn^{2+} + H_2 + 2H_2O$</td> </tr> <tr> <td>Etat du système</td> <td>Av' (mol)</td> <td colspan="5">Quantités de matière (mol)</td> </tr> <tr> <td>Etat initial</td> <td>0</td> <td>$n(Zn)_i$</td> <td>$n(H_3O^+)_i$</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>excès</td> </tr> <tr> <td>Etat en cours de transformation</td> <td>x</td> <td>$n(Zn)_i - x$</td> <td>$n(H_3O^+)_i - 2x$</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>Excès</td> </tr> <tr> <td>Etat final</td> <td>x_{max}</td> <td>$n(Zn)_i - x_{max}$</td> <td>$n(H_3O^+)_i - 2x_{max}$</td> <td>x_{max}</td> <td>x_{max}</td> <td>excès</td> </tr> </table>	Equation chimique		$Zn + 2 H_3O^+ = Zn^{2+} + H_2 + 2H_2O$					Etat du système	Av' (mol)	Quantités de matière (mol)					Etat initial	0	$n(Zn)_i$	$n(H_3O^+)_i$	0	0	excès	Etat en cours de transformation	x	$n(Zn)_i - x$	$n(H_3O^+)_i - 2x$	x	x	Excès	Etat final	x_{max}	$n(Zn)_i - x_{max}$	$n(H_3O^+)_i - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	excès	0,75	0,25 par ligne
Equation chimique		$Zn + 2 H_3O^+ = Zn^{2+} + H_2 + 2H_2O$																																				
Etat du système	Av' (mol)	Quantités de matière (mol)																																				
Etat initial	0	$n(Zn)_i$	$n(H_3O^+)_i$	0	0	excès																																
Etat en cours de transformation	x	$n(Zn)_i - x$	$n(H_3O^+)_i - 2x$	x	x	Excès																																
Etat final	x_{max}	$n(Zn)_i - x_{max}$	$n(H_3O^+)_i - 2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	excès																																
1.2.	<p>Si le zinc est le réactif limitant : $n(Zn)_i - x_{max} = 0$ soit</p> $x_{max} = n(Zn)_i = \frac{m(Zn)_i}{M(Zn)} = \frac{0,50}{65,4} = 7,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$ <p>Si les ions oxonium sont le réactif limitant : $n(H_3O^+)_i - 2x_{max} = 0$ soit</p> $x_{max} = \frac{n(H_3O^+)_i}{2} = \frac{[H_3O^+]_i \cdot V_{solution}}{2} = \frac{0,40 \times 75 \times 10^{-3}}{2} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$ <p>La plus petite valeur de l'avancement qui annule la quantité de matière du réactif limitant est $x_{max} = 7,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$, le réactif limitant est le zinc.</p>	0,25 0,25 0,25																																				
1.3.1.	<p>D'après le tableau d'évolution du système, la quantité de matière de dihydrogène libéré à la date t est : $n(H_2) = x$</p> <p>Soit : $(P - P_i) \cdot V = x \cdot R \cdot T$ en remplaçant dans l'expression donnée.</p> <p>D'où $x = \frac{(P - P_i) \cdot V_{gaz}}{R \cdot T}$ (1)</p>	0,5																																				
1.3.2.	<p>La transformation est totale, d'après la loi des gaz parfaits la surpression atteinte à l'état final est égale à</p> $(P_{max} - P_i) \cdot V_{gaz} = x_{max} \cdot R \cdot T \quad (V_{gaz} \text{ et } T \text{ restant constants}).$ <p>D'où $x_{max} = \frac{(P_{max} - P_i) \cdot V_{gaz}}{R \cdot T}$ (2)</p> $\frac{(1)}{(2)} = \frac{x}{x_{max}} = \frac{P - P_i}{P_{max} - P_i} \text{ soit } x = x_{max} \left(\frac{P - P_i}{P_{max} - P_i} \right)$	0,25 0,25																																				
1.3.3	D'après la courbe $x_{max} = 7,6 \text{ mmol}$	0,25																																				
1.3.4.	<p>A t = 50,0 min, P = 1482 hPa</p> $x = 7,6 \times 10^{-3} \times \left(\frac{1482 - 1050}{1787 - 1050} \right) = 4,5 \times 10^{-3} \text{ mol} = 4,5 \text{ mmol}$ <p>Cette valeur correspond à la valeur lue sur la courbe.</p>	0,25 0,25																																				
1.4.	<p>Au facteur 1/V près, la vitesse volumique de réaction à l'instant de date t est donnée par le coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t.</p> <p>D'après la courbe, on peut en déduire que la vitesse volumique de réaction diminue au cours du temps jusqu'à s'annuler (tangente horizontale).</p>	0,25 0,25																																				

2. Facteurs cinétiques			
2.1.	De façon générale, plus la concentration des réactifs est importante, plus la vitesse de réaction est grande. Expérience 1 : courbe a Expérience 2 : courbe c Expérience 3 : courbe b	0,25 0,5	
2.2.1.	La transformation est plus rapide dans le cas de la poudre de zinc (expérience 4) que dans le cas de la grenaille de zinc (expérience 5). Donc plus la surface de zinc en contact avec la solution est grande (poudre), plus la vitesse de réaction est grande.	0,5	
2.2.2.	La vitesse de réaction est plus grande pour la grenaille de zinc (expérience 5) que pour la grenaille de zinc recouverte d'hydrocarbonate de zinc (expérience 6). La couche d'hydrocarbonate de zinc ralentit l'action des acides.	0,5	
3.1.	$\text{pH} \approx 5$ et $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$ soit $[\text{H}_3\text{O}^+] \approx 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25	
3.2.	L'oxydation du zinc par les pluies acides est extrêmement lente compte tenu des différents facteurs cinétiques intervenant dans la transformation : concentration en ions oxonium relativement faible, surface de zinc en contact avec les pluies peu importante et protection du zinc par une couche de carbonate de zinc.	0,75	0,25 par facteur

EXERCICE III. SONS EMIS PAR UNE CORDE DE VIOLONCELLE (4 POINTS)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1. Le son produit par la corde frottée			
1.1.	Modes propres (ou modes fondamental et harmoniques)	0,25	<i>(le mode fondamental est l'harmonique de rang 1)</i>
1.2.1.	A la lumière du jour, on observe un fuseau. Schéma faisant figurer le fuseau	0,25	
1.2.2.	$\lambda_1 / 2 = L$ soit $\lambda_1 = 2L$; $\lambda_1 = 2 \times 69,0 \times 10^{-2} = 1,38 \text{ m}$	0,25 0,25	
1.3.1.	La fréquence f_1 vérifie $f_1 = 1 / T_1$; soit $f_1 = 1 / (4,0 \times 2,5 \times 10^{-3}) = 1,0 \times 10^2 \text{ Hz}$	0,25	<i>Méthode et valeur Accepter 100 Hz</i>
1.3.2.	La hauteur du son correspond à la fréquence du mode fondamental	0,25	<i>Accepter de l'harmonique de rang 1</i>
1.4.	On stroboscope la corde en vibration ; la fréquence d'éclairs la plus grande pour laquelle on observe l'immobilité apparente de la corde correspond à la fréquence f_1 de vibration.	0, 25	
1.5.	2.5. $v = f_1 \cdot \lambda_1$; $v = 1,0 \times 10^2 \times 1,4 = 1,4 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$	0,25 0,25	<i>On accepte toute valeur comprise entre 135 et 140 m.s⁻¹</i>
1.6.1.	$f_2 = 2 f_1$ et $f_3 = 3 f_1$	0,25	
1.6.2.	Le pic a) correspond au mode fondamental ; les pics b) et c) correspondent respectivement aux fréquences f_2 et f_3 .	0,25	
1.7.	D'après la proportionnalité affirmée, on peut écrire $f = k \times 1/L$ avec k une constante. Soit pour le mode fondamental et la nouvelle fréquence : $k = f_1 L_1 = f' L'$ et $L' = L_1 / 2$ en conséquence $f' = 2f_1$	0,25 0,25	
2. Le son produit par une corde pincée			
2.1.	La période du son (figure 9) est la même que celle du son (figure 7) ; les deux fréquences sont identiques. La hauteur du son n'a pas été modifiée.	0,25	<i>Avec justification</i>
2.2.	Les deux signaux électriques n'ayant pas des formes identiques, les sons correspondants ont des timbres différents	0,25	<i>Avec justification</i>
3. Une autre technique avec la corde frottée			
	Seuls les pics associés aux harmoniques paires sont présents sur le spectre ; cette méthode permet donc d'éliminer le mode fondamental et les harmoniques impairs d'ordres supérieurs à 1. On change à la fois la hauteur du son et son timbre.	0,25	<i>Avec justification Accepter mais ne pas exiger : « son à l'octave supérieur »</i>

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les feuilles annexes (page 11 et 12) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Comme un poisson dans l'eau (6,5 points)
- II. La vie d'une bulle (5,5 points)
- III. Nucléosynthèse des éléments chimiques (4 points)

EXERCICE I. COMME UN POISSON DANS L'EAU (6,5 points)

L'aquariophilie est une passion qui touche de plus en plus d'amateurs mais aussi de néophytes. De nombreux facteurs peuvent contribuer à un déséquilibre dangereux pour la vie et la santé des poissons. Il est donc nécessaire de contrôler régulièrement la qualité de l'eau.

Le pH de l'eau est la première grandeur qu'il faut mesurer, au moins une fois par semaine, et ajuster éventuellement. En effet, certains poissons ne peuvent évoluer que dans un milieu acide (c'est le cas des poissons d'Amazonie comme les Néons ou les Tétras), d'autres dans un milieu basique (c'est le cas des poissons d'Amérique Centrale comme les Platy et les Molly). Aucun de ces poissons ne tolère une trop forte teneur en ions ammonium (NH_4^+) ou en ions nitrite (NO_2^-) : le cycle de l'azote doit donc être surveillé en évitant soigneusement la surpopulation de l'aquarium et l'excès de nourriture.

D'après « Poissons et aquariums » - Édition Larousse

L'exercice suivant est destiné à préciser certains points de ce texte. On étudie d'abord un produit commercial utilisé pour diminuer le pH de l'eau de l'aquarium ; on s'intéresse ensuite à la formation des ions ammonium.

Les parties 1. et 2. sont indépendantes.

- Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.
- Le logarithme décimal est noté \lg .

1. Étude d'une solution commerciale destinée à diminuer le pH de l'aquarium

Sur l'étiquette du produit on peut lire que la solution commerciale S_0 est constituée d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^- (\text{aq})$) mais aucune concentration n'est indiquée. La transformation conduisant à l'acide chlorhydrique étant totale, la concentration c_0 de la solution commerciale est égale à la concentration en ions H_3O^+ . On cherche à déterminer cette concentration en faisant un titrage pH-métrique. Pour cela on dilue 50 fois la solution commerciale et on procède au titrage d'un volume $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de la solution diluée S_A à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium S_B ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$. On obtient la courbe de la **figure 1**. On a également fait apparaître la courbe représentant la dérivée du pH en fonction du volume de soude versé.

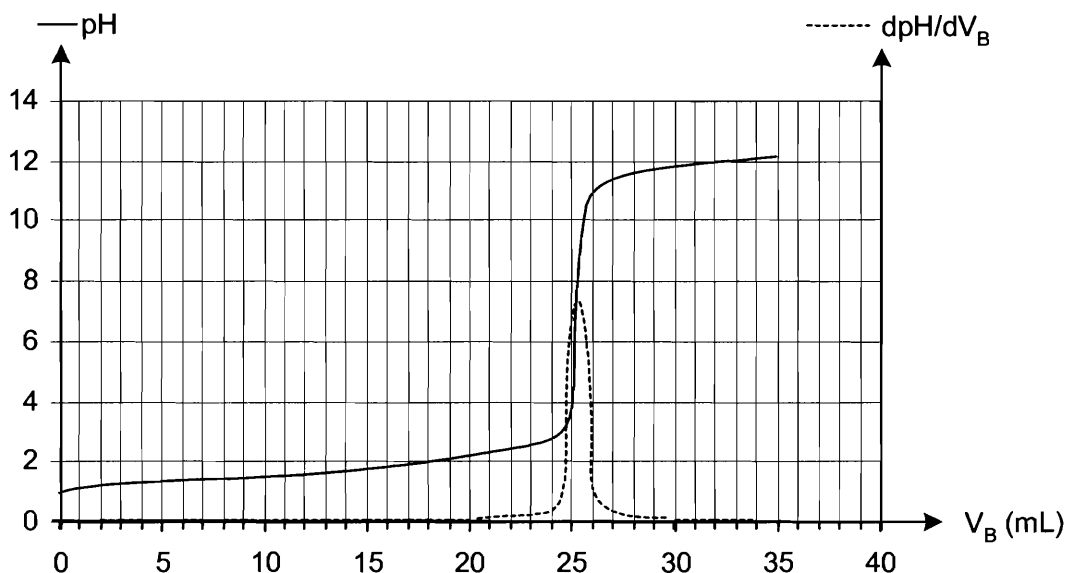


Figure 1 : Titrage de la solution commerciale diluée par la soude

Aide au calcul :

$$\begin{array}{ll} \lg 8 \approx 0,9 & \lg 5 \approx 0,7 \\ 10^{6,4} \approx 2,5 \times 10^6 & 10^{-6,4} \approx 4,0 \times 10^{-7} \end{array}$$

1.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

1.2. Équivalence

1.2.1. Définir l'équivalence.

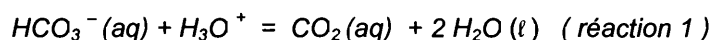
1.2.2. En déduire la valeur de la concentration des ions oxonium dans la solution diluée S_A .

1.2.3. Montrer que dans la solution commerciale, la concentration des ions oxonium $[H_3O^+]$ est voisine de $2,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Cette valeur sera utilisée pour la suite de l'exercice.

1.3. On désire diminuer le pH de l'eau de l'aquarium et l'amener à une valeur proche de 6 alors qu'il était initialement égal à 7. Sur le mode d'emploi du fabricant on peut lire qu'il faut verser, en une fois, 20 mL de la solution commerciale dans 100 L d'eau. Pour simplifier le calcul, on considérera que le volume final reste égal à 100 L.

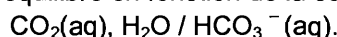
Quelle serait la valeur du pH final de l'eau de l'aquarium s'il n'y avait qu'une simple dilution des ions H_3O^+ ?

1.4. L'eau étant toujours plus ou moins calcaire, elle contient des ions hydrogénocarbonate ($HCO_3^-(aq)$) dont il faut tenir compte. Les ions H_3O^+ introduits vont, en effet, réagir avec ces ions. L'équation associée à la réaction considérée est la suivante :



1.4.1. Donner l'expression de la constante d'équilibre K_1 associée à l'équation de la réaction 1 en fonction des concentrations des différentes espèces chimiques présentes.

1.4.2. Exprimer cette constante d'équilibre en fonction de la constante d'acidité K_A du couple :



Déterminer sa valeur numérique.

Donnée : $K_A = 10^{-6,4}$

1.5. L'eau utilisée pour l'aquarium est très calcaire. Dans cette eau, les concentrations molaires initiales des espèces mises en jeu dans la réaction 1 sont telles que le quotient de réaction initial de cette réaction vaut : $Q_{r,i} = 5,0$.

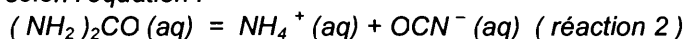
1.5.1. En utilisant le critère d'évolution spontanée, montrer que des ions H_3O^+ sont consommés si l'eau est calcaire.

1.5.2. Le pH final sera-t-il supérieur, égal ou inférieur au pH calculé à la question 1.3. ?

1.5.3. Dans la notice du fabricant on trouve la phrase suivante : « Assurez-vous par des tests réguliers que votre eau est suffisamment calcaire car sinon il pourrait y avoir des risques de chutes acides ». Expliquer.

2. Étude de la formation des ions ammonium.

L'urée, de formule $(NH_2)_2CO$, est un polluant de l'aquarium. Elle est contenue dans les déjections de certains poissons et conduit, au cours d'une réaction lente, à la formation d'ion ammonium NH_4^+ et d'ions cyanate OCN^- selon l'équation :



L'étude de la cinétique de cette réaction 2 peut être réalisée par conductimétrie. Pour cela on prépare un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ d'une solution d'urée de concentration molaire en soluté apporté égale à $c = 0,020 \text{ mol.L}^{-1}$ et on suit sa décomposition en la maintenant dans un bain marie à 45°C . À différentes dates, on mesure la conductivité de la solution.

La conductivité σ de cette solution peut s'exprimer en fonction des concentrations des espèces ioniques en solution et des conductivités molaires ioniques (les ions H_3O^+ et $OH^-(aq)$ sont en très faible quantité et pourront ne pas être pris en compte). On a donc la relation suivante :

$$\sigma = \lambda_{NH_4^+} [NH_4^+] + \lambda_{OCN^-} [OCN^-]$$

2.1. Montrer que la concentration de la solution en ions $NH_4^+(aq)$ peut être déterminée à partir de la mesure de la conductivité de la solution, les conductivités molaires ioniques étant connues.

2.2. Évolution du système chimique

2.2.1. Compléter littéralement le tableau descriptif de l'évolution du système, figurant **EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**.

2.2.2. En déduire la relation, à chaque instant, entre la concentration en ions $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ en solution et l'avancement de la réaction.

2.2.3. Calculer l'avancement maximal x_{max} .

2.3. On peut ainsi représenter l'évolution de l'avancement de la réaction en fonction du temps (voir **figure 2 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**).

En déduire le taux d'avancement de la réaction à l'instant de date $t = 110$ min.

2.4. La vitesse volumique de réaction est donnée par la relation : $v(t) = \frac{1}{V} \left(\frac{dx}{dt} \right)$ où x est l'avancement de la réaction à l'instant de date t et V le volume de la solution.

Décrire, en utilisant la courbe précédente, l'évolution de cette vitesse.

2.5. En poursuivant l'expérience pendant une durée suffisante, on obtient une concentration finale : $[\text{NH}_4^+]_f = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$.

Déterminer le taux d'avancement final de cette transformation. Cette transformation est-elle totale ?

2.6. Définir puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction.

2.7. Dans l'aquarium, la valeur de la température est seulement de 27°C . Tracer sur la **figure 2 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, l'allure de la courbe précédente à cette température.

2.8. Les ions ammonium finissent par se transformer en ions nitrate dont l'accumulation risque de compromettre la vie des poissons. Ces derniers ions constituent un aliment essentiel pour les plantes vertes de l'aquarium. Expliquer pourquoi dans tous les livres d'aquariophilie, on dit que l'aquarium doit être « bien planté ».

EXERCICE II. LA VIE D'UNE BULLE (5,5 points)

On se propose dans cet exercice de faire une plongée au cœur de l'effervescence d'une boisson gazeuse, d'illustrer et d'interpréter sous l'angle de la physico-chimie les différentes étapes de la vie éphémère d'une bulle, à savoir : sa naissance, son ascension dans le liquide, et son éclatement en surface.

Dans tout l'exercice les bulles seront assimilées à des sphères, et la boisson à un liquide de masse volumique égale à celle de l'eau. Le référentiel d'étude est terrestre considéré comme galiléen.

Données :

Masses volumiques : eau $\rho_e = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; dioxyde de carbone $\rho_{dc} = 1,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1. Naissance et décolllement d'une bulle

Dans une bouteille fermée de boisson gazeuse, un équilibre s'établit entre le dioxyde de carbone qui est dissous dans la boisson et le dioxyde de carbone gazeux piégé dans le col de la bouteille. Lors de l'ouverture de celle-ci, l'équilibre est rompu et la boisson **se débarrasse d'une partie du dioxyde de carbone dissous qui retourne progressivement en phase gazeuse. Il y a formation de bulles qui vont s'enrichir continûment en gaz au cours de leur remontée.**

Dans un verre, les bulles naissent sur des sites de nucléation qui sont des embryons de bulle présents en solution ou de petites poches d'air piégées par des impuretés microscopiques (fibres de cellulose, microcristaux...). La **figure 1** illustre cette formation de bulles sur un site de nucléation.

Dès que la valeur de la poussée d'Archimède \vec{F}_A à laquelle la bulle est soumise dépasse la valeur de la force capillaire qui l'ancre à son site de nucléation, la bulle se détache. Puis une autre bulle naît et subit le même sort.

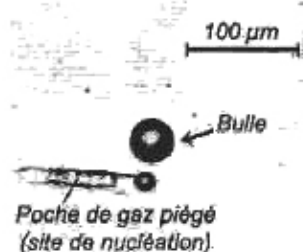


Figure 1

Pour une bulle qui vient de se détacher du site de nucléation dans un liquide de masse volumique ρ_e :

1.1. Donner la direction et le sens de la poussée d'Archimède \vec{F}_A qui s'exerce sur une bulle de volume V_0 dans la boisson.

1.2. Donner l'expression littérale de sa valeur en fonction du volume V_0 de la bulle.

2. Ascension d'une bulle : à la recherche d'une modélisation satisfaisante

À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$, une bulle de rayon $r_0 = 20 \mu\text{m}$, située au point A à la profondeur $z_0 = 0 \text{ m}$ dans le repère $(O ; \vec{k})$ (**figure 2**), se détache de son site de nucléation avec une vitesse initiale v_0 nulle dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Elle remonte **verticalement** vers la surface S du liquide, qu'elle atteint avec une vitesse v_s d'environ $15 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dans un premier temps (pour les questions 2.1. et 2.2.), on assimile la bulle de gaz à une sphère dont le volume ne varie pas lors de sa remontée.

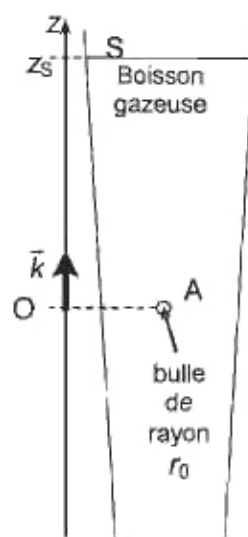


Figure 2

2.1. Étude du mouvement d'une bulle en l'absence de force de frottement

2.1.1. Montrer que le poids \vec{P}_0 de la bulle a une valeur négligeable devant celle de la poussée d'Archimède \vec{F}_A en calculant le rapport $\frac{P_0}{F_A}$.

2.1.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, établir l'expression de la coordonnée a_z du vecteur accélération de la bulle en fonction des masses volumiques ρ_0 et ρ_{bc} et de g .

2.1.3. En déduire l'expression de la valeur de la vitesse de la bulle en fonction du temps.

2.1.4. Montrer que la durée t_s théoriquement nécessaire pour que la bulle atteigne la surface avec la vitesse v_s est alors d'environ trente microsecondes.

2.1.5. Cette valeur correspond-elle aux observations de la vie quotidienne ? Conclure quant à la validité du modèle proposé.

2.2. Étude du mouvement de la bulle en présence d'une force de frottement

Le liquide exerce sur la bulle une force de frottement, proportionnelle à sa vitesse, qui peut s'écrire vectoriellement $\vec{f} = -k\vec{v}$, k est un coefficient qui dépend du rayon de la bulle et de la viscosité du fluide dans lequel elle se déplace.

2.2.1. Représenter schématiquement, sans souci d'échelle, les forces non négligeables qui s'exercent sur la bulle en mouvement après son décollement du site de nucléation.

2.2.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la vitesse de la bulle s'écrit alors :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{kv}{\rho_m V_b} = \frac{\rho_a}{\rho_m} g$$

2.2.3. En déduire l'expression littérale de la vitesse limite v_{lim} atteinte par la bulle.

2.2.4. L'application numérique donne v_{lim} voisin de 1 mm.s^{-1} . Compte tenu de cette valeur, conclure quant à la validité du modèle proposé.

2.3. Un autre paramètre à prendre en compte

Les modélisations précédentes ne décrivent pas de manière satisfaisante le mouvement de la bulle dans la boisson gazeuse. En particulier, les expériences réalisées dans du champagne montrent que la variation du volume de la bulle ne peut pas être négligée (figure 3). On se propose d'en trouver l'origine.

On suppose que la quantité de matière n_0 de gaz présent dans la bulle et la température restent constantes. Dans ce cas, lors d'une remontée de 12 cm du point A à la surface S, la diminution de pression du gaz ne ferait augmenter son volume initial que de 2 %.

Dans la réalité, l'augmentation du volume est un million de fois supérieure ! Un des deux paramètres supposés constants dans le texte précédent ne l'est donc pas.

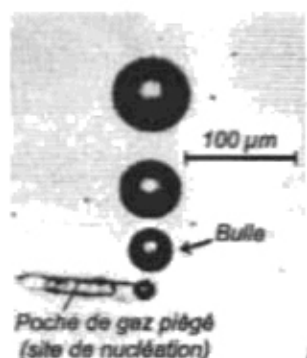


Figure 3

2.3.1. En s'aidant d'une phrase du texte introductif à la partie 1 de cet exercice, expliquer pourquoi le volume de la bulle augmente si fortement lors de sa remontée.

2.3.2. Durant l'ascension le poids de la bulle est toujours négligeable devant la poussée d'Archimède.

Sachant que le coefficient k défini à la question 2.2. augmente avec le rayon de la bulle, préciser qualitativement l'influence de la variation du volume de la bulle sur chacune des forces qui s'exercent sur elle au cours de la remontée.

Des laboratoires spécialisés ont élaboré des modèles plus satisfaisants tenant compte de paramètres négligés précédemment.

3. L'éclatement des bulles en surface

La bulle a maintenant gagné la surface et le film liquide qui constitue la partie émergée de la bulle s'amincit (figure 4.a) jusqu'à se rompre lorsque son épaisseur avoisine le micromètre. Le trou qui apparaît s'ouvre (figure 4.b) et la durée de disparition de la calotte sphérique n'est que de quelques dizaines de microsecondes ! Le cratère qui reste à la surface du liquide ne va pas durer (figure 4.c). De violents courants apparaissent et, en se refermant, cette cavité projette vers le haut un mince jet de liquide (figure 4.d). Le jet se brise ensuite en fines gouttelettes (figure 4.e) qui en retombant dans le liquide engendrent des ondes circulaires centrées sur la « bulle-mère » (figure 4.f). Ces observations nécessitent l'utilisation d'une caméra ultra-rapide capable de filmer jusqu'à 2 000 images par seconde avec une résolution proche du micromètre (figure 5).

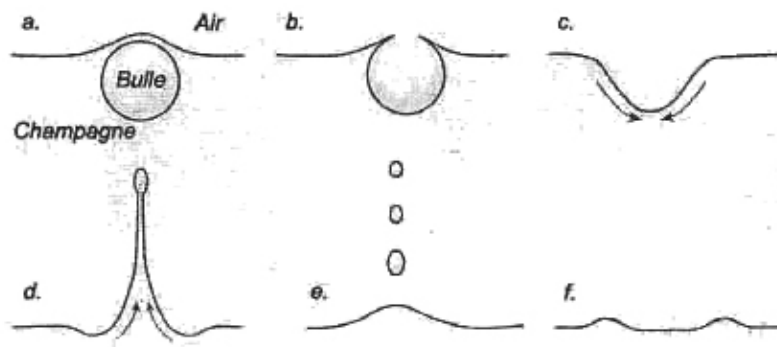


Figure 4

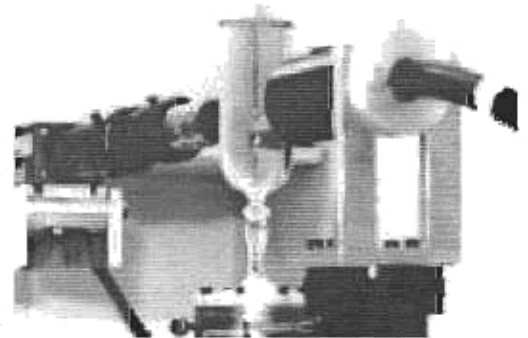


Figure 5

3.1. Malgré l'utilisation de la caméra ultra-rapide, pourquoi ne peut-on pas obtenir d'images du film liquide en train de se rompre ?

3.2. L'onde circulaire créée est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

Bien qu'éphémère, la vie d'une bulle n'en est pas moins riche en événements !

EXERCICE III. NUCLÉOSYNTÈSE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES (4 points)

Le but de cet exercice est d'étudier les réactions nucléaires qui se produisent dans l'univers, notamment dans les étoiles, et qui engendrent la synthèse des éléments chimiques.

Données :
masse d'un noyau d'hydrogène ou d'un proton : $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg
masse d'un positron (ou positon) : m_e
célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹
constante radioactive du « béryllium 8 », $\lambda \approx 1 \times 10^{16}$ s⁻¹
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J
constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s

Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

1. Les premiers éléments présents dans l'univers

Selon le modèle du big-bang, quelques secondes après l'explosion originelle, les seuls éléments chimiques présents étaient l'hydrogène (90%), l'hélium et le lithium, ce dernier en quantité très faible. Les physiciens ont cherché à comprendre d'où provenaient les autres éléments existant dans l'univers.

1.1. Déterminer la composition des noyaux des atomes d'hélium ${}^4_2\text{He}$ et ${}^3_2\text{He}$ ainsi que celle de l'ion hélium ${}^4_2\text{He}^{2+}$.

1.2. La synthèse des éléments chimiques plus lourds se fait par des réactions nucléaires. Pourquoi cette synthèse ne peut-elle pas se faire par des réactions chimiques ?

2. Fusion de l'hydrogène

Sous l'action de la force gravitationnelle les premiers éléments (hydrogène, hélium...) se rassemblent, formant des nuages gazeux en certains endroits de l'univers. Puis le nuage s'effondre sur lui-même et la température centrale atteint environ 10^7 K. À cette température démarre la première réaction de fusion de l'hydrogène dont le bilan peut s'écrire : $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_1\text{e}$. Une étoile est née.

2.1. En notant m_{He} la masse d'un noyau d'« hélium 4 », écrire l'expression littérale de l'énergie $|\Delta E|$ libérée lors de cette réaction de fusion des 4 noyaux d'hydrogène.
L'application numérique donne une valeur voisine de $|\Delta E| \approx 4 \times 10^{-12}$ J.

2.2. Cas du Soleil

2.2.1. À sa naissance on peut estimer que le Soleil avait une masse d'environ $M_S = 2 \times 10^{30}$ kg. Seul un dixième de cette masse est constituée d'hydrogène suffisamment chaud pour être le siège des réactions de fusion. On considère que l'essentiel de l'énergie produite vient de la réaction de fusion précédente.

Montrer que l'énergie totale E_T pouvant être produite par ces réactions de fusion est voisine de $E_T \approx 10^{44}$ J.

2.2.2. Des physiciens ont mesuré la quantité d'énergie reçue par la Terre et en ont déduit l'énergie E_S libérée par le Soleil en une année : $E_S \approx 10^{34}$ J.an⁻¹

En déduire la durée Δt nécessaire pour que le Soleil consomme toutes ses réserves d'hydrogène.

3. Un produit de la fusion de l'hélium

D'autres réactions de nucléosynthèse peuvent se produire au cœur d'une étoile. Selon les modèles élaborés par les physiciens, l'accumulation par gravitation des noyaux d'hélium formés entraîne une contraction du cœur de l'étoile et une élévation de sa température. Lorsqu'elle atteint environ 10^8 K, la fusion de l'hélium commence : ${}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^8_4\text{Be}$. Il se forme ainsi des noyaux de « béryllium 8 » radioactifs de très courte durée de vie.

On s'intéresse à la radioactivité du « béryllium 8 ». Soit $N(t)$ le nombre de noyaux de « béryllium 8 » présents dans l'échantillon à l'instant de date t , et N_0 celui à l'instant de date $t_0 = 0$ s.

3.1. En utilisant la loi de décroissance radioactive, démontrer la relation entre la demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

3.2. Calculer le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du « béryllium 8 ».

Aide au calcul : $\ln 2 \approx 0,7$

3.3. En déduire le rapport $\frac{N(t_1)}{N_0}$ à l'instant de date $t_1 = 1,4 \times 10^{-16}$ s.

4. Vers des éléments plus lourds

Dans les étoiles de masse au moins 4 fois supérieure à celle du Soleil, d'autres éléments plus lourds peuvent ensuite être formés par fusion, par exemple le carbone ${}^{12}\text{C}$, l'oxygène ${}^{16}\text{O}$, le magnésium ${}^{24}\text{Mg}$, le soufre ${}^{32}\text{S}$ (...) et le fer ${}^{56}\text{Fe}$.

4.1. Donner l'expression littérale de l'énergie de liaison par nucléon $\frac{E_\ell}{A}$ d'un noyau de fer ${}^{56}_{26}\text{Fe}$, en fonction des masses du neutron m_n , du proton m_p , du noyau de « fer 56 » m_{Fe} et de la célérité de la lumière dans le vide c .

4.2. Indiquer sur la courbe d'Aston représentée, **EN ANNEXE PAGE 12 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, le point correspondant à la position du noyau de « fer 56 ».

4.3. En s'aidant de la courbe précédente, dire où se situent les noyaux capables de libérer de l'énergie lors d'une réaction de fusion.

5. L'élément fer

Dans certaines étoiles, à la fin de la période des fusions, une explosion se produit libérant de l'énergie. Des noyaux de fer ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ sont dissociés et d'autres sont recréés par désintégration radioactive des noyaux de cobalt ${}^{56}_{27}\text{Co}$. Les noyaux de fer, formés dans un état excité, émettent alors des rayonnements d'énergie bien déterminée, tels que le satellite SMM a pu en détecter en 1987 en observant une supernova dans le nuage de Magellan.

5.1. Lors de la désintégration radioactive du noyau de cobalt ${}^{56}_{27}\text{Co}$ il se forme, en plus du fer ${}^{56}_{26}\text{Fe}$, une autre particule.

Écrire l'équation de cette désintégration et nommer la particule formée.

5.2. L'un des rayonnements détectés a une énergie de 1238 keV.

5.2.1. Quelle est l'origine de ce rayonnement émis par le fer ?

5.2.2. Ce rayonnement a une énergie bien déterminée.

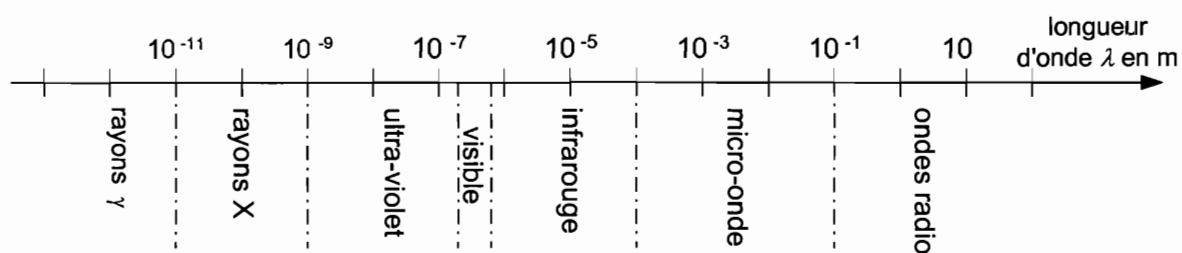
Que peut-on en déduire concernant les niveaux d'énergie du noyau de fer ?

5.2.3. Ce rayonnement est-il un rayonnement X ou γ ? Justifier.

On pourra s'aider de la gamme de longueurs d'onde donnée sur la **figure1**.

Aide au calcul :		
$\frac{6,63}{3,00 \times 1,238} \approx 1,8$	$\frac{1,238}{6,63 \times 3,00} \approx 2,7$	$\frac{3,00 \times 6,63}{1,238} \approx 16$

Figure 1 : Gamme de longueurs d'onde



Remarque : L'énergie libérée lors de l'explosion de l'étoile permet de former les éléments de nombre de masse supérieur à 56.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

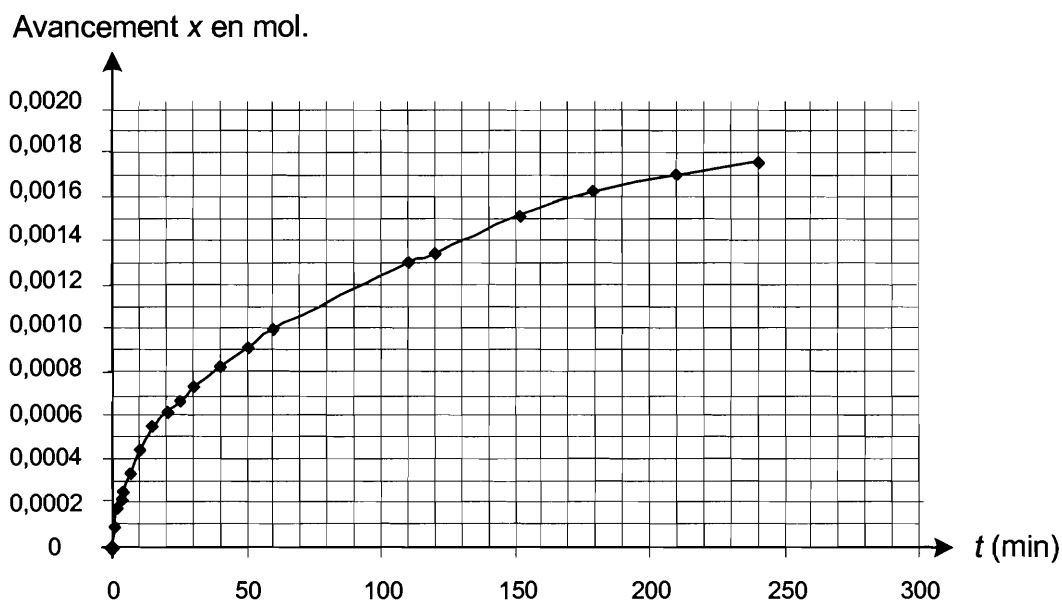
ANNEXE DE L'EXERCICE I

2. Étude de la formation des ions ammonium.

Tableau d'évolution du système chimique

État	Avancement (mol)	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}(\text{aq}) = \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OCN}^-(\text{aq})$		
		Quantités de matière (mol)		
		$(\text{NH}_2)_2\text{CO}(\text{aq})$	$\text{NH}_4^+(\text{aq})$	$\text{OCN}^-(\text{aq})$
État initial	$x = 0$			
État en cours d'évolution	x			
État final en supposant la transformation totale	x_{max}			

Figure 2 : Cinétique de la décomposition de l'urée.

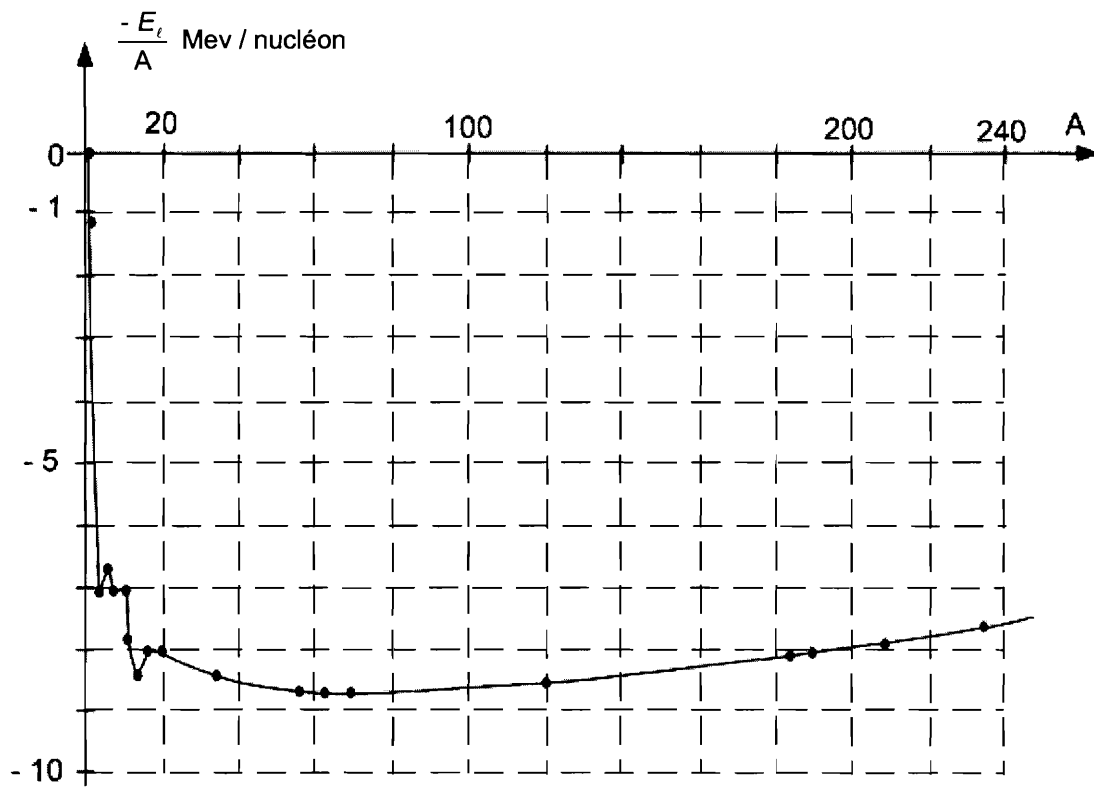


ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

4. Vers des éléments plus lourds

Courbe d'Aston



EXERCICE I. COMME UN POISSON DANS L'EAU (6,5 points)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaire
1. Etude d'une solution commerciale			
1.1.	$H_3O^+ + OH^-(aq) = 2 H_2O (l)$	0,25	(aq) et (l) non exigés
1.2.1.	Il y a équivalence lorsqu'il y a changement de réactif limitant.	0,25	On peut aussi écrire les réactifs sont introduits dans les proportions de l'équation
1.2.2.	$C_A V_A = C_B V_{BE}$ Sur la courbe on lit $V_{BE} = 25,5 \text{ mL}$.	0,25	
	Donc $C_A = C_B V_{BE} / V_A = 5,1 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$	0,25	
1.2.3.	La concentration de la solution-mère est donc $2,55 \text{ mol. L}^{-1}$	0,25	Accepter 2,5 et 2,6
1.3.	$n(H_3O^+) \text{ apportée} = C_A V_A = 20 \times 10^{-3} \times 2,5 = 5 \times 10^{-2} \text{ mol}$ donc $[H_3O^+] = 5 \times 10^{-2} / 100 = 5 \times 10^{-4} \text{ mol. L}^{-1}$ $pH = -\lg [H_3O^+] = -\lg 5 + 4 = 3,3$	0,25 0,25	
1.4.1.	$K_1 = Q_r, \text{ éq} = [CO_2]_{\text{aq}} / ([HCO_3^-]_{\text{aq}} \times [H_3O^+]_{\text{aq}})$	0,25	
1.4.2.	$K_1 = 1 / K_2 = 10^{6,4} = 2,5 \times 10^6$	0,25	
1.5.1.	$K_1 = 10^{6,4} = 2,5 \times 10^6$ donc $Q_r, i < K_1$ Il y a donc évolution dans le sens direct. Les ions H_3O^+ sont donc, en grande partie, consommés.	0,25	
1.5.2.	Le pH est plus élevé que 3,3.	0,25	
1.5.3.	Si l'eau est peu calcaire, il y a peu d'ions hydrogénocarbonate. L'acide introduit réagira peu et par conséquent le pH diminuera trop.	0,25	
2. Etude de la formation des ions ammonium			
2.1.	$[NH_4^+(aq)] = [OCN^-(aq)]$ donc $[NH_4^+(aq)] = x / [\lambda (NH_4^+) + \lambda (OCN^-)]$	0,25	
2.2.1.	$(NH_2)_2CO(aq) = NH_4^+(aq) + OCN^-(aq)$ Etat initial cV 0 0 Etat en cours cV-x x x Etat final ... cV-x _{max} x _{max} x _{max}	0,25 0,25	
2.2.2.	$[NH_4^+(aq)] = x / V$	0,25	
2.2.3.	Avancement maximal : $x_{\text{max}} = cV = 0,020 \times 0,100 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$	0,25	
2.3.	A t = 110 min $x = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $\tau = x / x_{\text{max}} = 1,3 \times 10^{-3} / 2,0 \times 10^{-3} = 0,65$	0,25 0,25	
2.4.	La vitesse est donnée au facteur 1/V près par le coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$. Le coefficient directeur diminue donc la vitesse de la réaction diminue.	0,25	
2.5.	$\tau_1 = x_1 / x_{\text{max}} = [NH_4^+(aq)]_t V / x_{\text{max}}$ $\tau_1 = 1,0$ Le transformation est totale.	0,25	
2.6.	Le temps de demi-réaction est le temps au bout duquel l'avancement est égal à la moitié de l'avancement final. A cette date $x = x_1 / 2 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ $t_{1/2}$ est voisin de 1 heure (lecture sur la courbe).	0,25 0,25 0,25	Définition Valeur x à t _{1/2}
2.7.	A une température plus basse, la courbe finira par atteindre la même limite mais plus lentement.	0,25	
2.8.	Les plantes sont indispensables pour faire disparaître les ions nitrate.	0,25	

EXERCICE II. LA VIE D'UNE BULLE (5,5 points)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Questions	Réponse attendue	Barème	Commentaire
1. Naissance et décolllement d'une bulle			
1.1.	Direction : verticale, sens : vers le haut	0,25	En tout ou rien
1.2.	$F_A = \rho_e V_0 g$	0,25	
2. Ascension d'une bulle			
2.1.1.	$\frac{P_0}{F_A} = \frac{\rho_{co}}{\rho_e} = \frac{1,8}{1,0 \times 10^3} = 1,8 \times 10^{-3} \ll 1$ donc le poids P_0 de la bulle est bien négligeable devant la poussée d'Archimède F_{Ac}	0,25	
2.1.2.	Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_A = m_0 \vec{a}$, soit en projetant sur l'axe (Oz) : $\rho_e V_0 g = \rho_{co} V_0 a_z$ donc $a_z = \frac{\rho_e}{\rho_{co}} g$	0,25	
2.1.3.	$a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{\rho_e}{\rho_{co}} g$ or compte tenu de l'orientation de l'axe (Oz) et de la verticalité du mouvement : $v = + v_z$ d'où $\frac{dv}{dt} = \frac{\rho_e}{\rho_{co}} g = \text{cste}$ Par intégration par rapport au temps on obtient :	0,25	Pour $a_z = dv_z/dt$
	$v(t) = \frac{\rho_e}{\rho_{co}} gt + C$, or $v(0) = v_0 = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ donc : $v(t) = \frac{\rho_e}{\rho_{co}} gt$	0,25	Pour la distinction entre v_z et v
2.1.4.	À l'instant de date t_s on a : $v(t_s) = v_s = \frac{\rho_e}{\rho_{co}} gt_s$ donc $t_s = \frac{\rho_{co} V_s}{\rho_e g} = \frac{1,8 \times 10^3 \times 10^{-2}}{1,0 \times 10^3 \times 10} \approx 27 \mu\text{s}$.	0,25	
2.1.5.	La modélisation envisagée est à écarter car elle conduit à une durée de remontée de la bulle beaucoup trop faible par rapport à la réalité.	0,25	
2.2.1.		0,25	
2.2.2.	Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_A + \vec{f} = m_0 \vec{a}$, soit en projetant sur l'axe (Oz) : $\rho_e V_0 g - kv_z = \rho_{co} V_0 a_z$ donc $\frac{dv_z}{dt} + \frac{kv_z}{\rho_{co} V_0} = \frac{\rho_e}{\rho_{co}} g$ Compte tenu de l'orientation de l'axe (Oz) et de la verticalité du mouvement : $v = + v_z$	0,25	
	d'où $\frac{dv}{dt} + \frac{kv}{\rho_{co} V_0} = \frac{\rho_e}{\rho_{co}} g$	0,25	
2.2.3.	$v_{lm} = \text{cte}$ alors $\frac{dv_{lm}}{dt} = 0$ donc $v_{lm} = \frac{\rho_e V_0 g}{k}$	0,5	

2.2.4.	La modélisation envisagée est à écarter car elle conduit à une vitesse atteinte par la bulle à la surface très inférieure à celle mesurée dans la réalité.	0,25	
2.3.1.	Lors de la remontée de la bulle, le dioxyde de carbone dissous continue de diffuser dans la bulle, ce qui conduit à une augmentation de la quantité de matière de gaz dans celle-ci, et ainsi à son augmentation de volume.	0,5	
2.3.2.	L'augmentation du volume de la bulle, et donc de son rayon, conduit à une augmentation de la poussée d'Archimède et de la force de frottement au cours de la remontée	0,25 0,25	0,25 pour chaque force
3. L'éclatement des bulles en surface			
3.1.	La caméra ultra-rapide permet d'enregistrer 2 000 images par secondes, soit une image toutes les 500 μ s. Or le film liquide se rompt en une durée de quelques dizaines de microsecondes, ce qui exclut la possibilité d'obtenir une série d'images successives de cette rupture.	0,5	Le calcul des 500 μ s n'est pas exigé
3.2.	L'onde créée est transversale car sa direction de propagation est perpendiculaire à la direction de déformation du milieu de propagation.	0,25	

EXERCICE III. NUCLEOSYNTHESE DES ELEMENTS CHIMIQUES (4 points)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Questions	Réponses attendues	barème	commentaires
1. Les premiers éléments présents dans l'univers			
1.1.	2 protons pour tous ${}^4_2\text{He}$ 2 neutrons, ${}^3_2\text{He}$ 1 neutron et ${}^4_2\text{He}^{2+}$ 2 neutrons.	0,25	0,25 si tout est bon
1.2.	L'élément chimique est caractérisé par son numéro atomique Z donc par son nombre de protons. Pour synthétiser de nouveaux éléments, il faut une modification de Z et donc une réaction nucléaire.	0,25	
2. Fusion de l'hydrogène			
2.1.	$ \Delta E = \Delta m \times c^2$ avec $\Delta m = m_{\text{H}_2} + 2 m_{\text{H}} - 4 m_{\text{H}}$ ou directement $ \Delta m = 4 m_{\text{H}} - m_{\text{H}_2} - 2 m_{\text{H}}$	0,25	Aucune considération algébrique n'est exigée
2.2.1.	$E_T = \frac{M_S}{4 \times m_{\text{H}}} \times \Delta E$ $= \frac{2 \times 4}{4 \times 1,67} \times 10^{14}$ $= 10^{14} \text{ J}$	0,25	
2.2.2.	$\Delta t = \frac{E_T}{P_S} = \frac{10^{14}}{10^{28}} = 10^{16} \text{ ans}$	0,25	
3. Un produit de la fusion de l'hélium			
3.1.	$N(t_{1/2}) = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$ donc $e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$ et $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$	0,25	
3.2.	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 0,7 \times 10^{16} \text{ s}$	0,25	
3.3.	$1,4 \times 10^{16} = 2 t_{1/2}$ donc $\frac{N(t_1)}{N_0} = \frac{1}{4}$	0,25	La valeur 1/4 peut-être obtenue par un calcul.
4. Vers des éléments plus lourds			
4.1.	$\frac{E_r}{A} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{A}$ avec $\Delta m = 26m_{\alpha} + 30m_{\text{H}} - m_{\text{Fe}}$	0,25	
4.2.		0,25	
4.3.	Ce sont les noyaux de nombre de masse A inférieur à 56.	0,25	

5. L'élément fer			
5.1.	L'équation de la désintégration radioactive du cobalt est : ${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{26}\text{Fe} + {}^0_{+1}\text{e}$ La particule formée est un positron	0,25	0 si non justifié accepter positron
5.2.1.	Ces rayonnements correspondent à la désexcitation des noyaux de fer.	0,25	On acceptera : transition entre niveaux d'énergie.
5.2.2.	Les énergies des rayonnements ayant des valeurs bien déterminées on peut en déduire que les niveaux d'énergie sont quantifiés.	0,25	
5.2.3.	$\lambda = \frac{h \cdot c}{E}$ $= \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{1,238 \times 10^6 \times 1,60 \times 10^{-19}}$ $\approx 10^{-12} \text{ m}$ Ce rayonnement appartient au domaine des rayonnements γ .	0,25 0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les feuilles annexes (page 10, 11 et 12) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Comme un poisson dans l'eau (6,5 points)
- II. La vie d'une bulle (5,5 points)
- III. Microscope classique et microscope confocal (4 points)

EXERCICE I. COMME UN POISSON DANS L'EAU (6,5 points)

L'aquariophilie est une passion qui touche de plus en plus d'amateurs mais aussi de néophytes. De nombreux facteurs peuvent contribuer à un déséquilibre dangereux pour la vie et la santé des poissons. Il est donc nécessaire de contrôler régulièrement la qualité de l'eau.

Le pH de l'eau est la première grandeur qu'il faut mesurer, au moins une fois par semaine, et ajuster éventuellement. En effet, certains poissons ne peuvent évoluer que dans un milieu acide (c'est le cas des poissons d'Amazonie comme les Néons ou les Tétras), d'autres dans un milieu basique (c'est le cas des poissons d'Amérique Centrale comme les Platy et les Molly). Aucun de ces poissons ne tolère une trop forte teneur en ions ammonium (NH_4^+) ou en ions nitrite (NO_2^-) : le cycle de l'azote doit donc être surveillé en évitant soigneusement la surpopulation de l'aquarium et l'excès de nourriture.

D'après « Poissons et aquariums » - Édition Larousse

L'exercice suivant est destiné à préciser certains points de ce texte. On étudie d'abord un produit commercial utilisé pour diminuer le pH de l'eau de l'aquarium ; on s'intéresse ensuite à la formation des ions ammonium.

Les parties 1. et 2. sont indépendantes.

- Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.
- Le logarithme décimal est noté \lg .

1. Étude d'une solution commerciale destinée à diminuer le pH de l'aquarium

Sur l'étiquette du produit on peut lire que la solution commerciale S_0 est constituée d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^- (\text{aq})$) mais aucune concentration n'est indiquée. La transformation conduisant à l'acide chlorhydrique étant totale, la concentration c_0 de la solution commerciale est égale à la concentration en ions H_3O^+ . On cherche à déterminer cette concentration en faisant un titrage pH-métrique. Pour cela on dilue 50 fois la solution commerciale et on procède au titrage d'un volume $V_A = 20,0 \text{ mL}$ de la solution diluée S_A à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium S_B ($\text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{HO}^- (\text{aq})$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 4,0 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$. On obtient la courbe de la **figure 1**. On a également fait apparaître la courbe représentant la dérivée du pH en fonction du volume de soude versé.

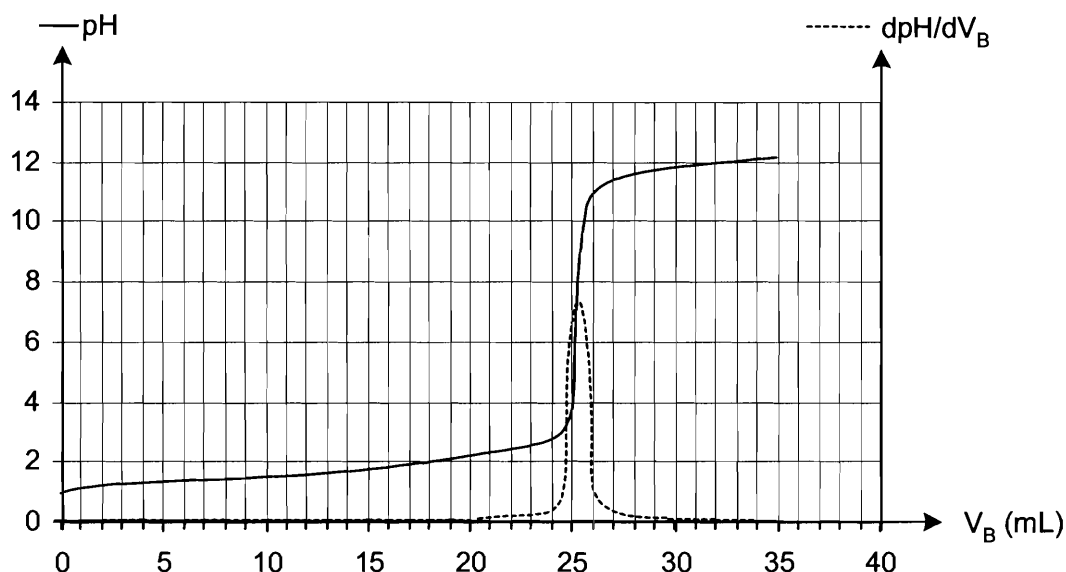


Figure 1 : Titrage de la solution commerciale diluée par la soude

Aide au calcul :

$$\begin{array}{ll} \lg 8 \approx 0,9 & \lg 5 \approx 0,7 \\ 10^{6,4} \approx 2,5 \times 10^6 & 10^{-6,4} \approx 4,0 \times 10^{-7} \end{array}$$

1.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

1.2. Équivalence

1.2.1. Définir l'équivalence.

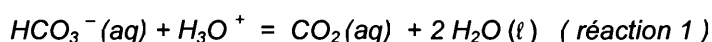
1.2.2. En déduire la valeur de la concentration des ions oxonium dans la solution diluée S_A .

1.2.3. Montrer que dans la solution commerciale, la concentration des ions oxonium $[H_3O^+]$ est **voisine** de $2,5 \text{ mol.L}^{-1}$. Cette valeur sera utilisée pour la suite de l'exercice.

1.3. On désire diminuer le pH de l'eau de l'aquarium et l'amener à une valeur proche de 6 alors qu'il était initialement égal à 7. Sur le mode d'emploi du fabricant on peut lire qu'il faut verser, en une fois, 20 mL de la solution commerciale dans 100 L d'eau. Pour simplifier le calcul, on considérera que le volume final reste égal à 100 L.

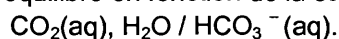
Quelle serait la valeur du pH final de l'eau de l'aquarium s'il n'y avait qu'une simple dilution des ions H_3O^+ ?

1.4. L'eau étant toujours plus ou moins calcaire, elle contient des ions hydrogénocarbonate ($HCO_3^-(aq)$) dont il faut tenir compte. Les ions H_3O^+ introduits vont, en effet, réagir avec ces ions. L'équation associée à la réaction considérée est la suivante :



1.4.1. Donner l'expression de la constante d'équilibre K_1 associée à l'équation de la réaction 1 en fonction des concentrations des différentes espèces chimiques présentes.

1.4.2. Exprimer cette constante d'équilibre en fonction de la constante d'acidité K_A du couple :



Déterminer sa valeur numérique.

Donnée : $K_A = 10^{-6,4}$

1.5. L'eau utilisée pour l'aquarium est très calcaire. Dans cette eau, les concentrations molaires initiales des espèces mises en jeu dans la réaction 1 sont telles que le quotient de réaction initial de cette réaction vaut : $Q_{r,i} = 5,0$.

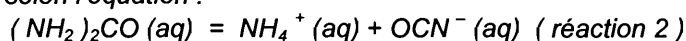
1.5.1. En utilisant le critère d'évolution spontanée, montrer que des ions H_3O^+ sont consommés si l'eau est calcaire.

1.5.2. Le pH final sera-t-il supérieur, égal ou inférieur au pH calculé à la question 1.3.?

1.5.3. Dans la notice du fabricant on trouve la phrase suivante : « Assurez-vous par des tests réguliers que votre eau est suffisamment calcaire car sinon il pourrait y avoir des risques de chutes acides ». Expliquer.

2. Étude de la formation des ions ammonium.

L'urée, de formule $(NH_2)_2CO$, est un polluant de l'aquarium. Elle est contenue dans les déjections de certains poissons et conduit, au cours d'une réaction lente, à la formation d'ion ammonium NH_4^+ et d'ions cyanate OCN^- selon l'équation :



L'étude de la cinétique de cette réaction 2 peut être réalisée par conductimétrie. Pour cela on prépare un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ d'une solution d'urée de concentration molaire en soluté apporté égale à $c = 0,020 \text{ mol.L}^{-1}$ et on suit sa décomposition en la maintenant dans un bain marie à $45 \text{ }^\circ\text{C}$. À différentes dates, on mesure la conductivité de la solution.

La conductivité σ de cette solution peut s'exprimer en fonction des concentrations des espèces ioniques en solution et des conductivités molaires ioniques (les ions H_3O^+ et OH^- (aq) sont en très faible quantité et pourront ne pas être pris en compte). On a donc la relation suivante :

$$\sigma = \lambda_{NH_4^+} [NH_4^+] + \lambda_{OCN^-} [OCN^-]$$

2.1. Montrer que la concentration de la solution en ions NH_4^+ (aq) peut être déterminée à partir de la mesure de la conductivité de la solution, les conductivités molaires ioniques étant connues.

2.2. Évolution du système chimique

2.2.1. Compléter littéralement le tableau descriptif de l'évolution du système, figurant **EN ANNEXE PAGE 10 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**.

2.2.2. En déduire la relation, à chaque instant, entre la concentration en ions $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ en solution et l'avancement de la réaction.

2.2.3. Calculer l'avancement maximal x_{max} .

2.3. On peut ainsi représenter l'évolution de l'avancement de la réaction en fonction du temps (voir **figure 2 EN ANNEXE PAGE 10 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**).

En déduire le taux d'avancement de la réaction à l'instant de date $t = 110$ min.

2.4. La vitesse volumique de réaction est donnée par la relation : $v(t) = \frac{1}{V} \left(\frac{dx}{dt} \right)$ où x est l'avancement de la réaction à l'instant de date t et V le volume de la solution.

Décrire, en utilisant la courbe précédente, l'évolution de cette vitesse.

2.5. En poursuivant l'expérience pendant une durée suffisante, on obtient une concentration finale : $[\text{NH}_4^+]_f = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol. L}^{-1}$.

Déterminer le taux d'avancement final de cette transformation. Cette transformation est-elle totale ?

2.6. Définir puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction.

2.7. Dans l'aquarium, la valeur de la température est seulement de 27°C . Tracer sur la **figure 2 EN ANNEXE PAGE 10 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, l'allure de la courbe précédente à cette température.

2.8. Les ions ammonium finissent par se transformer en ions nitrate dont l'accumulation risque de compromettre la vie des poissons. Ces derniers ions constituent un aliment essentiel pour les plantes vertes de l'aquarium. Expliquer pourquoi dans tous les livres d'aquariophilie, on dit que l'aquarium doit être « bien planté ».

EXERCICE II. LA VIE D'UNE BULLE (5,5 points)

On se propose dans cet exercice de faire une plongée au cœur de l'effervescence d'une boisson gazeuse, d'illustrer et d'interpréter sous l'angle de la physico-chimie les différentes étapes de la vie éphémère d'une bulle, à savoir : sa naissance, son ascension dans le liquide, et son éclatement en surface.

Dans tout l'exercice les bulles seront assimilées à des sphères, et la boisson à un liquide de masse volumique égale à celle de l'eau. Le référentiel d'étude est terrestre considéré comme galiléen.

Données :

Masses volumiques : eau $\rho_e = 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; dioxyde de carbone $\rho_{dc} = 1,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

1. Naissance et décolllement d'une bulle

Dans une bouteille fermée de boisson gazeuse, un équilibre s'établit entre le dioxyde de carbone qui est dissous dans la boisson et le dioxyde de carbone gazeux piégé dans le col de la bouteille. Lors de l'ouverture de celle-ci, l'équilibre est rompu et la boisson **se débarrasse d'une partie du dioxyde de carbone dissous qui retourne progressivement en phase gazeuse. Il y a formation de bulles qui vont s'enrichir continûment en gaz au cours de leur remontée.**

Dans un verre, les bulles naissent sur des sites de nucléation qui sont des embryons de bulle présents en solution ou de petites poches d'air piégées par des impuretés microscopiques (fibres de cellulose, microcristaux...). La **figure 1** illustre cette formation de bulles sur un site de nucléation.

Dès que la valeur de la poussée d'Archimède \vec{F}_A à laquelle la bulle est soumise dépasse la valeur de la force capillaire qui l'ancre à son site de nucléation, la bulle se détache. Puis une autre bulle naît et subit le même sort.

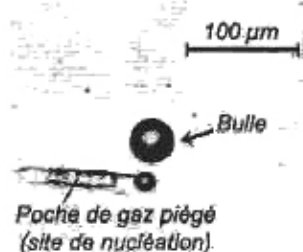


Figure 1

Pour une bulle qui vient de se détacher du site de nucléation dans un liquide de masse volumique ρ_e :

1.1. Donner la direction et le sens de la poussée d'Archimède \vec{F}_A qui s'exerce sur une bulle de volume V_0 dans la boisson.

1.2. Donner l'expression littérale de sa valeur en fonction du volume V_0 de la bulle.

2. Ascension d'une bulle : à la recherche d'une modélisation satisfaisante

À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$, une bulle de rayon $r_0 = 20 \mu\text{m}$, située au point A à la profondeur $z_0 = 0 \text{ m}$ dans le repère $(O ; \vec{k})$ (**figure 2**), se détache de son site de nucléation avec une vitesse initiale v_0 nulle dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Elle remonte **verticalement** vers la surface S du liquide, qu'elle atteint avec une vitesse v_s d'environ $15 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dans un premier temps (pour les questions 2.1. et 2.2.), on assimile la bulle de gaz à une sphère dont le volume ne varie pas lors de sa remontée.

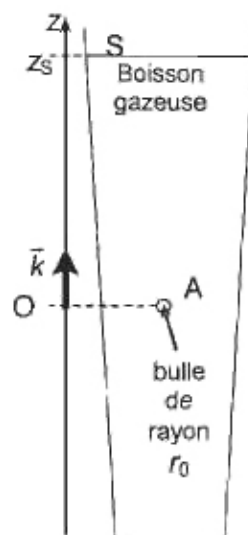


Figure 2

2.1. Étude du mouvement d'une bulle en l'absence de force de frottement

2.1.1. Montrer que le poids \vec{P}_0 de la bulle a une valeur négligeable devant celle de la poussée d'Archimède \vec{F}_A en calculant le rapport $\frac{P_0}{F_A}$.

2.1.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, établir l'expression de la coordonnée a_z du vecteur accélération de la bulle en fonction des masses volumiques ρ_0 et ρ_{bc} et de g .

2.1.3. En déduire l'expression de la valeur de la vitesse de la bulle en fonction du temps.

2.1.4. Montrer que la durée t_s théoriquement nécessaire pour que la bulle atteigne la surface avec la vitesse v_s est alors d'environ trente microsecondes.

2.1.5. Cette valeur correspond-elle aux observations de la vie quotidienne ? Conclure quant à la validité du modèle proposé.

2.2. Étude du mouvement de la bulle en présence d'une force de frottement

Le liquide exerce sur la bulle une force de frottement, proportionnelle à sa vitesse, qui peut s'écrire vectoriellement $\vec{f} = -k\vec{v}$, k est un coefficient qui dépend du rayon de la bulle et de la viscosité du fluide dans lequel elle se déplace.

2.2.1. Représenter schématiquement, sans souci d'échelle, les forces non négligeables qui s'exercent sur la bulle en mouvement après son décollement du site de nucléation.

2.2.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle qui régit l'évolution de la vitesse de la bulle s'écrit alors :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{\rho_{bc} V_0} v = \frac{\rho_{bc}}{\rho_{bc}} g$$

2.2.3. En déduire l'expression littérale de la vitesse limite v_{lim} atteinte par la bulle.

2.2.4. L'application numérique donne v_{lim} voisin de 1 mm.s^{-1} . Compte tenu de cette valeur, conclure quant à la validité du modèle proposé.

2.3. Un autre paramètre à prendre en compte

Les modélisations précédentes ne décrivent pas de manière satisfaisante le mouvement de la bulle dans la boisson gazeuse. En particulier, les expériences réalisées dans du champagne montrent que la variation du volume de la bulle ne peut pas être négligée (figure 3). On se propose d'en trouver l'origine.

On suppose que la quantité de matière n_0 de gaz présent dans la bulle et la température restent constantes. Dans ce cas, lors d'une remontée de 12 cm du point A à la surface S, la diminution de pression du gaz ne ferait augmenter son volume initial que de 2 %.

Dans la réalité, l'augmentation du volume est un million de fois supérieure ! Un des deux paramètres supposés constants dans le texte précédent ne l'est donc pas.

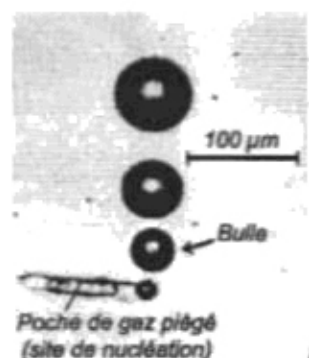


Figure 3

2.3.1. En s'aidant d'une phrase du texte introductif à la partie 1 de cet exercice, expliquer pourquoi le volume de la bulle augmente si fortement lors de sa remontée.

2.3.2. Durant l'ascension le poids de la bulle est toujours négligeable devant la poussée d'Archimède.

Sachant que le coefficient k défini à la question 2.2. augmente avec le rayon de la bulle, préciser qualitativement l'influence de la variation du volume de la bulle sur chacune des forces qui s'exercent sur elle au cours de la remontée.

Des laboratoires spécialisés ont élaboré des modèles plus satisfaisants tenant compte de paramètres négligés précédemment.

3. L'éclatement des bulles en surface

La bulle a maintenant gagné la surface et le film liquide qui constitue la partie émergée de la bulle s'amincit (figure 4.a) jusqu'à se rompre lorsque son épaisseur avoisine le micromètre. Le trou qui apparaît s'ouvre (figure 4.b) et la durée de disparition de la calotte sphérique n'est que de quelques dizaines de microsecondes ! Le cratère qui reste à la surface du liquide ne va pas durer (figure 4.c). De violents courants apparaissent et, en se refermant, cette cavité projette vers le haut un mince jet de liquide (figure 4.d). Le jet se brise ensuite en fines gouttelettes (figure 4.e) qui en retombant dans le liquide engendrent des ondes circulaires centrées sur la « bulle-mère » (figure 4.f). Ces observations nécessitent l'utilisation d'une caméra ultra-rapide capable de filmer jusqu'à 2 000 images par seconde avec une résolution proche du micromètre (figure 5).

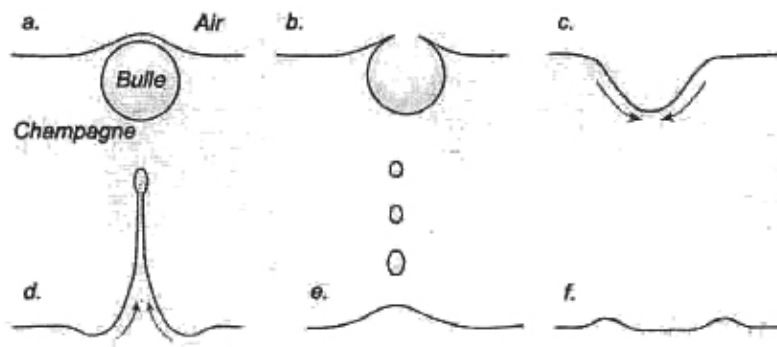


Figure 4

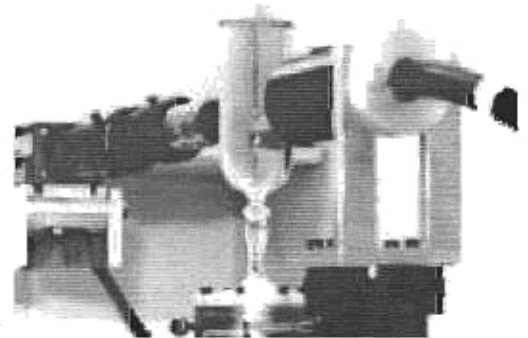


Figure 5

3.1. Malgré l'utilisation de la caméra ultra-rapide, pourquoi ne peut-on pas obtenir d'images du film liquide en train de se rompre ?

3.2. L'onde circulaire créée est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

Bien qu'éphémère, la vie d'une bulle n'en est pas moins riche en événements !

EXERCICE III. MICROSCOPE CLASSIQUE ET MICROSCOPE CONFOCAL (4 POINTS)

Depuis une vingtaine d'années la microscopie confocale a connu un développement considérable. Ces microscopes équipent maintenant un grand nombre de laboratoires de biologie. Par rapport à la microscopie optique classique, la microscopie confocale permet de réaliser l'image d'un plan à l'intérieur d'un échantillon transparent (par exemple dans le cas d'une cellule biologique). À partir d'une série d'images des différents plans de l'échantillon on peut reconstruire, en utilisant l'outil informatique, l'image tridimensionnelle de l'objet étudié.

La première partie de cet exercice concerne l'étude d'un microscope optique classique.
La seconde partie illustre le principe de fonctionnement d'un microscope confocal.
Dans tout l'exercice, les figures ne sont pas réalisées à l'échelle.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Étude du microscope optique classique

L'objet éclairé AB (par exemple une cellule musculaire) est positionné sur la platine porte-échantillon, solidaire du bâti du microscope (**figure 1 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**). L'objectif est modélisé par une lentille mince convergente (L_1) de centre optique O_1 et de distance focale $\overline{O_1F'_1} = f'_1 = 4,5 \text{ mm}$. L'oculaire est modélisé par une lentille mince convergente (L_2) de centre optique O_2 et de distance focale $\overline{O_2F'_2} = f'_2$ supérieure à f'_1 . La distance $\Delta = \overline{F'_1F_2}$ entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire, appelée intervalle optique, est imposée par le constructeur et est égale à 180 mm .

1.1. Position de l'image intermédiaire A_1B_1

1.1.1. Construire sur la **figure 1 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE** l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB .

1.1.2. Rappeler la formule de conjugaison des lentilles minces (relation de Descartes) qui permettrait de calculer la position de l'image A_1B_1 .

1.2. Observation de l'objet à travers le microscope

1.2.1. Quel est le rôle joué par l'image intermédiaire A_1B_1 pour l'oculaire (L_2) ?

1.2.2. Le biologiste désire observer la cellule sans fatigue, c'est à dire sans accommoder. Dans ce cas l'image définitive $A'B'$ donnée par le microscope doit se situer à l'infini.

Où doit se former l'image intermédiaire A_1B_1 pour répondre à cette condition ?

1.2.3. Sur la **figure 1 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, placer, dans ce cas les foyers de la lentille (L_2).

1.3. Calcul du grandissement

1.3.1. Rappeler la formule définissant le grandissement pour la lentille mince (L_1) dans le cas étudié.

1.3.2. En s'aidant de la **figure 1**, montrer que le grandissement γ_1 de l'objectif peut s'écrire

$$\gamma_1 = \frac{-\Delta}{f'_1}.$$

1.3.3. Calculer la valeur algébrique du grandissement γ_1 . Que peut-on dire de l'inscription « x 40 » inscrite sur la monture de l'objectif ?

2. Étude du microscope confocal

De nos jours on préfère souvent l'acquisition d'images numériques à la visualisation directe de l'image. Pour cela on peut utiliser un capteur d'image appelé « capteur CCD ».

Le microscope classique est alors modifié de la façon suivante : on supprime l'oculaire (L_2) et on positionne le capteur CCD dans le plan de l'image intermédiaire donnée par l'objectif (L_1), en le centrant sur l'axe optique. Par extension ce système imageur continuera à être appelé microscope.

Pour réaliser un « microscope confocal », on introduit également un diaphragme de petite taille (par exemple $50 \mu\text{m}$), lui aussi centré sur l'axe optique, dans le plan du capteur : de cette façon l'ensemble {capteur CCD + diaphragme} permet de réaliser un détecteur quasi ponctuel.

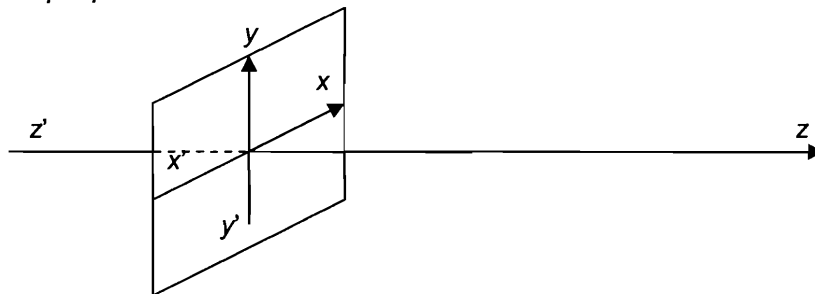
2.1. Sur la **figure 2 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, on a construit le faisceau lumineux issu du point objet A limité par les bords de la lentille.

2.1.1. On s'intéresse d'abord au point B de la cellule biologique n'appartenant pas à l'axe optique. Sur la **figure 2 EN ANNEXE PAGE 11 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, construire l'image B_1 du point B ainsi que le faisceau lumineux issu de B passant par les bords de la lentille. Hachurer ce faisceau.

2.1.2. On s'intéresse ensuite au point D de la cellule biologique. Sur la **figure 3 EN ANNEXE PAGE 12 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, construire l'image D_1 du point D et le faisceau lumineux issu du point D limité par les bords de la lentille. Hachurer ce faisceau.

2.1.3. En utilisant les **figures 2 et 3** complétées précédemment **DE L'ANNEXE EN PAGE 11 ET 12 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**, montrer que la plus grande partie de la lumière détectée par le capteur est émise par le point A et non par les points B ou D.

2.2. Le système {capteur CCD + diaphragme} étant fixe et centré sur l'axe optique, il est nécessaire de déplacer l'objet pour former successivement toutes les images des points situés entre A et B. Pour cela on utilise une platine porte-échantillon motorisée. Cette platine permet un déplacement dans les trois directions x , y et z (voir figure ci-dessous). On construit alors point par point l'image d'un plan de l'échantillon. Pour cette raison, on appelle cette technique, « microscopie à balayage ». Par opposition à la microscopie classique, elle nécessite donc un temps d'acquisition correspondant au déplacement point par point de l'échantillon.



Selon quel axe et dans quel sens faut-il déplacer l'échantillon et où faut-il placer l'objet AB de façon à pouvoir détecter l'image du point B ? Positionner alors l'objet AB sur la **figure 4 EN ANNEXE PAGE 12 À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE** ; tracer le faisceau issu de B et limité par les bords de la lentille.

2.3. En utilisant le même système d'axes, indiquer comment il faut déplacer l'échantillon pour acquérir l'image du point D de la cellule biologique ?

La microscopie confocale permet ainsi d'acquérir une série d'images des plans en profondeur dans un échantillon transparent et par suite, grâce à un traitement informatique, des informations sur la structure spatiale de l'échantillon.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

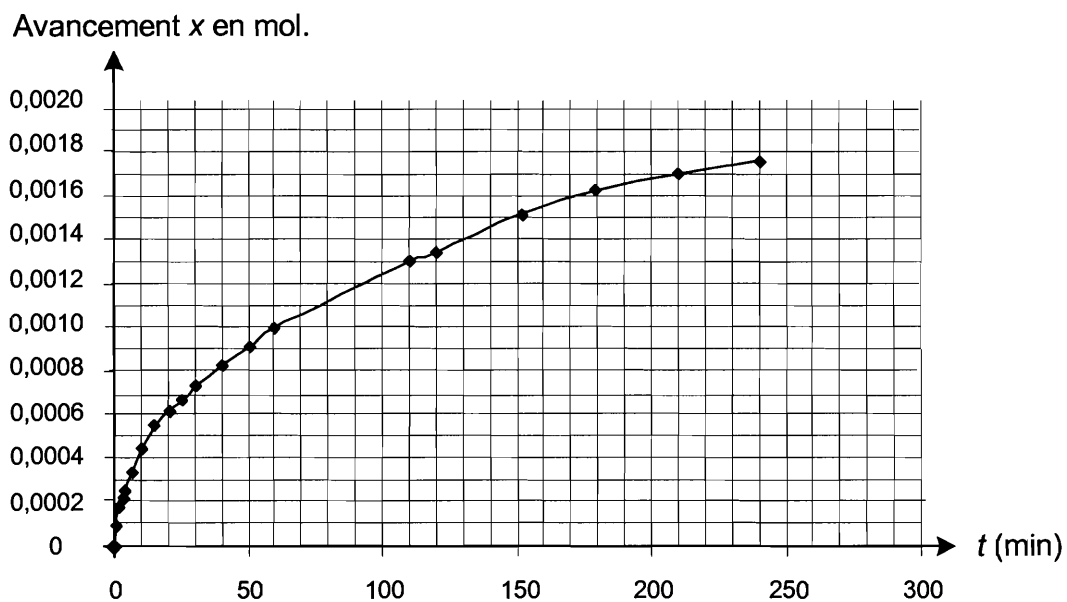
ANNEXE DE L'EXERCICE I

2. Étude de la formation des ions ammonium.

Tableau d'évolution du système chimique

		$(\text{NH}_2)_2\text{CO}(\text{aq}) = \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OCN}^-(\text{aq})$		
État	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)		
		$(\text{NH}_2)_2\text{CO}(\text{aq})$	$\text{NH}_4^+(\text{aq})$	$\text{OCN}^-(\text{aq})$
État initial	$x = 0$			
État en cours d'évolution	x			
État final en supposant la transformation totale	x_{max}			

Figure 2 : Cinétique de la décomposition de l'urée.



ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Attention : les schémas ne sont pas à l'échelle et la figure 2. n'est pas à la même échelle horizontale que la figure 1.

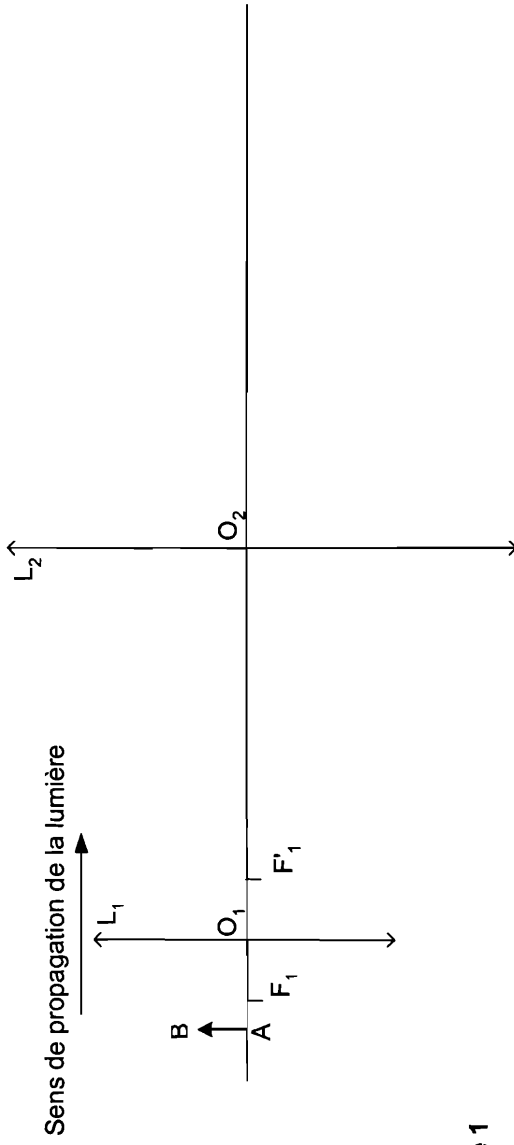


Figure 1

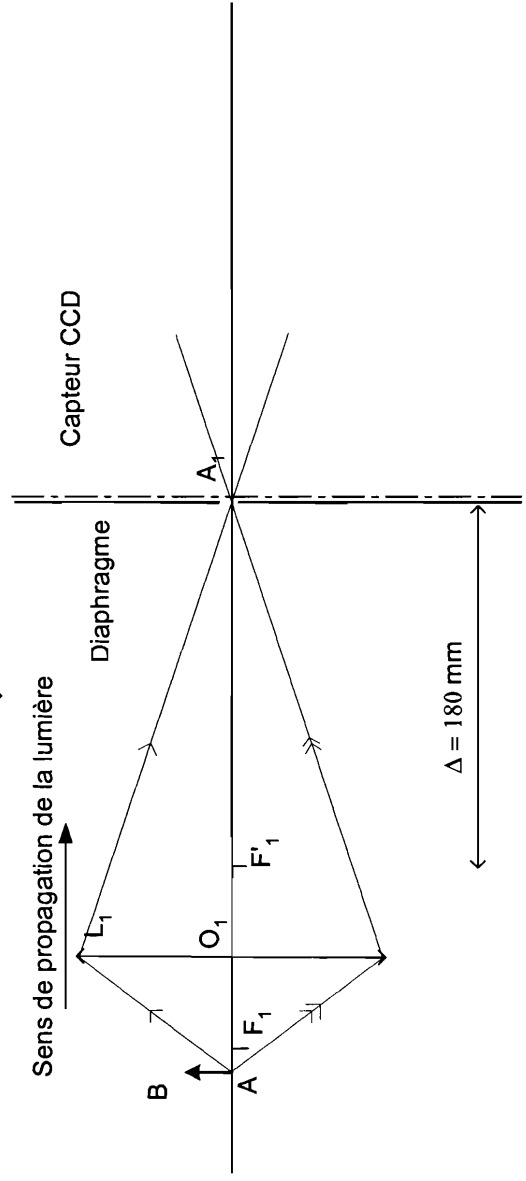


Figure 2

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

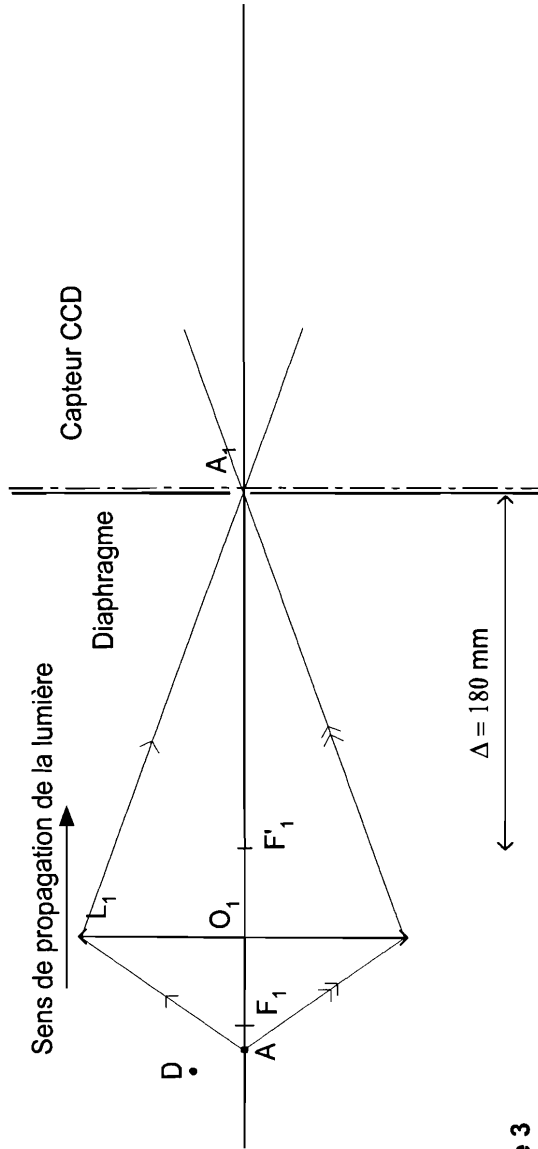


Figure 3

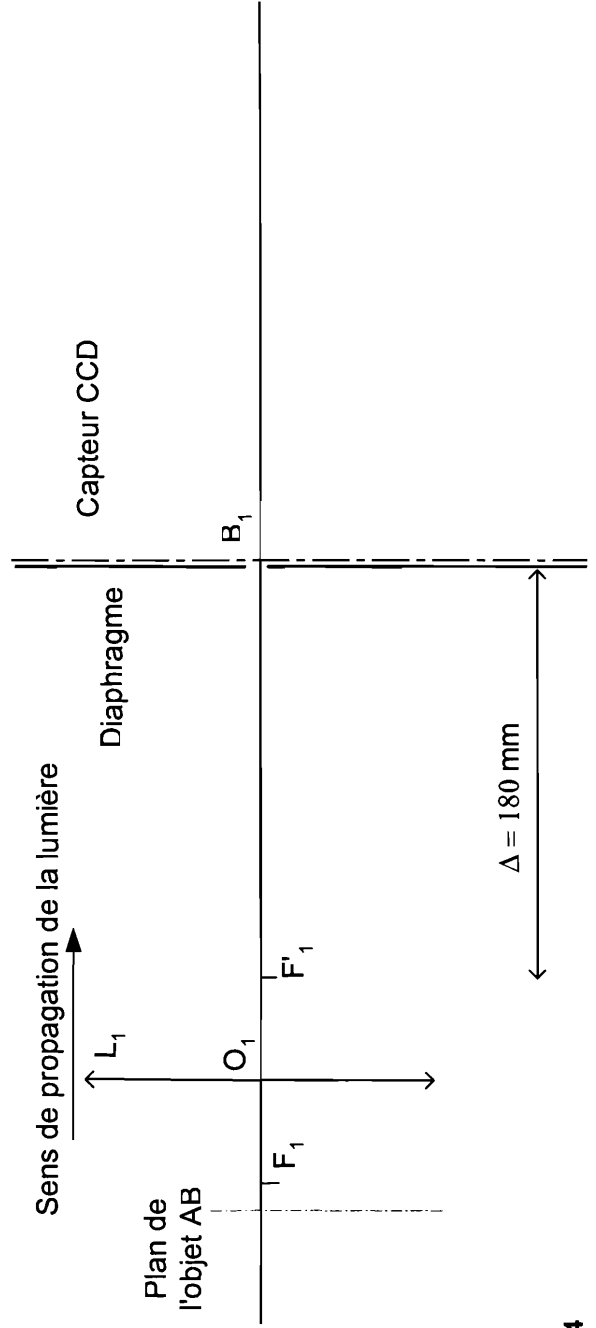
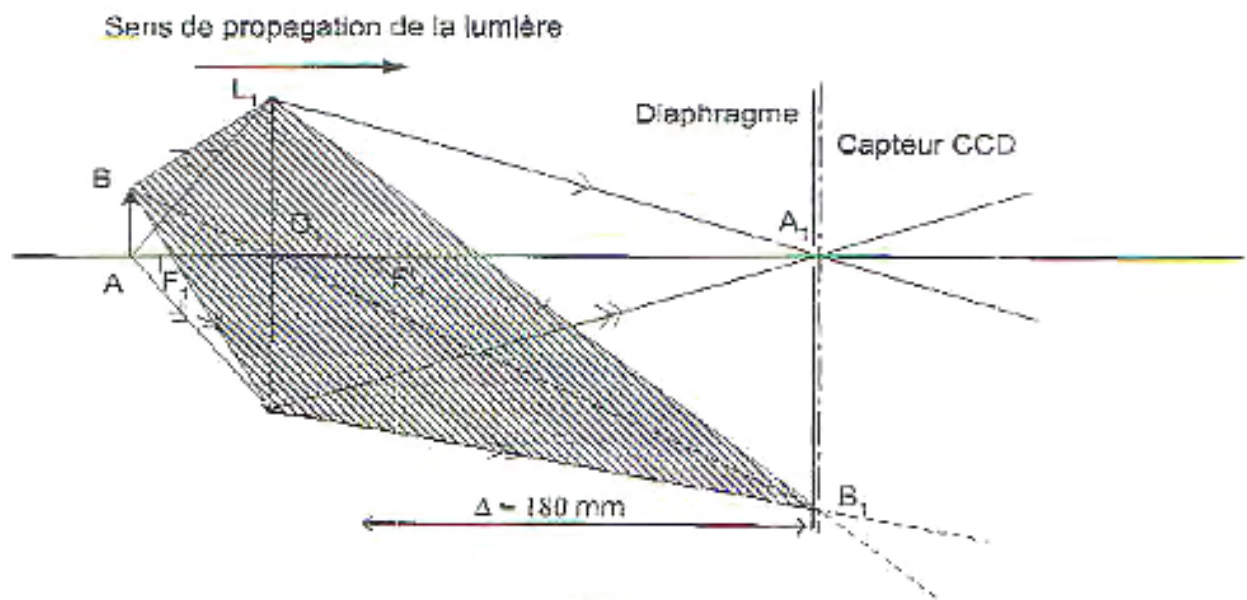
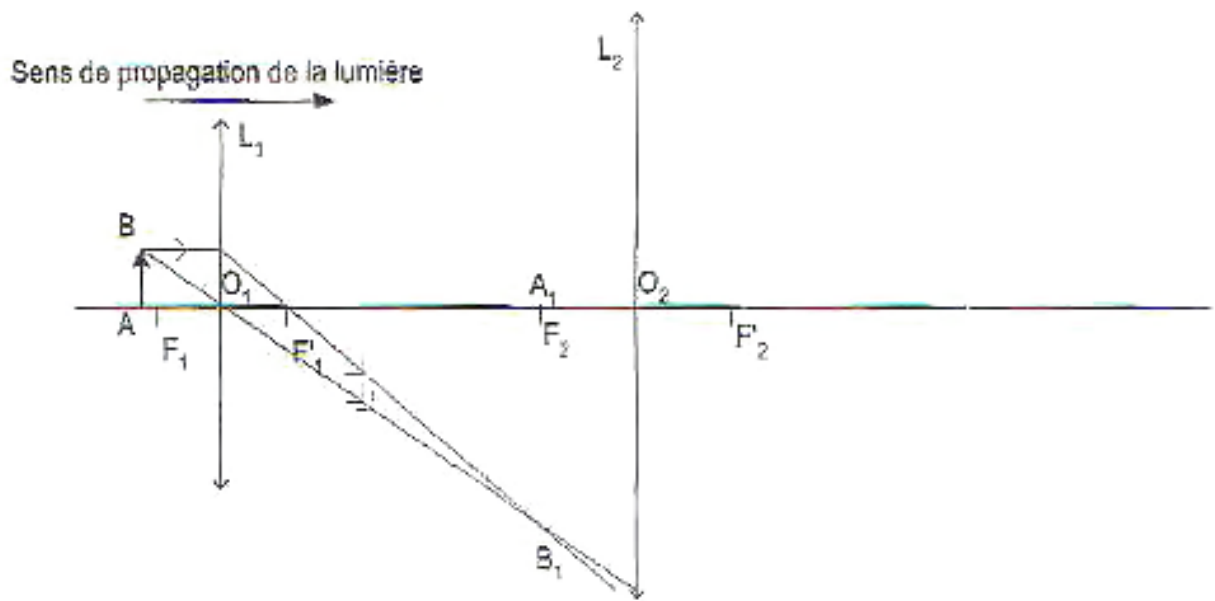


Figure 4

EXERCICE III. MICROSCOPE CLASSIQUE ET MICROSCOPE CONFOCAL (4 POINTS)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Questions	Réponses attendues	barème	commentaires
1. Étude du microscope optique classique			
1.1.1.	Pour la construction, voir la figure 1	0,5	La construction de deux rayons (au moins) est attendue. 0,25 par rayon
1.1.2.	La formule de conjugaison des lentilles minces s'écrit : $\frac{1}{O_1A} - \frac{1}{O_1A'} = \frac{1}{f'_1} \quad \left(= -\frac{1}{O_1F'_1} \right)$	0,25	
1.2.1.	L'image intermédiaire joue le rôle d'objet pour l'oculaire.	0,25	
1.2.2.	D'après la relation de conjugaison $\frac{1}{O_2A'} - \frac{1}{O_2A} = \frac{1}{f'_2}$ (O_2A' tend vers ∞ , son inverse tend vers 0) Il faut que $-O_2A = f'_2$ c'est à dire A_2 coïncide avec F_2	0,25	Justification non exigée (plan focal non exigé)
1.2.3.	Voir la position des foyers de l'oculaire (L_2) sur la figure 1	0,25	
1.3.1.	Le grandissement s'écrit : $\gamma_1 = \frac{A_1B_1}{AB}$	0,25	$\frac{O_1A_1}{O_1A}$ non accepté
1.3.2.	D'après le théorème de Thalès $\gamma_1 = \frac{O_1A_1}{O_1A} = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{F_1A_1}{F_1O_1} = -\frac{\Delta}{f_1}$	0,5	
1.3.3.	$\gamma_1 = -\frac{\Delta}{f_1}$; $\gamma_1 = -\frac{180}{4,5} = -40$ L'inscription correspond à la valeur absolue du grandissement de l'objectif.	0,25	tout ou rien (calcul et conclusion)
2. Étude du microscope confocal			
2.1.1.	Voir la figure 2.	0,25	
2.1.2.	Voir la figure 3.	0,25	Toute construction correcte est acceptée
2.1.3.	Le faisceau lumineux issu du point A converge en un point (position du trou détecteur) ce qui permet de recueillir toute la lumière issue du point A et émergente de la lentille ; ce qui n'est pas le cas pour le faisceau lumineux issu des points B et D.	0,25	
2.2.	Il faut déplacer l'échantillon selon y'y et vers le bas pour que le point B se retrouve sur l'axe optique (position occupée par le point A sur la figure 1).	0,5	0,25 pour la direction 0,25 pour le positionnement
2.3.	Pour acquérir l'image du point D de la cellule biologique, il faut que le point D occupe la position du point A de la figure 1, c'est-à-dire un déplacement selon y'y vers le bas et un déplacement selon z'z vers la droite.	0,25	tout ou rien



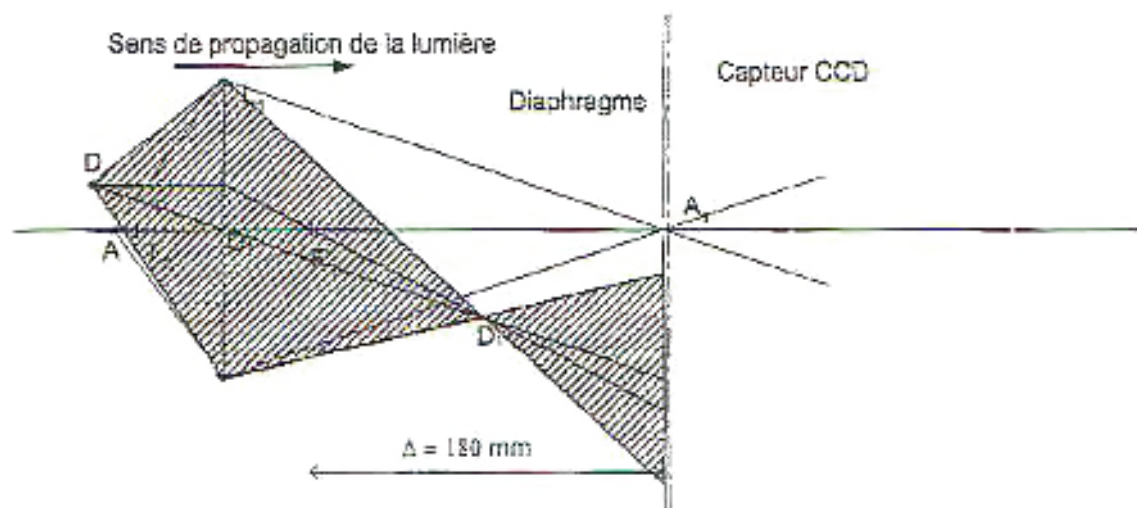


Figure 3.

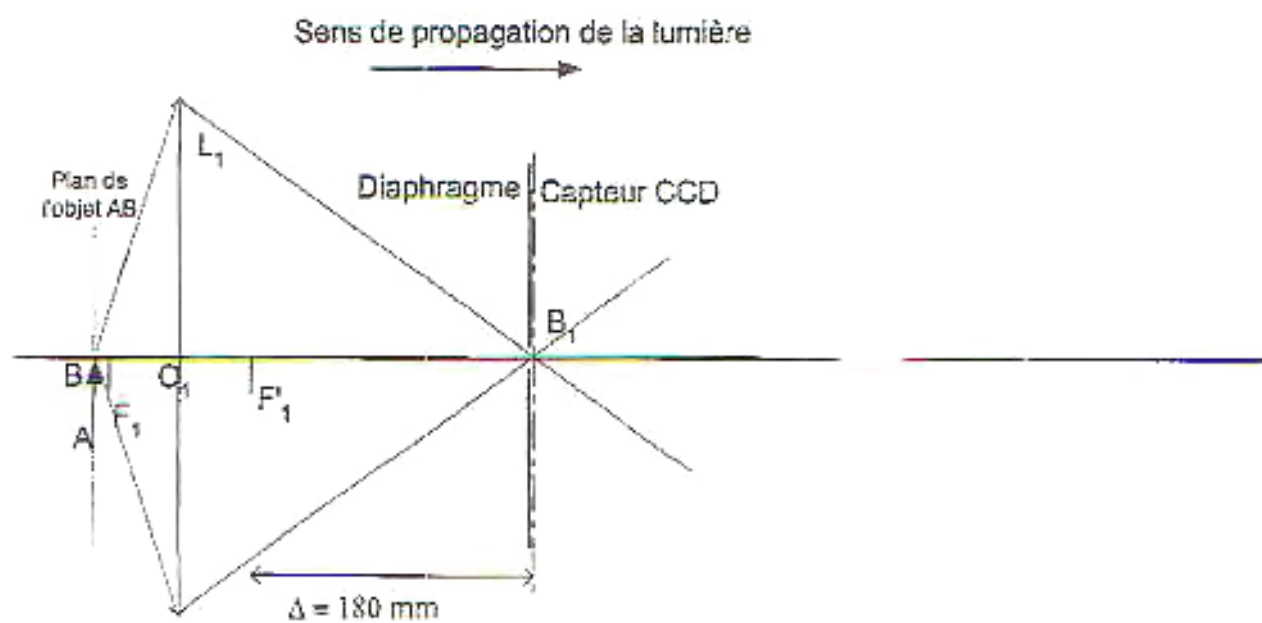


Figure 4.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2007

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE-CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. La galiote (7 points)
- II. Découvertes liées à des éclipses de Soleil (5 points)
- III. Synthèse d'un ester (4 points)

EXERCICE I. LA GALIOTE (7 points)

La galiote était un navire de guerre qui fit son apparition à la fin du XVII^{ème} siècle, sous le règne de Louis XIV. Les galiotes possédaient de lourds canons, fixés au pont, projetant des boulets de 200 livres (environ 100 kg) portant jusqu'à 1200 toises (environ 2400 m).

Selon la description détaillée de Renau, Inspecteur Général de la Marine, ces bâtiments sont destinés à emporter des canons en mer. Ils sont de moyenne grandeur et à fond plat. De par leur fabrication, l'angle de tir des canons est fixe et a pour valeur $\alpha = 45^\circ$, ce qui permet de tirer à la plus grande distance possible.

La structure d'une galiote doit être très robuste pour résister à la réaction considérable du boulet et leur échantillon⁽¹⁾ est ordinairement aussi fort que celui d'un vaisseau de 50 canons.

⁽¹⁾ dimension et épaisseur des pièces utilisées pour la construction.

D'après le site Internet de l'Institut de Stratégie Comparée.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.

Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

1. Action de la poudre de canon sur le boulet

L'éjection du boulet est provoquée par la combustion de la poudre. Une force de poussée est donc exercée sur le boulet par l'ensemble {galiote + canon + gaz}.

Justifier l'expression soulignée dans le texte encadré ci-dessus, à l'aide d'une des trois lois de Newton. Énoncer cette loi. (On pourra s'aider d'un schéma).

2. La trajectoire du boulet

On souhaite étudier la trajectoire du centre d'inertie G du boulet de masse m. L'étude est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. Le repère d'étude est (O, \vec{i}, \vec{j}) et l'origine des dates est choisie à l'instant où le boulet part du point O (voir **figure 1** ci-dessous).

Le vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 du point G est incliné d'un angle α (appelé angle de tir) par rapport à l'horizontale. **Une fois le boulet lancé, la force de poussée de la partie précédente n'intervient plus.**

Données :

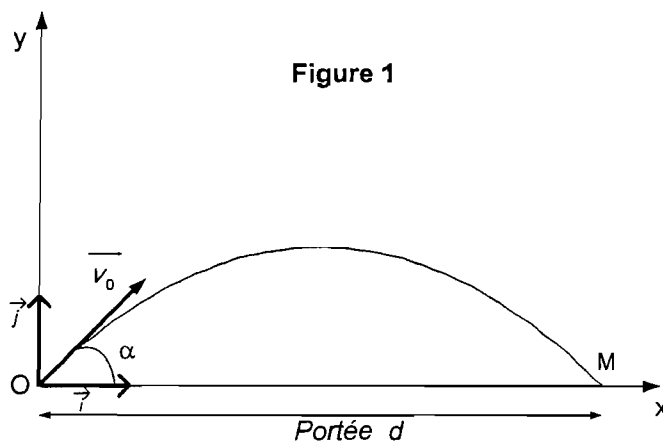
Volume du boulet : $V = 16 \text{ dm}^3 = 16 \text{ L}$

Masse du boulet : $m = 100 \text{ kg}$

Valeur du champ de pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

Masse volumique de l'air : $\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$

Aide au calcul		
$1,6 \times 1,3 = 2,1$	$\sqrt{2,4} \approx 1,5$	
$\frac{1,6}{1,3} = 1,2$	$\frac{1,3}{1,6} = 0,81$	$\sqrt{24} \approx 4,9$



2.1. Inventaire des forces agissant sur le boulet après son lancement

2.1.1. La poussée d'Archimède

Donner l'expression littérale de la valeur F_A de la poussée d'Archimède puis la calculer.

2.1.2. Le poids

Calculer la valeur P du poids du boulet après avoir précisé son expression littérale.

2.1.3. Dans cet exercice, on pourra négliger la poussée d'Archimède devant le poids si la valeur de ce dernier est au moins cent fois plus grande que celle de la poussée d'Archimède.

Montrer que l'on est dans cette situation.

2.1.4. Pendant le vol, compte tenu de la masse, de la vitesse et de la forme du boulet, on fait l'hypothèse que les forces de frottement dans l'air sont négligeables devant le poids.

En tenant compte de la remarque et des résultats précédents, établir le bilan des forces exercées sur le système {boulet} pendant le vol.

2.2. Équation de la trajectoire

Dans toute cette partie, on négligera la poussée d'Archimède et on ne tiendra pas compte des forces de frottement dues à l'air.

2.2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que les équations horaires du mouvement du point G s'écrivent :

$$x(t) = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t$$
$$\text{et } y(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t$$

2.2.2. Montrer que l'équation de la trajectoire peut se mettre sous la forme $y(x) = Ax^2 + Bx$. On donnera les expressions littérales de A et B et on précisera leurs unités respectives.

2.3. Portée du tir

L'équation de la trajectoire du boulet peut se mettre sous la forme $y(x) = x \cdot (Ax + B)$.

Au cours d'un tir d'entraînement, un boulet tombe dans l'eau. Dans ces conditions, la distance entre le point de départ du boulet et son point M d'impact sur l'eau est appelée portée (voir **figure 1 page 2**).

On négligera la différence d'altitude entre les points O et M devant les autres distances.

2.3.1. Exprimer la portée d du tir en fonction de A et B.

2.3.2. L'expression littérale de la portée d en fonction de v_0 , α et g est : $d = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$.

Retrouver, en la justifiant, la valeur $\alpha = 45^\circ$ donnée dans le texte, pour laquelle la portée est maximale, pour une vitesse v_0 donnée.

2.3.3. À partir de la question précédente et des données, calculer la vitesse initiale du boulet pour atteindre la portée maximale donnée dans le texte.

2.3.4. En fait, les frottements dans l'air ne sont pas négligeables.

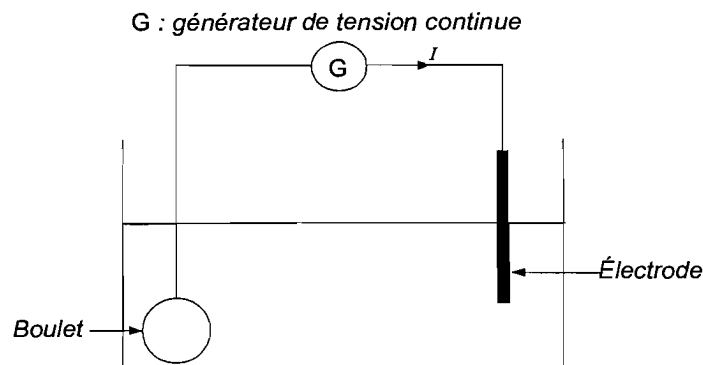
Avec un angle de tir restant égal à 45° , la vitesse initiale du boulet doit-elle être supérieure ou inférieure à celle trouvée à la question 2.3.3. pour obtenir la même portée maximale ? Justifier sans calcul.

3. Restauration d'un boulet par électrolyse

Un boulet est retrouvé par un archéologue, qui le restaure par électrolyse en solution basique. Ce procédé a pour but, notamment :

- d'éliminer la gangue (substance qui forme une enveloppe autour d'une autre matière) qui entoure le boulet ;
- de débarrasser l'objet de tous les ions chlorure qui, au contact de l'humidité de l'air et du dioxygène amènent à la formation d'acide chlorhydrique conduisant à la destruction rapide du boulet. Ces ions chlorure sont également présents dans la gangue.

Le schéma de principe de l'électrolyse est le suivant :



La lente destruction de la gangue libère dans l'électrolyte les ions chlorure qu'elle contenait.

L'équation de la réaction modélisant l'électrolyse est :

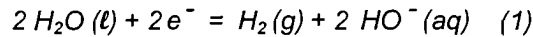


Les couples d'oxydoréduction mis en jeu sont : $\text{Cl}_2 (\text{g}) / \text{Cl}^- (\text{aq})$ et $\text{H}_2\text{O} (\ell) / \text{H}_2 (\text{g})$

3.1. La réaction se produisant à l'anode est-elle une oxydation ou une réduction ?

3.2. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'anode. À quelle borne du générateur est reliée cette électrode ?

3.3. À l'une des électrodes, on observe un dégagement de dihydrogène. L'équation de la réaction électrochimique associée est :



La pression exercée par le dihydrogène permet de décoller la gangue. L'élimination de la gangue se fait sous une intensité I constante et pendant une durée Δt qui dépend, entre autres, de la nature de l'objet et de son état de corrosion.

Données :

Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Intensité du courant : $I = 1,0 \text{ A}$

Durée de l'électrolyse : $\Delta t = 530 \text{ heures}$

Aide au calcul			
$5,3 \times 3,6 \approx 19$	$2 \times 1,6 \times 6 \approx 19$	$\frac{5,3}{3,6} = 1,5$	$\frac{2 \times 6}{1,6} = 7,5$

On note Q la valeur absolue de la charge électrique totale ayant circulé dans le dispositif pendant la durée Δt de l'électrolyse.

3.3.1. Donner l'expression littérale du nombre N d'électrons transférés et celle de la quantité d'électrons $n(e^-)$ en fonction des grandeurs données.

3.3.2. Pour simplifier, on fait l'hypothèse que la réaction correspondant à l'équation (1) est la seule à se produire au niveau de l'électrode concernée.

En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, établir une relation entre la quantité $n(\text{H}_2)$ de dihydrogène dégagé et la quantité d'électrons $n(e^-)$ et en déduire que $n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{I \cdot \Delta t}{e \cdot N_A}$.

3.3.3. Calculer la valeur de $n(\text{H}_2)$.

3.3.4. En déduire quel serait le volume de dihydrogène dégagé dans les conditions de l'expérience. On donne le volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_M = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

EXERCICE II : DÉCOUVERTES LIÉES À DES ÉCLIPSES DE SOLEIL (5 points)

Cet exercice se compose de deux parties indépendantes.

Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

A. Partition lunaire

Des chercheurs du CEA de l'équipe d'Elisabeth Blanc viennent d'annoncer qu'une éclipse n'a pas pour seul effet une baisse de la luminosité. Lors de l'éclipse du Soleil du 11 août 1999, à 12 h 16 précises, l'ombre de la Lune commence sa traversée de la France à la vitesse de 2850 km.h^{-1} sur un axe Cherbourg-Strasbourg. Sur son passage, la température de l'air chute rapidement d'environ 5°C . Le déplacement de cette zone froide, à la même vitesse que celui de l'ombre (...), engendre dans son sillage des ondes transversales dont la fréquence est largement inférieure à 20 Hz.

D'après la revue Les Défis du CEA - n° 97 octobre-novembre 2003

1. Ondes créées lors de l'éclipse

- 1.1. Définir une onde mécanique progressive.
- 1.2. Définir une onde transversale.
- 1.3. Dire, en justifiant la réponse, si les ondes créées lors de l'éclipse peuvent être sonores.

2. Caractéristiques des ondes créées

L'équipe en charge du projet a pu détecter à faible altitude, une série d'ondes dont la période moyenne est de l'ordre de 10 minutes et la célérité moyenne est de l'ordre de 100 km.h^{-1} .

- 2.1. Vérifier que la fréquence de l'onde est effectivement largement inférieure à 20 Hz.
- 2.2. Ces ondes peuvent-elles être diffractées par des montagnes séparées par une distance de 10 km ? Justifier la réponse.

Aide au calcul	
$\frac{1}{6} = 1,7 \times 10^{-1}$	$\frac{1}{36} = 2,8 \times 10^{-2}$

B. Découverte historique d'un nouvel élément chimique

Lors de l'éclipse totale du Soleil du 18 août 1868, le français Pierre Janssen et le britannique Norman Lockyer ont analysé le spectre de la couronne solaire et ont remarqué qu'il présentait une raie brillante dans le jaune très proche de celle du sodium. N. Lockyer a émis l'hypothèse que cette raie était due à un nouvel élément qu'il baptisa hélium (du grec hélios qui signifie Soleil). Ce n'est que vingt-sept ans plus tard que cet élément chimique fut identifié sur Terre.

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

Longueur d'onde de la raie D du sodium dans le vide : $\lambda_{\text{Na}} = 589,0 \text{ nm}$.

Longueur d'onde de la raie jaune de l'hélium dans le vide : $\lambda_{\text{He}} = 587,6 \text{ nm}$.

Aide au calcul	
$\frac{6,626 \times 2,998 \times 1,602}{589,0} = 5,403 \times 10^{-2}$	$\frac{6,626 \times 2,998}{587,6 \times 1,602} = 2,110 \times 10^{-2}$
$\frac{6,626 \times 2,998}{589,0 \times 1,602} = 2,105 \times 10^{-2}$	$\frac{6,626 \times 2,998 \times 1,602}{587,6} = 5,416 \times 10^{-2}$

1. Spectre d'énergie

1.1. Illustrer, en s'aidant d'un schéma de niveaux d'énergie d'un atome, le phénomène d'émission d'un photon (quantum d'énergie lumineuse).

1.2. On note E l'énergie du photon émis lors d'une transition énergétique d'un atome.

Donner l'expression littérale de E en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse émise dans le vide, de la constante de Planck h et de la célérité de la lumière dans le vide c .

1.3. Raie D du sodium

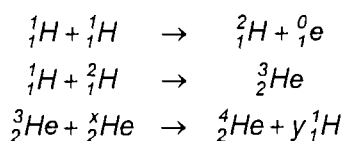
1.3.1. Calculer la valeur de E en électronvolts, pour le rayonnement correspondant à la raie D du sodium.

1.3.2. Déterminer, en s'aidant de la **figure 2 page 7**, à quelle transition correspond cette émission.

1.4. L'énergie du photon correspondant à l'émission de la raie jaune de l'hélium (de longueur d'onde λ_{He}) est égale à 2,110 eV. En s'aidant de la **figure 2 page 7**, justifier que cette émission ne peut pas être attribuée au sodium.

2. Formation de l'hélium dans le Soleil

Les noyaux d'hélium 3 et d'hélium 4 peuvent être produits par une suite de réactions nucléaires dont les équations sont indiquées ci-dessous :



2.1. Quel nom donne-t-on à ces réactions nucléaires ?

2.2. Parmi les noyaux ${}^3_2\text{He}$, ${}^3_1\text{H}$ et ${}^4_2\text{He}$, lesquels sont isotopes ? Justifier.

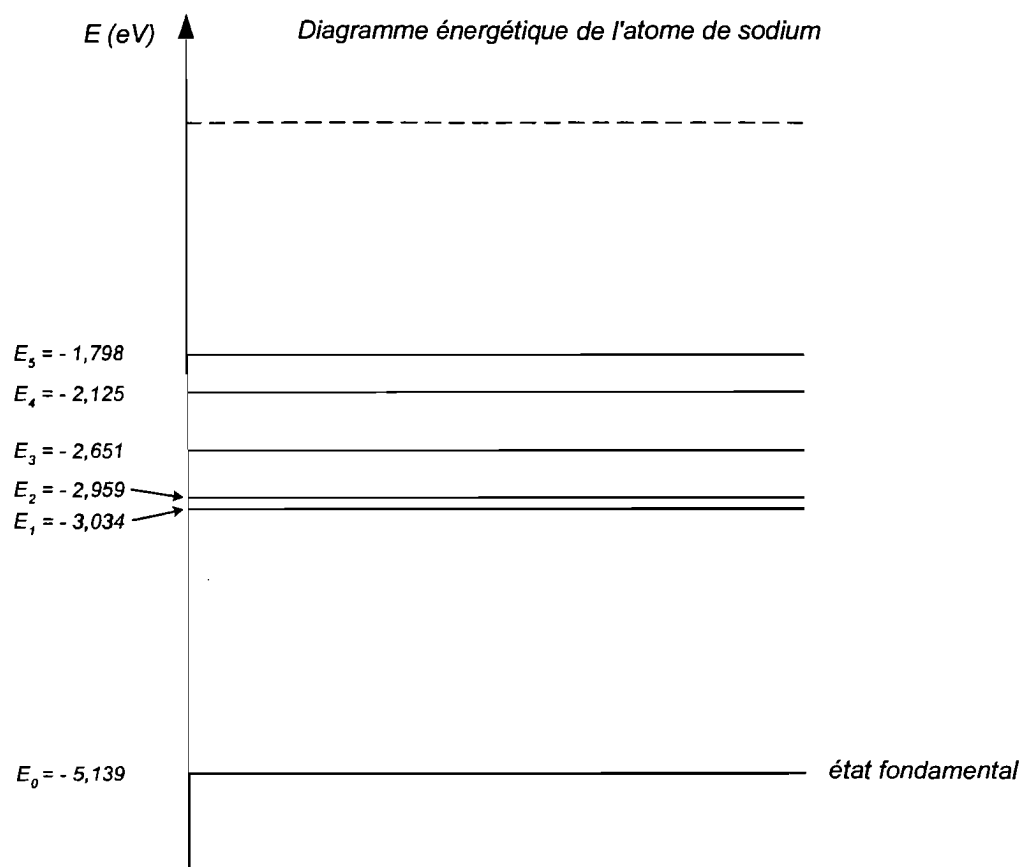
2.3. Déterminer les valeurs de x et y dans la troisième équation de réaction et justifier la réponse en précisant les lois de conservation utilisées.

2.4. On étudie dans la couronne solaire les spectres d'émission des atomes d'hélium 3 et d'hélium 4. On rappelle qu'un spectre atomique caractérise la configuration électronique de l'atome (c'est-à-dire le nuage d'électrons de l'atome).

2.4.1. Ces deux types d'atomes possèdent-ils la même configuration électronique ? Justifier.

2.4.2. Ces deux atomes auraient-ils pu être distingués l'un de l'autre expérimentalement dans le spectre obtenu par Pierre Janssen et Norman Lockyer ?

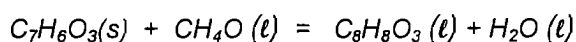
Figure 2



EXERCICE III. SYNTHÈSE D'UN ESTER (4 points)

L'huile essentielle de Gauthérie autrement appelée "essence de Wintergreen" est issue d'un arbuste d'Amérique septentrionale : le palommier, également appelé "thé du Canada", "thé rouge", "thé de Terre Neuve". Cette substance est un anti-inflammatoire remarquable. Elle est aussi utilisée en parfumerie et comme arôme dans l'alimentation. Autrefois, elle était obtenue par distillation complète de la plante.

Cette huile est constituée principalement de salicylate de méthyle. Il est possible de synthétiser cet ester au laboratoire, à partir de l'acide salicylique et du méthanol selon la réaction d'équation :



Cet exercice comporte 13 AFFIRMATIONS concernant un mode opératoire de cette synthèse.

L'aide au calcul peut comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires. À chaque affirmation, répondre par VRAI ou FAUX, en justifiant le choix à l'aide de définitions, de schémas, de calculs, d'équations de réactions,...

SI L'AFFIRMATION EST FAUSSE, DONNER LA RÉPONSE JUSTE.

Données :

Nom	Formule	Masse molaire en $g \cdot mol^{-1}$	Masse volumique en $g \cdot mL^{-1}$	Température d'ébullition en °C (pression 1 bar)
Acide salicylique	$C_7H_6O_3$	$M_1 = 138$	 	$\theta_1 = 211$
Méthanol	CH_4O	$M_2 = 32$	$\rho_2 = 0,8$	$\theta_2 = 65$
Salicylate de méthyle	$C_8H_8O_3$	$M_3 = 152$	$\rho_3 = 1,17$	$\theta_3 = 223$
Cyclohexane	C_6H_{12}	$M_4 = 84$	$\rho_4 = 0,78$	$\theta_4 = 81$

Formule de l'ion hydrogénocarbonate : HCO_3^- .



Masse volumique de l'eau : $1,0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$.

Couples acide/base : $HCO_3^-(aq) / CO_3^{2-}(aq)$

$CO_2, H_2O / HCO_3^-(aq)$; le dioxyde de carbone est un gaz peu soluble dans l'eau.

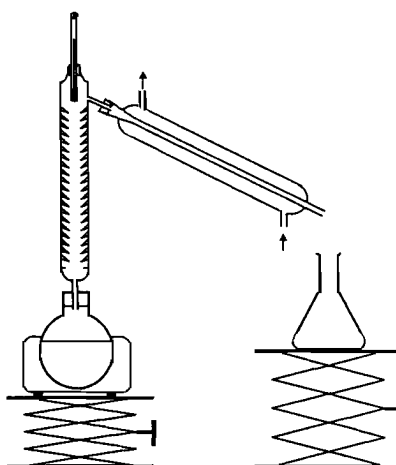
Aide au calcul					
$\frac{1,38}{2,76} = 0,500$	$\frac{2,76}{1,38} = 2,00$	$\frac{2,1}{7,6} = 0,28$	$\frac{2,1}{3,04} = 0,69$	$\frac{1,52}{2,1} = 0,72$	$\frac{2,1}{1,52} = 1,4$

Dans un ballon, on introduit une masse $m_1 = 27,6$ g d'acide salicylique, un volume V_2 d'environ 20 mL de méthanol et 1 mL d'acide sulfurique concentré. Puis on chauffe à reflux. Sur le flacon de méthanol, on peut voir les pictogrammes suivants :

 	<p>R : 11 - Facilement inflammable.</p> <p>R : 23/25 - Toxique par inhalation et par ingestion.</p> <p>S : 7 - Conserver le récipient bien fermé.</p> <p>S : 16 - Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles - Ne pas fumer.</p> <p>S : 24 - Éviter le contact avec la peau.</p> <p>S : 45 - En cas d'accident ou de malaise consulter immédiatement un médecin.</p>
--	--

AFFIRMATION 1 : on doit manipuler le méthanol sous la hotte.

AFFIRMATION 2 : le schéma d'un chauffage à reflux est le suivant :

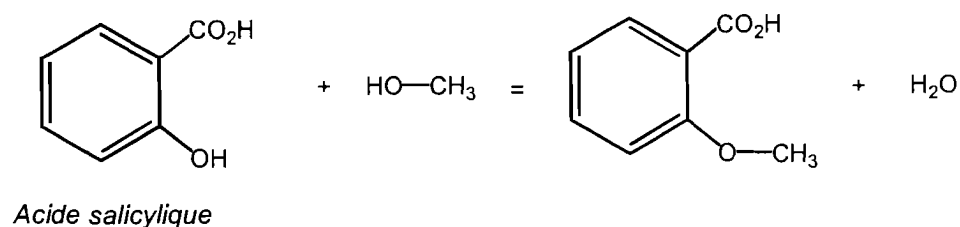


AFFIRMATION 3 : pour prélever le méthanol, il faut absolument utiliser une pipette jaugée munie d'une poire à pipeter (ou propipette).

AFFIRMATION 4 : la quantité n_1 d'acide salicylique introduit vaut $n_1 = 2,00 \times 10^{-1}$ mol.

AFFIRMATION 5 : la quantité n_2 de méthanol introduit vaut environ $n_2 = 5$ mol.

AFFIRMATION 6 : l'équation associée à la réaction de synthèse du salicylate de méthyle s'écrit :



AFFIRMATION 7 : le réactif introduit en excès est le méthanol.

Après plusieurs heures de chauffage, on refroidit à température ambiante. On ajoute 100 mL d'eau glacée et on verse dans une ampoule à décanter. On extrait la phase organique avec du cyclohexane. Cette phase a une masse volumique proche de celle du cyclohexane.

AFFIRMATION 8 : la phase organique se situe dans la partie inférieure de l'ampoule à décanter.

La phase organique contient l'ester, du méthanol, du cyclohexane et des acides. On lave ensuite plusieurs fois cette phase avec une solution aqueuse d'hydrogénocarbonate de sodium afin d'éliminer les acides restant dans la solution. Il se produit un dégagement gazeux.

AFFIRMATION 9 : le gaz est du dioxyde de carbone.

On effectue à nouveau un lavage à l'eau et on sèche. On sépare les constituants de la phase organique par distillation.

AFFIRMATION 10 : lors de la distillation, le salicylate de méthyle est recueilli en premier.

Après purification, on récupère une masse $m_3 = 21$ g de salicylate de méthyle.

AFFIRMATION 11 : le rendement de cette synthèse est de 50 %.

AFFIRMATION 12 : l'ajout d'acide sulfurique a permis d'augmenter le rendement de la synthèse.

AFFIRMATION 13 : l'excès d'un des réactifs a permis d'augmenter le rendement de la synthèse.

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. LA GALIOTE (7 points)
- II. DÉCOUVERTES LIÉES À DES ÉCLIPSES DE SOLEIL (5 points)
- III. SYNTHÈSE D'UN ESTER (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

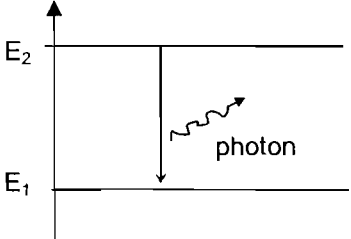
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

2.3.4.	À vitesse égale, la portée diminue avec les frottements. Pour obtenir la même portée maximale, la vitesse du boulet doit être supérieure à la vitesse calculée précédemment.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte
3. Restauration d'un boulet par électrolyse.			
3.1.	La réaction ayant lieu à l'anode est une oxydation.	0,25	
3.2.	$2 \text{Cl}^- (\text{aq}) = \text{Cl}_2 (\text{g}) + 2 \text{e}^-$ Cette électrode est reliée à la borne positive du générateur car elle cède des électrons au circuit électrique.	0,25 0,25	Accepter un schéma pour justification.
3.3.1.	$Q = I \cdot \Delta t$ donc $N = \frac{I \cdot \Delta t}{e}$	0,25	
	$n(\text{e}^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{e \cdot N_A}$	0,25	
3.3.2.	$n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{e}^-)$ d'où $n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{I \cdot \Delta t}{e \cdot N_A}$	0,50	
3.3.3.	$n(\text{H}_2) \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{1,0 \times 530 \times 3600}{1,6 \times 10^{-19} \times 6,0 \times 10^{23}}$ $\approx \frac{5,30 \times 10^2 \times 3,6 \times 10^3}{2 \times 1,6 \times 6,0 \times 10^4} \approx \frac{19 \times 10^5}{19 \times 10^4}$ $n(\text{H}_2) \approx 10 \text{ mol.}$	0,50	Seul le résultat est attendu
3.3.4.	$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \times V_M$ $V(\text{H}_2) = 10 \times 24 = 2,4 \times 10^2 \text{ L}$	0,25	Accepter un résultat cohérent avec la valeur $n(\text{H}_2)$ déterminée par le candidat.

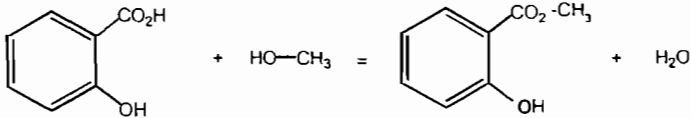
EXERCICE II. DÉCOUVERTES LIÉES À DES ÉCLIPSES DE SOLEIL (5 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues		Barème	Commentaires
A. Partition lunaire			
1. Ondes créées lors de l'éclipse			
1.1.	Une onde mécanique est une perturbation du milieu matériel qui se propage de proche en proche.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte.
1.2.	Une onde transversale est telle que la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de la propagation.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte
1.3.	Une onde sonore est longitudinale ce qui n'est pas le cas pour une onde créée lors de l'éclipse.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte
2. Caractéristiques des ondes créées			
2.1.	On a $f = \frac{1}{T} = 1,7 \times 10^{-3} \text{ Hz} \ll 20 \text{ Hz}$.	0,5	0,25 pour la calcul de la fréquence 0,25 pour la comparaison
2.2.	La longueur d'onde est de 17 km ; elle est de l'ordre de grandeur de la distance séparant les montagnes : l'onde est diffractée de façon importante.	0,5	0,25 pour le calcul de la longueur d'onde. 0,25 pour la comparaison et la conclusion.
B. Découverte historique d'un nouvel élément chimique			
1. Spectre d'énergie			
1.1.	 <p>Lorsque l'atome passe du niveau d'énergie E_2 à un niveau inférieur E_1 il peut émettre un photon.</p>	0,25	Accepter le schéma seul.
1.2.	$E = \frac{h.c}{\lambda}$	0,5	
1.3.1.	$E = 2,105 \text{ eV}$	0,25	
1.3.2.	Cela correspond à la transition E_1 à E_0	0,25	
1.4.	D'après le spectre du sodium aucune différence d'énergie ne correspond à la valeur 2,110 eV. Cette valeur est peut être due à la transition énergétique d'un autre élément.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte.
2. Formation de l'hélium dans le Soleil			
2.1.	Fusion	0,25	
2.2.	Les deux noyaux d'hélium sont isotopes car ils ont le même nombre de protons et des nombres de neutrons différents.	0,25	Ne pas accorder de point si la réponse n'est pas justifiée.
2.3	Conservation du nombre total de nucléons et conservation de la charge électrique totale. $x = 3$ et $y = 2$	0,5	0,25 pour les lois. 0,25 pour le couple de valeurs.
2.4.1.	Les deux isotopes ont le même nombre de protons donc les deux atomes ont le même nuage d'électrons.	0,25	
2.4.2	Les deux isotopes ont le même nuage électronique donc le même spectre de raies, donc ils n'auraient pu être distingués.	0,5	Accepter toute autre formulation correcte

EXERCICE III. SYNTHÈSE D'UN ESTER (4 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses attendues	Barème	Commentaires																								
1.	VRAI. Le méthanol est toxique par inhalation ; on doit donc le manipuler sous la hotte.	0,25																									
2.	FAUX. Le schéma représenté correspond à une distillation.	0,25	Accepter le schéma d'un chauffage à reflux.																								
3.	FAUX. Il faut environ 20 mL de méthanol, on peut donc les prélever à l'aide d'une éprouvette graduée.	0,25	Ou une autre verrerie graduée.																								
4.	VRAI. $n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{27,6}{138} = 2,00 \times 10^{-1}$ mol.	0,25																									
5.	FAUX. $n_2 = \frac{V_2 \times \rho_2}{M_2} = \frac{20 \times 0,8}{32} = 0,5$ mol.	0,25																									
6.	FAUX. L'équation de la réaction s'écrit : 	0,25																									
7.	VRAI. <table border="1" data-bbox="344 929 1003 1064"> <thead> <tr> <th colspan="2">Equation</th> <th>C₇H₆O₃</th> <th>+</th> <th>CH₄O</th> <th>= ...</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E. I.</td> <td>0</td> <td>n₁</td> <td></td> <td>n₂</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E. int.</td> <td>x</td> <td>n₁ - x</td> <td></td> <td>n₂ - x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E. F.</td> <td>x_{max}</td> <td>n₁ - x_{max}</td> <td></td> <td>n₂ - x_{max}</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>$x_{\max} = n_1 = 0,200$ mol ou $x_{\max} = n_2 = 0,5$ mol. D'où $x_{\max} = 0,200$ mol et le méthanol a été introduit en excès.</p>	Equation		C ₇ H ₆ O ₃	+	CH ₄ O	= ...	E. I.	0	n ₁		n ₂		E. int.	x	n ₁ - x		n ₂ - x		E. F.	x _{max}	n ₁ - x _{max}		n ₂ - x _{max}		0,25 0,25	Le tableau d'avancement n'est pas exigé. On acceptera un raisonnement à partir des réponses aux questions 4. et 5..
Equation		C ₇ H ₆ O ₃	+	CH ₄ O	= ...																						
E. I.	0	n ₁		n ₂																							
E. int.	x	n ₁ - x		n ₂ - x																							
E. F.	x _{max}	n ₁ - x _{max}		n ₂ - x _{max}																							
8.	FAUX. La phase supérieure contient le liquide le moins dense, c'est-à-dire la phase organique (de même densité que le cyclohexane).	0,25																									
9.	VRAI. L'ion hydrogénocarbonate est une base ; il réagit avec l'acide sulfurique ou l'acide salicylique pour donner son acide conjugué le dioxyde de carbone.	0,25																									
10.	FAUX. On élimine le méthanol et le cyclohexane qui sont beaucoup plus volatils que l'ester (température d'ébullition la moins élevée).	0,25																									
11.	FAUX. Si la transformation est totale, alors il se forme : $x_{\max} = 0,200$ mol d'ester. Soit une masse $m_{\max} = x_{\max} \times M_3 = 0,200 \times 152 = 30,4$ g. Donc $r = \frac{m}{m_{\max}} = \frac{21}{30,4} \approx 0,69$ soit 69%.	0,25 0,25	Accepter justification par équation de réaction . Accepter les calculs sur les quantités de matière à la place des masses.																								
12.	FAUX. L'acide sulfurique est un <u>catalyseur</u> de la réaction. Il ne permet donc pas d'augmenter le rendement.	0,25																									
13.	VRAI. Lorsque l'on utilise un excès de réactif, on <u>déplace l'équilibre</u> dans le sens de l'estérification et on augmente le rendement.	0,25																									

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2007

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 36 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE-CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. La galiote (7 points)
- II. Découvertes liées à des éclipses de Soleil (5 points)
- III. Synthèse d'un conservateur (4 points)

EXERCICE I. LA GALIOTE (7 points)

La galiote était un navire de guerre qui fit son apparition à la fin du XVII^{ème} siècle, sous le règne de Louis XIV. Les galiotes possédaient de lourds canons, fixés au pont, projetant des boulets de 200 livres (environ 100 kg) portant jusqu'à 1200 toises (environ 2400 m).

Selon la description détaillée de Renau, Inspecteur Général de la Marine, ces bâtiments sont destinés à emporter des canons en mer. Ils sont de moyenne grandeur et à fond plat. De par leur fabrication, l'angle de tir des canons est fixe et a pour valeur $\alpha = 45^\circ$, ce qui permet de tirer à la plus grande distance possible.

La structure d'une galiote doit être très robuste pour résister à la réaction considérable du boulet et leur échantillon⁽¹⁾ est ordinairement aussi fort que celui d'un vaisseau de 50 canons.

⁽¹⁾ dimension et épaisseur des pièces utilisées pour la construction.

D'après le site Internet de l'Institut de Stratégie Comparée.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.

Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

1. Action de la poudre de canon sur le boulet

L'éjection du boulet est provoquée par la combustion de la poudre. Une force de poussée est donc exercée sur le boulet par l'ensemble {galiote + canon + gaz}.

Justifier l'expression soulignée dans le texte encadré ci-dessus, à l'aide d'une des trois lois de Newton. Énoncer cette loi. (On pourra s'aider d'un schéma).

2. La trajectoire du boulet

On souhaite étudier la trajectoire du centre d'inertie G du boulet de masse m. L'étude est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. Le repère d'étude est (O, \vec{i}, \vec{j}) et l'origine des dates est choisie à l'instant où le boulet part du point O (voir **figure 1** ci-dessous).

Le vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 du point G est incliné d'un angle α (appelé angle de tir) par rapport à l'horizontale. **Une fois le boulet lancé, la force de poussée de la partie précédente n'intervient plus.**

Données :

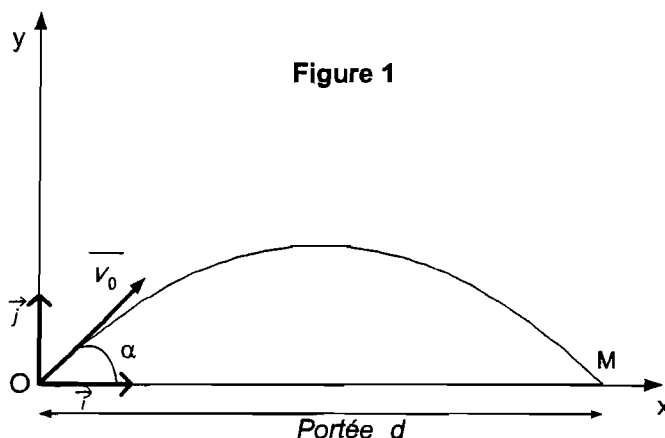
Volume du boulet : $V = 16 \text{ dm}^3 = 16 \text{ L}$

Masse du boulet : $m = 100 \text{ kg}$

Valeur du champ de pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

Masse volumique de l'air : $\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$

Aide au calcul		
$1,6 \times 1,3 = 2,1$		$\sqrt{2,4} \approx 1,5$
$\frac{1,6}{1,3} = 1,2$	$\frac{1,3}{1,6} = 0,81$	$\sqrt{24} \approx 4,9$



2.1. Inventaire des forces agissant sur le boulet après son lancement

2.1.1. La poussée d'Archimède

Donner l'expression littérale de la valeur F_A de la poussée d'Archimède puis la calculer.

2.1.2. Le poids

Calculer la valeur P du poids du boulet après avoir précisé son expression littérale.

2.1.3. Dans cet exercice, on pourra négliger la poussée d'Archimède devant le poids si la valeur de ce dernier est au moins cent fois plus grande que celle de la poussée d'Archimède.

Montrer que l'on est dans cette situation.

2.1.4. Pendant le vol, compte tenu de la masse, de la vitesse et de la forme du boulet, on fait l'hypothèse que les forces de frottement dans l'air sont négligeables devant le poids.

En tenant compte de la remarque et des résultats précédents, établir le bilan des forces exercées sur le système {boulet} pendant le vol.

2.2. Équation de la trajectoire

Dans toute cette partie, on négligera la poussée d'Archimède et on ne tiendra pas compte des forces de frottement dues à l'air.

2.2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que les équations horaires du mouvement du point G s'écrivent :

$$x(t) = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t$$

$$\text{et } y(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t$$

2.2.2. Montrer que l'équation de la trajectoire peut se mettre sous la forme $y(x) = Ax^2 + Bx$. On donnera les expressions littérales de A et B et on précisera leurs unités respectives.

2.3. Portée du tir

L'équation de la trajectoire du boulet peut se mettre sous la forme $y(x) = x \cdot (Ax + B)$.

Au cours d'un tir d'entraînement, un boulet tombe dans l'eau. Dans ces conditions, la distance entre le point de départ du boulet et son point M d'impact sur l'eau est appelée portée (voir **figure 1 page 2**). On négligera la différence d'altitude entre les points O et M devant les autres distances.

2.3.1. Exprimer la portée d du tir en fonction de A et B.

2.3.2. L'expression littérale de la portée d en fonction de v_0 , α et g est : $d = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$.

Retrouver, en la justifiant, la valeur $\alpha = 45^\circ$ donnée dans le texte, pour laquelle la portée est maximale, pour une vitesse v_0 donnée.

2.3.3. À partir de la question précédente et des données, calculer la vitesse initiale du boulet pour atteindre la portée maximale donnée dans le texte.

2.3.4. En fait, les frottements dans l'air ne sont pas négligeables.

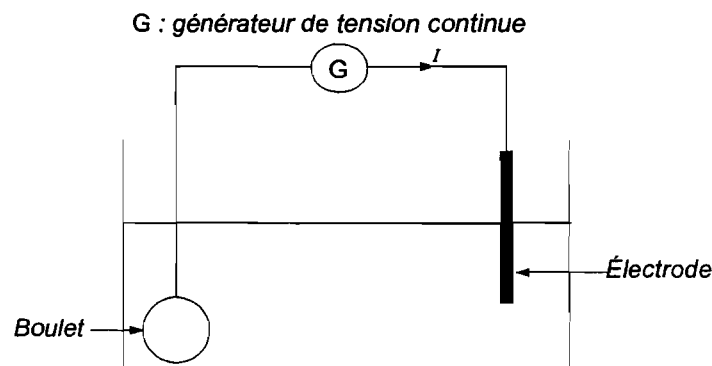
Avec un angle de tir restant égal à 45° , la vitesse initiale du boulet doit-elle être supérieure ou inférieure à celle trouvée à la question 2.3.3. pour obtenir la même portée maximale ? Justifier sans calcul.

3. Restauration d'un boulet par électrolyse

Un boulet est retrouvé par un archéologue, qui le restaure par électrolyse en solution basique. Ce procédé a pour but, notamment :

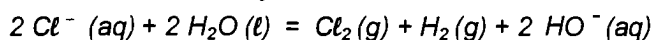
- d'éliminer la gangue (substance qui forme une enveloppe autour d'une autre matière) qui entoure le boulet ;
- de débarrasser l'objet de tous les ions chlorure qui, au contact de l'humidité de l'air et du dioxygène amènent à la formation d'acide chlorhydrique conduisant à la destruction rapide du boulet. Ces ions chlorure sont également présents dans la gangue.

Le schéma de principe de l'électrolyse est le suivant :



La lente destruction de la gangue libère dans l'électrolyte les ions chlorure qu'elle contenait.

L'équation de la réaction modélisant l'électrolyse est :

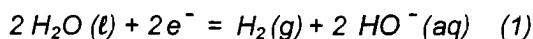


Les couples d'oxydoréduction mis en jeu sont : $\text{Cl}_2 (\text{g}) / \text{Cl}^- (\text{aq})$ et $\text{H}_2\text{O} (\ell) / \text{H}_2 (\text{g})$

3.1. La réaction se produisant à l'anode est-elle une oxydation ou une réduction ?

3.2. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'anode. À quelle borne du générateur est reliée cette électrode ?

3.3. À l'une des électrodes, on observe un dégagement de dihydrogène. L'équation de la réaction électrochimique associée est :



La pression exercée par le dihydrogène permet de décoller la gangue. L'élimination de la gangue se fait sous une intensité I constante et pendant une durée Δt qui dépend, entre autres, de la nature de l'objet et de son état de corrosion.

Données :

Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Intensité du courant : $I = 1,0 \text{ A}$

Durée de l'électrolyse : $\Delta t = 530 \text{ heures}$

Aide au calcul			
$5,3 \times 3,6 \approx 19$	$2 \times 1,6 \times 6 \approx 19$	$\frac{5,3}{3,6} = 1,5$	$\frac{2 \times 6}{1,6} = 7,5$

On note Q la valeur absolue de la charge électrique totale ayant circulé dans le dispositif pendant la durée Δt de l'électrolyse.

3.3.1. Donner l'expression littérale du nombre N d'électrons transférés et celle de la quantité d'électrons $n(\text{e}^-)$ en fonction des grandeurs données.

3.3.2. Pour simplifier, on fait l'hypothèse que la réaction correspondant à l'équation (1) est la seule à se produire au niveau de l'électrode concernée.

En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, établir une relation entre la quantité $n(\text{H}_2)$ de dihydrogène dégagé et la quantité d'électrons $n(\text{e}^-)$ et en déduire que $n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{I \cdot \Delta t}{e \cdot N_A}$.

3.3.3. Calculer la valeur de $n(\text{H}_2)$.

3.3.4. En déduire quel serait le volume de dihydrogène dégagé dans les conditions de l'expérience. On donne le volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_M = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

EXERCICE II : DÉCOUVERTES LIÉES À DES ÉCLIPSES DE SOLEIL (5 points)

Cet exercice se compose de deux parties indépendantes.

Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

A. Partition lunaire

Des chercheurs du CEA de l'équipe d'Elisabeth Blanc viennent d'annoncer qu'une éclipse n'a pas pour seul effet une baisse de la luminosité. Lors de l'éclipse du Soleil du 11 août 1999, à 12 h 16 précises, l'ombre de la Lune commence sa traversée de la France à la vitesse de 2850 km.h^{-1} sur un axe Cherbourg-Strasbourg. Sur son passage, la température de l'air chute rapidement d'environ 5°C . Le déplacement de cette zone froide, à la même vitesse que celui de l'ombre (...), engendre dans son sillage des ondes transversales dont la fréquence est largement inférieure à 20 Hz.

D'après la revue Les Défis du CEA - n° 97 octobre-novembre 2003

1. Ondes créées lors de l'éclipse

- 1.1. Définir une onde mécanique progressive.
- 1.2. Définir une onde transversale.
- 1.3. Dire, en justifiant la réponse, si les ondes créées lors de l'éclipse peuvent être sonores.

2. Caractéristiques des ondes créées

L'équipe en charge du projet a pu détecter à faible altitude, une série d'ondes dont la période moyenne est de l'ordre de 10 minutes et la célérité moyenne est de l'ordre de 100 km.h^{-1} .

- 2.1. Vérifier que la fréquence de l'onde est effectivement largement inférieure à 20 Hz.
- 2.2. Ces ondes peuvent-elles être diffractées par des montagnes séparées par une distance de 10 km ? Justifier la réponse.

Aide au calcul	
$\frac{1}{6} = 1,7 \times 10^{-1}$	$\frac{1}{36} = 2,8 \times 10^{-2}$

B. Découverte historique d'un nouvel élément chimique

Lors de l'éclipse totale du Soleil du 18 août 1868, le français Pierre Janssen et le britannique Norman Lockyer ont analysé le spectre de la couronne solaire et ont remarqué qu'il présentait une raie brillante dans le jaune très proche de celle du sodium. N. Lockyer a émis l'hypothèse que cette raie était due à un nouvel élément qu'il baptisa hélium (du grec hélios qui signifie Soleil). Ce n'est que vingt-sept ans plus tard que cet élément chimique fut identifié sur Terre.

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

Longueur d'onde de la raie D du sodium dans le vide : $\lambda_{\text{Na}} = 589,0 \text{ nm}$.

Longueur d'onde de la raie jaune de l'hélium dans le vide : $\lambda_{\text{He}} = 587,6 \text{ nm}$.

Aide au calcul	
$\frac{6,626 \times 2,998 \times 1,602}{589,0} = 5,403 \times 10^{-2}$	$\frac{6,626 \times 2,998}{587,6 \times 1,602} = 2,110 \times 10^{-2}$
$\frac{6,626 \times 2,998}{589,0 \times 1,602} = 2,105 \times 10^{-2}$	$\frac{6,626 \times 2,998 \times 1,602}{587,6} = 5,416 \times 10^{-2}$

1. Spectre d'énergie

1.1. Illustrer, en s'aidant d'un schéma de niveaux d'énergie d'un atome, le phénomène d'émission d'un photon (quantum d'énergie lumineuse).

1.2. On note E l'énergie du photon émis lors d'une transition énergétique d'un atome.

Donner l'expression littérale de E en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse émise dans le vide, de la constante de Planck h et de la célérité de la lumière dans le vide c .

1.3. Raie D du sodium

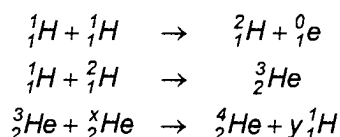
1.3.1. Calculer la valeur de E en électronvolts, pour le rayonnement correspondant à la raie D du sodium.

1.3.2. Déterminer, en s'aidant de la **figure 2 page 7**, à quelle transition correspond cette émission.

1.4. L'énergie du photon correspondant à l'émission de la raie jaune de l'hélium (de longueur d'onde λ_{He}) est égale à 2,110 eV. En s'aidant de la **figure 2 page 7**, justifier que cette émission ne peut pas être attribuée au sodium.

2. Formation de l'hélium dans le Soleil

Les noyaux d'hélium 3 et d'hélium 4 peuvent être produits par une suite de réactions nucléaires dont les équations sont indiquées ci-dessous :



2.1. Quel nom donne-t-on à ces réactions nucléaires ?

2.2. Parmi les noyaux ${}^3_2\text{He}$, ${}^3_1\text{H}$ et ${}^4_2\text{He}$, lesquels sont isotopes ? Justifier.

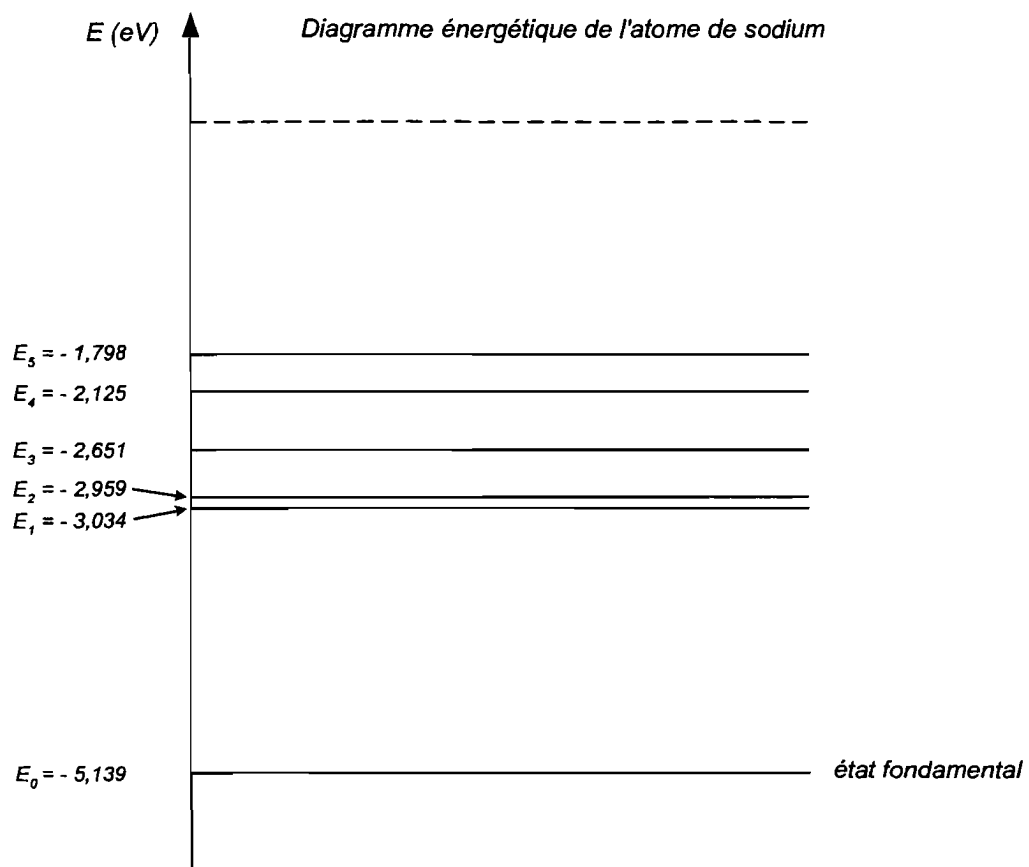
2.3. Déterminer les valeurs de x et y dans la troisième équation de réaction et justifier la réponse en précisant les lois de conservation utilisées.

2.4. On étudie dans la couronne solaire les spectres d'émission des atomes d'hélium 3 et d'hélium 4. On rappelle qu'un spectre atomique caractérise la configuration électronique de l'atome (c'est-à-dire le nuage d'électrons de l'atome).

2.4.1. Ces deux types d'atomes possèdent-ils la même configuration électronique ? Justifier.

2.4.2. Ces deux atomes auraient-ils pu être distingués l'un de l'autre expérimentalement dans le spectre obtenu par Pierre Janssen et Norman Lockyer ?

Figure 2



EXERCICE III. SYNTHÈSE D'UN CONSERVATEUR (4 points)

L'acide benzoïque est un conservateur présent dans de nombreuses boissons sans alcool. Son code européen est E 210. Il peut être préparé par synthèse en laboratoire.

Principe de cette synthèse : l'oxydation, en milieu basique et à chaud de l'alcool benzylique $C_6H_5CH_2OH$ par les ions permanganate MnO_4^- en excès, conduit à la formation d'ions benzoate $C_6H_5CO_2^-$ et de dioxyde de manganèse MnO_2 (solide brun). **Cette transformation est totale.**

Après réduction, par l'éthanol, des ions permanganate MnO_4^- excédentaires et élimination du dioxyde de manganèse MnO_2 , on obtient une solution incolore contenant les ions benzoate.

L'addition d'acide chlorhydrique à cette solution permet la cristallisation de l'acide benzoïque $C_6H_5CO_2H$ (solide blanc), que l'on recueille après filtration, lavage et séchage.

Certaines aides au calcul comportent des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

1. Questions relatives au protocole expérimental

1.1. Donner, sans justifier, le nom des parties manquantes (verrerie, nom de montage...), notées de ❶ à ❸ dans le texte de l'encadré ci-dessous décrivant le protocole expérimental.

1/ Formation de l'acide benzoïque :

Après avoir versé dans un ballon bicol posé sur un valet et sous la hotte un volume $V_1 = 2,0$ mL d'alcool benzylique puis bouché l'ensemble, on ajoute environ 20 mL de soude de concentration 2 mol.L^{-1} à l'aide de ❶. On introduit ensuite quelques grains de pierre ponce dans le ballon pour réguler l'ébullition lors du chauffage.

On réalise alors ❷, permettant de chauffer le mélange sans perte de matière ni surpression.

Après avoir versé lentement une solution aqueuse de permanganate de potassium dans le ballon, on porte le mélange à ébullition douce pendant 10 minutes environ. On ajoute quelques millilitres d'éthanol afin d'éliminer le réactif en excès, puis on refroidit le ballon et son mélange.

2/ Cristallisation de l'acide benzoïque :

On filtre le mélange obtenu, rapidement, en utilisant ❸ et on recueille un filtrat limpide et incolore. Le filtrat est ensuite versé dans un becher et refroidi dans la glace.

On ajoute prudemment 8,0 mL d'acide chlorhydrique concentré goutte à goutte et on observe la formation du précipité blanc d'acide benzoïque. On filtre et on rince avec un peu d'eau bien froide.

On récupère les cristaux d'acide benzoïque sur une coupelle préalablement pesée dont la masse est $m = 140,4$ g.

On les sèche dans une étuve, puis on pèse l'ensemble et on trouve une masse $m' = 141,8$ g.

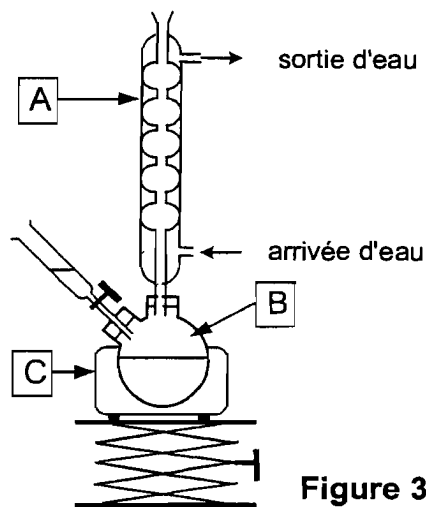


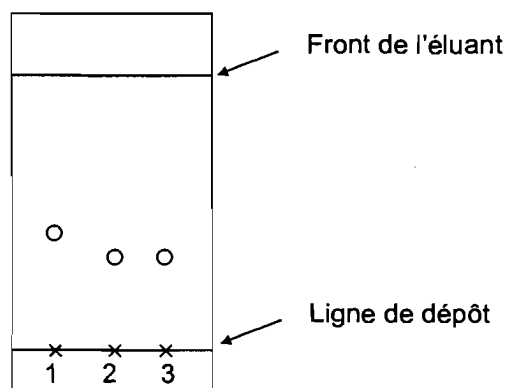
Figure 3

1.2. Nommer sur la copie les éléments du montage de la figure 3 ci-dessus repérés par les lettres A, B et C.

1.3. Afin de caractériser le produit formé, on réalise une chromatographie sur couche mince.

Dans trois tubes à essais, on verse 1 mL d'éluant E ; dans le tube 1 on ajoute une goutte d'alcool benzylique, dans le tube 2 une pointe de spatule du solide obtenu et dans le tube 3 une pointe de spatule d'acide benzoïque pur.

On réalise une chromatographie sur couche mince à partir du contenu des trois tubes et l'éluant E puis on révèle le chromatogramme sous rayonnement UV.



Interpréter le chromatogramme réalisé lors de la synthèse et conclure quant à la nature du solide obtenu.

2. Rendement de la synthèse

Répondre, dans cette seconde partie, en choisissant la bonne réponse. Justifier clairement ce choix (définition, expression littérale et application numérique, tableau d'avancement ...).

Une réponse non justifiée ne sera pas prise en compte.

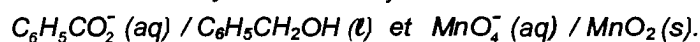
Données :

Nom	Alcool benzylique	Permanganate de potassium	Acide benzoïque
Formule	$C_6H_5CH_2OH$	$KMnO_4$	$C_6H_5CO_2H$
Masse molaire en $g.mol^{-1}$	$M_1 = 108$	$M_2 = 158$	$M_3 = 122$
Masse volumique en $g.mL^{-1}$	$\rho_1 = 1,0$		$\rho_3 = 1,3$

2.1. L'oxydation se fait en milieu basique. L'équation chimique de la réaction d'oxydoréduction qui se produit entre l'alcool benzylique et les ions permanganate s'écrit :



Les couples oxydant / réducteur mis en jeu lors de la synthèse de l'acide benzoïque sont les suivants :



Choisir les deux demi-équations électroniques associées à la transformation décrite ci-dessus.

- a) $C_6H_5CO_2^- (aq) + 4 e^- + 4 H_2O (\ell) = C_6H_5CH_2OH (\ell) + 5 HO^- (aq)$
 b) $C_6H_5CO_2^- (aq) + 4 e^- + 5 H^+ (aq) = C_6H_5CH_2OH (\ell) + H_2O (\ell)$
 c) $MnO_4^- (aq) + 8 H^+ (aq) + 5 e^- = Mn^{2+} (aq) + 4 H_2O (\ell)$
 d) $MnO_4^- (aq) + 3 e^- + 2 H_2O (\ell) = MnO_2 (s) + 4 HO^- (aq)$
 e) $MnO_4^- (aq) + 3 e^- + 4 H^+ (aq) = MnO_2 (s) + 2 H_2O (\ell)$

2.2. La quantité n_1 d'alcool benzylique contenue dans la prise d'essai de 2,0 mL vaut :

- a) $n_1 = 1,9 \times 10^{-2}$ mol ;
- b) $n_1 = 5,4 \times 10^{-2}$ mol ;
- c) $n_1 = 1,9 \times 10^{-5}$ mol.

Aide au calcul		
$\frac{2,0}{108} = 1,9 \times 10^{-2}$	$\frac{108}{2,0} = 54$	$\frac{2,0 \times 10^{-3}}{108} = 1,9 \times 10^{-5}$

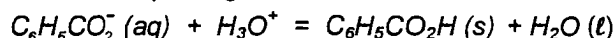
Pour toute la suite, on précise que la quantité d'ions permanganate apportée vaut $n_2 = 3,0 \times 10^{-2}$ mol.

2.3. Lors de l'oxydation de l'alcool benzylique, les ions permanganate doivent être introduits en excès. Choisir la bonne proposition (on pourra s'aider d'un tableau d'évolution du système).

- a) Les ions permanganate ont été introduits en excès.
- b) Les ions permanganate n'ont pas été introduits en excès.

Aide au calcul	
$\frac{1,9}{3} = 0,63$	$1,9 \times 3 = 5,7$

2.4. Lors de la cristallisation, le passage des ions benzoate à l'acide benzoïque se fait selon l'équation chimique :



La masse théorique maximale m_{max} d'acide benzoïque qu'il aurait été possible d'obtenir vaut :

- a) $m_{\text{max}} = 1,6 \times 10^{-2}$ g ;
- b) $m_{\text{max}} = 6,6$ g ;
- c) $m_{\text{max}} = 2,3$ g.

Aide au calcul		
$\frac{1,9}{122} = 1,6 \times 10^{-2}$	$5,4 \times 122 = 6,6 \times 10^2$	$1,9 \times 122 = 2,3 \times 10^2$

2.5. Le rendement r de la synthèse effectuée vaut :

- a) $r = 21$ % ;
- b) $r = 61$ % ;
- c) $r = 88$ %.

Aide au calcul		
$\frac{1,4}{6,6} = 0,21$	$\frac{1,4}{2,3} = 0,61$	$\frac{1,4}{1,6} = 0,88$

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. LA GALIOTE (7 points)
- II. DÉCOUVERTES LIÉES À DES ÉCLIPSES DE SOLEIL (5 points)
- III. SYNTHÈSE D'UN CONSERVATEUR (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au **B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. LA GALIOTE (7 points)

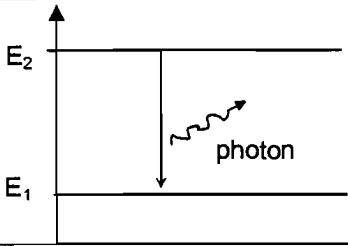
Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Action de la poudre de canon sur le boulet.			
	<u>Enoncé :</u> Lorsqu'un corps A exerce une force sur un corps B, alors le corps B exerce une force sur le corps A de même valeur, de même direction, mais de sens opposé. <u>Justification :</u> Une force de poussée est exercée sur le boulet, donc d'après la troisième loi de Newton, le boulet exerce une poussée de sens opposé mais de même valeur sur l'ensemble {galiote + canon + gaz}.	0,25 0,25	Accepter toute autre formulation correcte.
2. La trajectoire du boulet			
2.1.1	$F_A = V \cdot \rho \cdot g$ $F_A = 16 \times 10^{-3} \times 1,3 \times 10 = 2,1 \times 10^{-1} \text{ N}$	0,5	0,25 pour l'expression 0,25 pour la valeur. Accepter 0,21
2.1.2.	$P = m \cdot g$ $P = 100 \times 10 = 1,0 \times 10^3 \text{ N}$	0,25	En tout ou rien
2.1.3.	On a $P/F_A \approx 5 \times 10^3$ La poussée d'Archimède est négligeable devant le poids.	0,25	
2.1.4.	Poids (du boulet).	0,25	
2.2.1	$m \cdot \vec{a} = \vec{P}$ On projette cette relation sur le système d'axes. $\begin{cases} m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = 0 & \frac{dx}{dt} = (v_0 \cdot \cos \alpha) \\ m \cdot \frac{d^2y}{dt^2} = -m \cdot g & \frac{dy}{dt} = -g \cdot t + (v_0 \cdot \sin \alpha) \end{cases}$ $x(t) = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t$ $y(t) = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t$	1	0,25 pour 2 ^{ème} loi de Newton 0,25 pour projection 0,25 pour intégration 0,25 pour la prise en compte des conditions initiales
2.2.2.	$A = -\frac{1}{2} \cdot \frac{g}{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$ $B = \tan \alpha$ B est sans unité. A en m ⁻¹	0.75	0,25 pour l'expression de A 0,25 pour l'expression de B 0,25 pour les unités. Tout raisonnement correct est accepté.
2.3.1.	d est la valeur de x , non nulle, telle que $Ax^2 + Bx = 0$. $d = -\frac{B}{A}$	0,25	$d \neq 0$ n'est pas exigé. Toutes les relations correctes sont acceptées.
2.3.2.	Sinus atteint son maximum pour 90°. La portée est donc maximale pour $\alpha = \frac{90}{2} = 45^\circ$	0,25	
2.3.3.	$v_0 = \sqrt{d_{\max} \cdot g} = \sqrt{2,4 \times \sqrt{10^4}} \approx 1,5 \times 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	0,25	

2.3.4.	À vitesse égale, la portée diminue avec les frottements. Pour obtenir la même portée maximale, la vitesse du boulet doit être supérieure à la vitesse calculée précédemment.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte
3. Restauration d'un boulet par électrolyse.			
3.1.	La réaction ayant lieu à l'anode est une oxydation.	0,25	
3.2.	$2\text{Cl}^- (\text{aq}) = \text{Cl}_2 (\text{g}) + 2\text{e}^-$ Cette électrode est reliée à la borne positive du générateur car elle cède des électrons au circuit électrique.	0,25 0,25	Accepter un schéma pour justification.
3.3.1.	$Q = I \cdot \Delta t$ donc $N = \frac{I \cdot \Delta t}{e}$ $n(\text{e}^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{e \cdot N_A}$	0,25 0,25	
3.3.2.	$n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{e}^-)$ d'où $n(\text{H}_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{I \cdot \Delta t}{e \cdot N_A}$	0,50	
3.3.3.	$n(\text{H}_2) \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{1,0 \times 530 \times 3600}{1,6 \times 10^{-19} \times 6,0 \times 10^{23}}$ $\approx \frac{5,30 \times 10^2 \times 3,6 \times 10^3}{2 \times 1,6 \times 6,0 \times 10^4} \approx \frac{19 \times 10^5}{19 \times 10^4}$ $n(\text{H}_2) \approx 10 \text{ mol.}$	0,50	Seul le résultat est attendu
3.3.4.	$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \times V_M$ $V(\text{H}_2) = 10 \times 24 = 2,4 \times 10^2 \text{ L}$	0,25	Accepter un résultat cohérent avec la valeur $n(\text{H}_2)$ déterminée par le candidat.

EXERCICE II. DÉCOUVERTES LIÉES À DES ÉCLIPSES DE SOLEIL (5 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues		Barème	Commentaires
A. Partition lunaire			
1. Ondes créées lors de l'éclipse			
1.1.	Une onde mécanique est une perturbation du milieu matériel qui se propage de proche en proche.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte.
1.2.	Une onde transversale est telle que la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de la propagation.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte
1.3.	Une onde sonore est longitudinale ce qui n'est pas le cas pour une onde créée lors de l'éclipse.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte
2. Caractéristiques des ondes créées			
2.1.	On a $f = \frac{1}{T} = 1,7 \times 10^{-3} \text{ Hz} \ll 20 \text{ Hz}$.	0,5	0,25 pour la calcul de la fréquence 0,25 pour la comparaison
2.2.	La longueur d'onde est de 17 km ; elle est de l'ordre de grandeur de la distance séparant les montagnes : l'onde est diffractée de façon importante.	0,5	0,25 pour le calcul de la longueur d'onde. 0,25 pour la comparaison et la conclusion.
B. Découverte historique d'un nouvel élément chimique			
1. Spectre d'énergie			
1.1.	 <p>Lorsque l'atome passe du niveau d'énergie E_2 à un niveau inférieur E_1 il peut émettre un photon.</p>	0,25	Accepter le schéma seul.
1.2.	$E = \frac{h.c}{\lambda}$	0,5	
1.3.1.	$E = 2,105 \text{ eV}$	0,25	
1.3.2.	Cela correspond à la transition E_1 à E_0	0,25	
1.4.	D'après le spectre du sodium aucune différence d'énergie ne correspond à la valeur 2,110 eV. Cette valeur est peut être due à la transition énergétique d'un autre élément.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte.
2. Formation de l'hélium dans le Soleil			
2.1.	Fusion	0,25	
2.2.	Les deux noyaux d'hélium sont isotopes car ils ont le même nombre de protons et des nombres de neutrons différents.	0,25	Ne pas accorder de point si la réponse n'est pas justifiée.
2.3	Conservation du nombre total de nucléons et conservation de la charge électrique totale. $x = 3$ et $y = 2$	0,5	0,25 pour les lois. 0,25 pour le couple de valeurs.
2.4.1.	Les deux isotopes ont le même nombre de protons donc les deux atomes ont le même nuage d'électrons.	0,25	
2.4.2	Les deux isotopes ont le même nuage électronique donc le même spectre de raies, donc ils n'auraient pu être distingués.	0,5	Accepter toute autre formulation correcte

EXERCICE III. SYNTHÈSE D'UN CONSERVATEUR (4 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses attendues	Barème	Commentaires																				
1. Expériences réalisées																							
1.1.	<ul style="list-style-type: none"> ① éprouvette graduée ; ② chauffage à reflux ; ③ une filtration sous vide ou un Büchner. 	0,5	-0,25 par réponse fausse.																				
1.2.	A : réfrigérant à boules ; B : ballon (bicol) ; C : chauffe ballon.	0,5	-0,25 par réponse fausse.																				
1.3.	Le solide étudié ne contient qu'une substance (1 seule tache) : il s'agit de celle qui a été déposée en 3 (même hauteur ou rapport frontal). Donc on a bien produit de l'acide benzoïque.	0,25 0,25	Accepter toute autre explication correcte.																				
2. Rendement de la synthèse																							
2.1	a) $C_6H_5CO_2^- + 4 e^- + 4 H_2O = C_6H_5CH_2OH + 5 HO^-$; d) $MnO_4^- + 3 e^- + 2 H_2O = MnO_2 + 4 HO^-$. L'oxydation se fait <u>en milieu basique</u> et il se forme MnO_2 mais pas Mn^{2+} .	0,25 0,25	Tout ou rien. Justification.																				
2.2.	a) $n_1 = \frac{V_1 \cdot \rho_1}{M_1} = \frac{2,0 \times 1,0}{108} = 1,9 \times 10^{-2} \text{ mol}$.	0,25																					
2.3.	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Equation</td> <td style="padding: 2px;">3 $C_6H_5CH_2OH$</td> <td style="padding: 2px;">+</td> <td style="padding: 2px;">4 MnO_4^-</td> <td style="padding: 2px;">= ...</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">E. l.</td> <td style="padding: 2px;">0</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">n_1</td> <td style="padding: 2px;">n_2</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">E. int.</td> <td style="padding: 2px;">x</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">$n_1 - 3x$</td> <td style="padding: 2px;">$n_2 - 4x$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">E. F.</td> <td style="padding: 2px;">x_{\max}</td> <td style="padding: 2px;"></td> <td style="padding: 2px;">$n_1 - 3x_{\max}$</td> <td style="padding: 2px;">$n_2 - 4x_{\max}$</td> </tr> </table> $x_{\max} = \frac{n_1}{3} = 6,3 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ou $x_{\max} = \frac{n_2}{4} = 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}$ Donc $x_{\max} = 6,3 \times 10^{-3} \text{ mol}$. La proposition est : a) Les ions permanganate ont été introduits en excès.	Equation	3 $C_6H_5CH_2OH$	+	4 MnO_4^-	= ...	E. l.	0		n_1	n_2	E. int.	x		$n_1 - 3x$	$n_2 - 4x$	E. F.	x_{\max}		$n_1 - 3x_{\max}$	$n_2 - 4x_{\max}$	0,25 0,25 0,25	Le tableau n'est pas exigible. Accepter expressions littérales ou calculs numériques dans le tableau Admettre des réponses cohérentes avec celles données en 2.2 et 2.3.
Equation	3 $C_6H_5CH_2OH$	+	4 MnO_4^-	= ...																			
E. l.	0		n_1	n_2																			
E. int.	x		$n_1 - 3x$	$n_2 - 4x$																			
E. F.	x_{\max}		$n_1 - 3x_{\max}$	$n_2 - 4x_{\max}$																			
2.4.	D'après l'équation $C_6H_5CO_2^- + H_3O^+ = C_6H_5CO_2H + H_2O$, $n(C_6H_5CO_2H) = n(C_6H_5CO_2^-)$ D'après l'équation, $3 C_6H_5CH_2OH + \dots = 3 C_6H_5CO_2^- + \dots$, $n(C_6H_5CO_2^-) = n_1 = n(C_6H_5CO_2H)$ D'où c) $m_{\max} = n_1 \times M_1 = 1,9 \times 10^{-2} \times 122 = 2,3 \text{ g}$.	0,25 0,25	Justification. Réponse.																				
2.5.	b) $r = \frac{m_3}{m_{\max}} = \frac{1,4}{2,3} = 0,61$ soit 61%, car $m_3 = m' - m = 141,8 - 140,4 = 1,4 \text{ g}$.	0,25 0,25	Réponse. Justification.																				

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2007

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

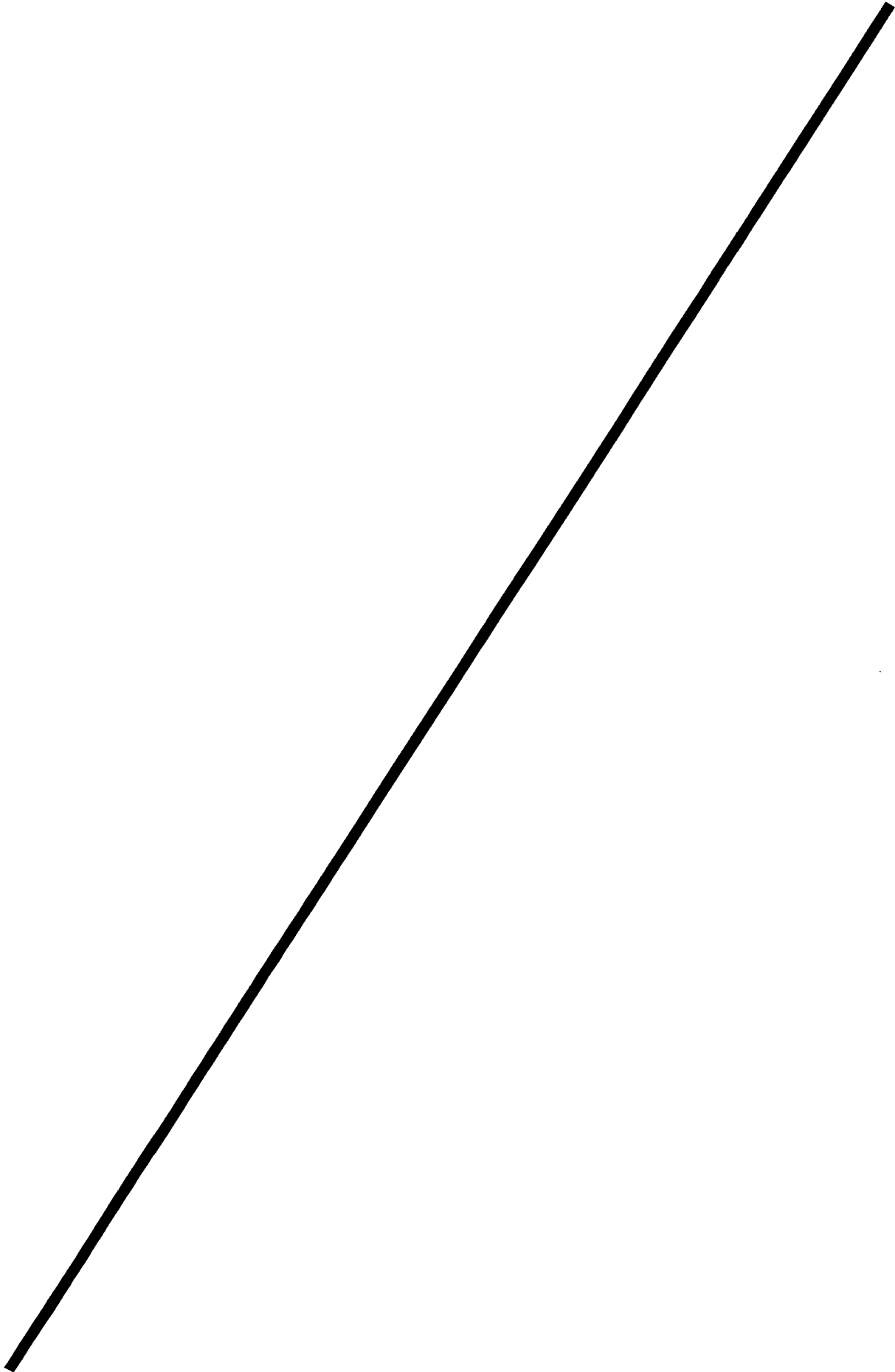
Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexes (pages 11, 12 et 13) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. L'élément iode d'hier à aujourd'hui (6,5 points)
- II. Système d'allumage classique dans un moteur à essence (5,5 points)
- III. Des lois de Kepler à l'étude d'un astéroïde (4 points)



EXERCICE I. L'ÉLÉMENT IODE D'HIER À AUJOURD'HUI (6,5 points)

En 1811, le salpêtrier Courtais observe des fumées violettes lors de la calcination du goémon en Bretagne. C'est Gay-Lussac, en 1813, qui donnera son nom à ce nouvel élément : iode, du grec *iodos* signifiant violet.

L'élément iode est présent en très faible quantité dans l'eau de mer (environ 50 µg par litre). Pendant longtemps, il fut extrait des algues qui concentrent cet élément dans leurs tissus.

Aujourd'hui cet élément présente un regain d'intérêt. Des recherches sur la production de dihydrogène s'inscrivant dans une stratégie d'économie des énergies fossiles et de limitation de la production de gaz à effet de serre utilisent un procédé dans lequel intervient l'iodure d'hydrogène (HI).

Données :

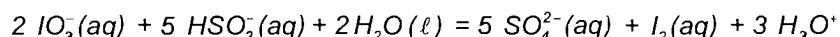
Le diiode (I_2) se présente sous la forme d'un solide gris-violet à l'éclat métallique. L'ion iodure (I^-) est incolore en solution. Le diiode est très peu soluble dans l'eau. En présence d'ions iodure, il est sous forme d'ions triiodure (I_3^-) solubles dans l'eau et de couleur brune. La solution ainsi obtenue est brune. Par souci de simplification, on notera, dans tous les cas, le diiode en solution $I_2(aq)$.

Couples oxydant/réducteur : $IO_3^-(aq) / I_2(aq)$, $I_2(aq) / I^-(aq)$, $SO_4^{2-}(aq) / HSO_3^-(aq)$,
 $HSO_4^-(aq) / SO_2(aq)$, $O_2(g) / H_2O(l)$, $H^+(aq) / H_2(g)$

Couples acide/base : $HI(aq) / I^-(aq)$, $HSO_3^-(aq) / SO_3^{2-}(aq)$, $H_2SO_4(aq) / HSO_4^-(aq)$
 $HSO_4^-(aq) / SO_4^{2-}(aq)$, $H_2O(l) / HO^-(aq)$.

1. Une réaction pour obtenir du diiode

Actuellement, le procédé le plus courant de fabrication du diiode se fait à partir du nitrate du Chili. Ce nitrate naturel est utilisé pour obtenir des engrais. Lors de la préparation des engrais, des eaux de rinçage sont recueillies. Ces eaux contiennent des ions iodate IO_3^- qu'on fait réagir avec les ions hydrogénosulfite HSO_3^- . La transformation peut être modélisée par l'équation suivante :



1.1. La réaction de synthèse du diiode est-elle une réaction acide-base ou d'oxydoréduction ? Justifier.

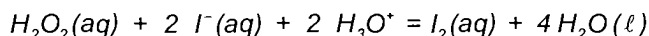
1.2. Donner l'expression de la constante d'équilibre de cette transformation en fonction des concentrations des espèces dissoutes.

1.3. Avant de récupérer le diiode, on peut être amené à ajouter de l'eau dans la cuve où est faite la réaction.

Le pH de l'eau utilisée a-t-il une incidence sur l'évolution de l'équilibre ? Justifier.

2. Étude cinétique d'une autre réaction fournissant du diiode.

On désire étudier l'évolution temporelle de la réaction d'oxydation des ions iodure par le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) par suivi spectrophotométrique. L'équation de la réaction modélisant la transformation étudiée est :



On dispose des solutions suivantes :

S_A : solution d'acide sulfurique dont la concentration en ions oxonium est $c_A = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

S_B : solution d'iodure de potassium dont la concentration en ions iodure est $c_B = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

S_C : solution de peroxyde d'hydrogène dont la concentration est $c_C = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

Lors des expériences décrites en 2.1. et 2.2., la seule réaction chimique faisant intervenir les ions iodure est celle écrite ci-dessus.

2.1. Première expérience

À l'aide d'une solution témoin, on règle le spectrophotomètre à une longueur d'onde adaptée pour l'étude de l'absorption par le diiode. Seul le diiode absorbe à cette longueur d'onde. On rappelle que d'après la loi de Beer-Lambert, l'absorbance A est proportionnelle à la concentration de l'espèce absorbante. On mélange $V_A = 30,0$ mL de la solution S_A avec $V_B = 60,0$ mL de la solution S_B . À l'instant de date $t = 0$ s, on déclenche le chronomètre et on ajoute $V_C = 10,0$ mL de solution S_C . Rapidement on homogénéise et on verse quelques millilitres du mélange dans une cuve qu'on place dans le spectrophotomètre. On obtient la courbe donnée **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 11**. On rappelle la définition de la vitesse volumique d'une réaction : $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ où V est le volume total du

mélange réactionnel.

2.1.1. Compléter le tableau d'évolution du système **DE L'ANNEXE PAGE 11**. La transformation étant considérée comme totale, calculer l'avancement final x_f correspondant.

2.1.2. L'état final est-il atteint à $t = 1200$ s ? Justifier à partir de la **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

2.1.3. Montrer que, durant la transformation, le quotient de l'avancement x par l'absorbance A est constant.

2.1.4. Calculer ce quotient noté r .

2.1.5. Établir l'expression de la vitesse de réaction v en fonction du rapport r , du volume V et de la dérivée de l'absorbance par rapport au temps $\frac{dA}{dt}$.

2.1.6. Comparer, sans les calculer, les vitesses volumiques de la réaction aux instants $t_1 = 200$ s et $t_2 = 800$ s. Faire apparaître la méthode utilisée sur la **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

2.1.7. Après avoir donné sa définition, déterminer en justifiant par un tracé, la valeur du temps de demi-réaction.

2.2. Deuxième expérience

On refait la même étude en utilisant 30,0 mL de solution S_A , 30,0 mL de solution S_B , 10,0 mL de solution S_C et 30,0 mL d'eau distillée.

2.2.1. Quel paramètre est modifié dans cette expérience par rapport à l'expérience 1 ?

2.2.2. Le réactif limitant a-t-il changé ?

2.2.3. Comparer en justifiant les temps de demi-réaction des deux expériences.

2.2.4. Sur le graphique donné **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 11**, tracer l'allure de la courbe représentant l'évolution de l'absorbance en fonction du temps.

3. Électrolyse d'une solution d'acide iodhydrique.

Gay-Lussac étudia les propriétés de l'élément iode et constata de nombreuses analogies avec l'élément chlore. En particulier il synthétisa un gaz, l'iodure d'hydrogène (HI) dont les propriétés sont très proches de celles du chlorure d'hydrogène.

Dans un laboratoire, on a fabriqué un litre d'une solution S_1 en dissolvant une quantité de matière $n_1 = 5,0 \times 10^{-2}$ mol d'iodure d'hydrogène dans l'eau. L'iodure d'hydrogène réagit totalement avec l'eau et on obtient une solution qui contient des ions iodure et des ions oxonium. Les concentrations molaires volumiques des ions iodure et oxonium dans la solution ainsi fabriquée sont $[H_3O^+]_1 = [I^-(aq)]_1 = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On utilise la solution S_1 pour faire une électrolyse. Dans un becher on verse 100,0 mL de solution S_1 , puis on plonge deux électrodes inattaquables reliées à un générateur de tension constante.

Données :

Couples oxydant / réducteur : $I_2(aq) / I^-(aq)$; $O_2(g) / H_2O(l)$; $H^+(aq) / H_2(g)$

Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_M = 25 \text{ L.mol}^{-1}$

Quantité d'électricité transportée par une mole d'électrons : $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$

3.1. Compléter le schéma donné en **FIGURE 2 DE L'ANNEXE PAGE 12**, en indiquant le sens de déplacement des différents porteurs de charges.

3.2. Écrire les équations électrochimiques modélisant les transformations susceptibles de se produire à chaque électrode.

3.3. Identifier l'anode et la cathode sur la **FIGURE 2 DE L'ANNEXE PAGE 12**. Sachant qu'il n'y a pas de dégagement gazeux à l'anode, donner la nature des produits obtenus à chaque électrode.

3.4. *On fait circuler un courant d'intensité constante $I_G = 0,25 \text{ A}$ pendant une durée $\Delta t = 30 \text{ minutes}$ dans l'électrolyseur.*

3.4.1. Calculer la quantité d'électricité qui a traversé le circuit pendant cette électrolyse. En déduire la quantité de matière d'électrons correspondante.

3.4.2. Calculer le volume de gaz recueilli à la cathode.

EXERCICE II. SYSTEME D'ALLUMAGE CLASSIQUE DANS UN MOTEUR A ESSENCE (5,5 points)

L'inflammation du mélange air-essence dans le moteur d'une voiture est provoquée par une étincelle qui jaillit entre les bornes d'une bougie d'allumage. Cette étincelle apparaît lorsque la valeur absolue de la tension aux bornes de la bougie est **supérieure à 10 000 volts**.

On peut modéliser le circuit électrique par le schéma figure 3 :

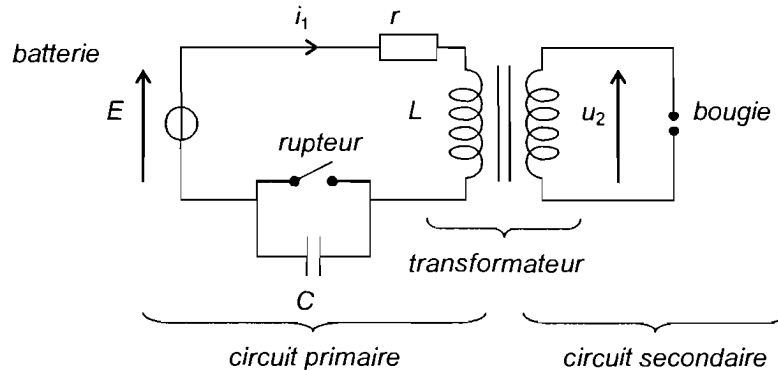


Figure 3

Avec :

$E = 12 \text{ V}$, tension aux bornes de la batterie, considérée comme un générateur idéal de tension.

La bobine du circuit primaire est modélisée par une inductance pure L en série avec une résistance $r = 6,0 \Omega$.

Le rupteur est un interrupteur commandé par le mouvement mécanique du moteur.

Le rôle du transformateur est d'obtenir une tension de sortie u_2 aux bornes de la bougie très élevée.

Les propriétés du transformateur sont telles que les grandeurs u_2 et i_1 sont liées par la relation :

$u_2 = \alpha \frac{di_1}{dt}$, où i_1 est l'intensité du courant dans le circuit primaire et α une constante indépendante

du temps, positive. Aucune autre connaissance concernant le fonctionnement du transformateur n'est nécessaire pour résoudre l'exercice.

L'objectif de l'exercice est de montrer que des étincelles se produisent aux bornes de la bougie lorsque le rupteur est ouvert.

1. Étude du circuit primaire sans condensateur.

1.1. Rupteur fermé

Le circuit primaire peut être alors modélisé selon le schéma figure 4 :

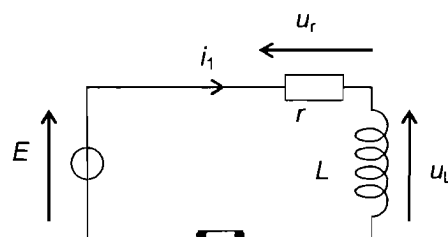


Figure 4

1.1.1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i_1 s'écrit : $\frac{di_1}{dt} + \frac{r}{L}i_1 = \frac{E}{L}$

1.1.2. Que devient cette équation différentielle en régime permanent ?

1.1.3. En déduire la valeur de l'intensité i_1 du courant dans le circuit primaire en régime permanent.

1.1.4. Peut-il y avoir une étincelle aux bornes de la bougie en régime permanent ? Justifier.

1.2. Rupteur ouvert

Lorsque le rupteur s'ouvre (à une date choisie pour origine des dates), il se produit une étincelle à ses bornes. L'air devient alors conducteur et le rupteur se comporte comme un conducteur ohmique de résistance de plusieurs mégohms. Le circuit primaire peut alors être modélisé selon le schéma figure 5 :

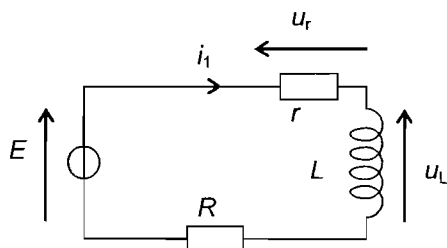


Figure 5

1.2.1. Quelle est l'effet de la bobine sur la rupture du courant ?

1.2.2. On donne l'expression temporelle de l'intensité $i_1(t)$ pour $t \geq 0$:

$$i_1(t) = \frac{E}{R+r} + \left(i_1 - \frac{E}{R+r} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{avec } \tau = \frac{L}{R+r}$$

Les trois courbes ci-dessous, représentent des allures possibles de l'évolution de l'intensité i_1 du courant en fonction du temps.

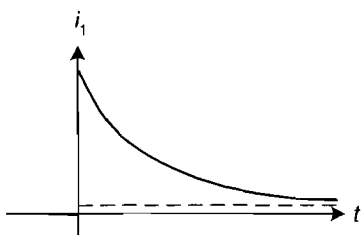


Figure 6.a

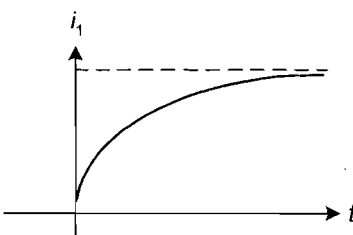


Figure 6.b

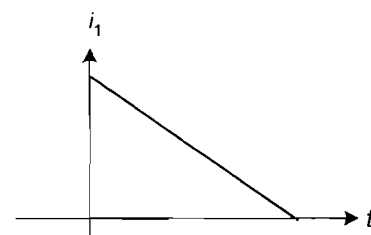


Figure 6.c

En justifiant, choisir la seule compatible avec l'expression de $i_1(t)$.

1.2.3. On donne en **FIGURE 7 DE L'ANNEXE PAGE 12** l'allure de l'évolution de la valeur absolue de la tension $u_2(t)$ définie dans l'introduction.

À partir de cette courbe, déterminer la valeur de la constante de temps τ .

1.2.4. À partir de quelle date peut-on considérer qu'il n'y a plus d'étincelle aux bornes de la bougie ?

2. Étude du circuit primaire avec condensateur et rupteur ouvert.

Pour que l'étincelle n'endommage pas le rupteur au moment de son ouverture, un condensateur est branché en dérivation aux bornes du rupteur. Lorsque le rupteur s'ouvre, le circuit primaire peut alors être modélisé selon le schéma de la figure 8 :

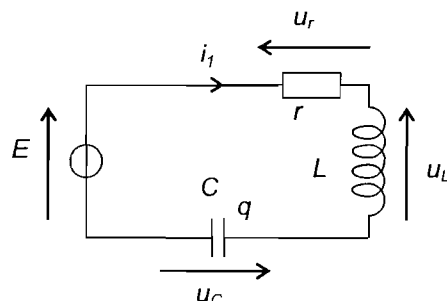


Figure 8

L'équation différentielle vérifiée par la charge q du condensateur est : $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{r}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = \frac{E}{L}$ (1)

2.1. Cas où $r = 0$

On considère le cas d'une bobine idéale. L'équation différentielle correspondante est alors

$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{LC} = \frac{E}{L}$ (2). On propose l'expression temporelle de la charge : $q(t) = Q_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right) + C \cdot E$.

On prendra comme origine des dates, l'instant $t = 0$ s pour lequel $q(t = 0 \text{ s}) = Q_0 + C \cdot E$ avec $Q_0 > 0$.

2.1.1. Donner l'expression littérale de l'intensité $i_1 = \frac{dq(t)}{dt}$.

2.1.2. Donner l'expression littérale de $\frac{d^2q(t)}{dt^2}$.

2.1.3. En remplaçant dans l'équation (2) $\frac{d^2q(t)}{dt^2}$ et $q(t)$, montrer que la fonction $q(t)$ proposée est une solution de l'équation différentielle (2) si et seulement si $\gamma = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$.

2.1.4. Que représente γ pour ce circuit ?

2.1.5. En utilisant la réponse à la question 2.1.2., montrer que $u_2(t) = -A \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$ où A est une constante positive.

2.1.6. Tracer l'allure de la variation de la tension $u_2(t)$ en fonction du temps et qualifier le régime observé.

2.2. Cas où $r \neq 0$

L'allure de la variation temporelle de la tension $u_2(t)$ réellement observée est représentée sur la figure 9 ci-dessous :

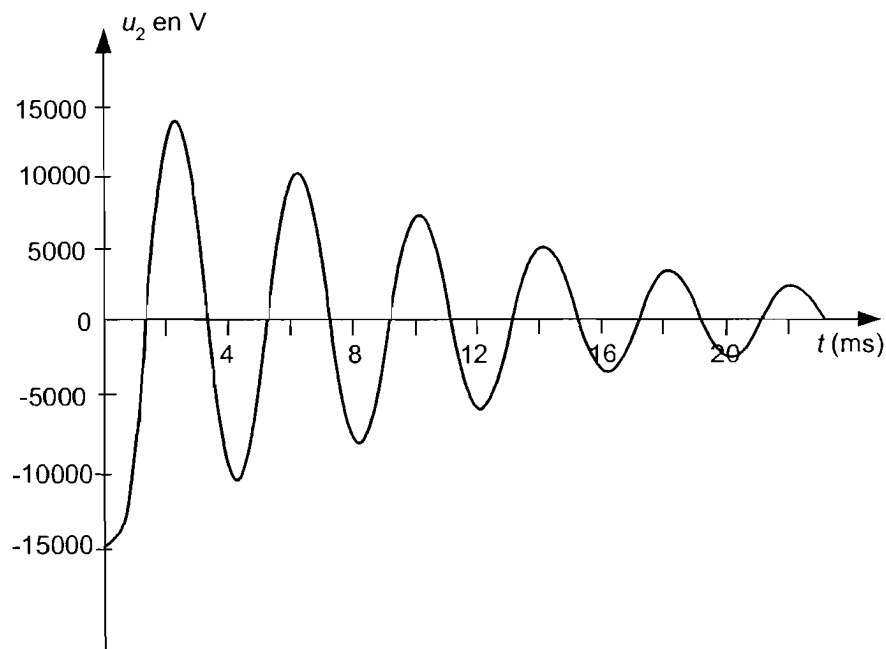


Figure 9

2.2.1. Qualifier le régime observé et expliquer pourquoi l'amplitude de la tension $u_2(t)$ décroît au cours du temps.

2.2.2. Expliquer, grâce à la courbe précédente, pourquoi en présence du condensateur il y a un « train d'étincelles » aux bornes de la bougie plutôt qu'une étincelle unique.

EXERCICE III : DES LOIS DE KEPLER À L'ÉTUDE D'UN ASTÉROÏDE... (4 points)

L'objectif de cet exercice est d'étudier le mouvement de quelques planètes du système solaire et de déterminer la masse de l'astéroïde Rhea Sylvia, récemment découvert par une équipe d'astronomes. Celui-ci a la forme d'une grosse pomme de terre mesurant quelques centaines de kilomètres. Par souci de simplification, dans tout l'exercice, les astres étudiés sont considérés à répartition sphérique de masse.

Donnée : constante de gravitation universelle $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ S.I}$

Les représentations vectorielles demandées sont à effectuer sans souci d'échelle.

1. En hommage à Kepler

« Johannes Kepler, né le 27 décembre 1571 à Weil der Stadt, près de Stuttgart (Allemagne), mort le 15 novembre 1630 à Ratisbonne, est un astronome célèbre. Il a étudié et confirmé l'hypothèse héliocentrique (la Terre tourne autour du Soleil) de Nicolas Copernic. Il a également découvert que les trajectoires des planètes n'étaient pas des cercles parfaits centrés sur le Soleil mais des ellipses. En outre, il a énoncé les lois (dites lois de Kepler) qui régissent les mouvements des planètes sur leurs orbites. »



1.1. Planètes en orbite elliptique.

La figure 10 ci-dessous représente la trajectoire elliptique du centre d'inertie M d'une planète du système solaire de masse m dans le référentiel héliocentrique considéré galiléen. Les deux foyers F_1 et F_2 de l'ellipse et son centre O sont indiqués.

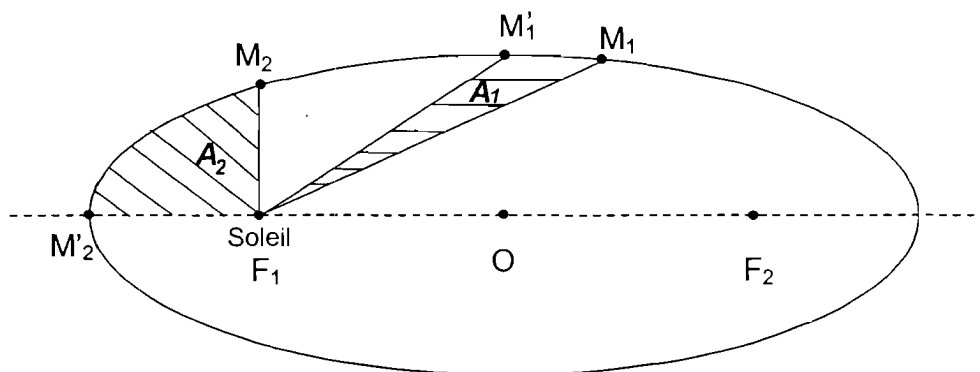


Figure 10

- 1.1.1. En utilisant une des lois de Kepler, justifier la position du Soleil indiquée sur la figure 10.
- 1.1.2. On suppose que les durées de parcours entre les points M_1 et M'_1 puis M_2 et M'_2 sont égales. En utilisant une des lois de Kepler, trouver la relation entre les aires hachurées A_1 et A_2 sur la figure 10.
- 1.1.3. La valeur de la vitesse moyenne entre les points M_1 et M'_1 est-elle inférieure, égale ou supérieure à celle entre les points M_2 et M'_2 ? Justifier.

1.2. Planètes en orbite circulaire.

Dans cette partie, pour simplifier, on modélise les trajectoires des planètes du système solaire dans le référentiel héliocentrique par des cercles de rayon r dont le centre O est le Soleil de masse M_S .

1.2.1. Représenter sur la **FIGURE 11 DE L'ANNEXE PAGE 13** la force de gravitation \vec{F}_3 exercée par le Soleil sur une planète quelconque du système solaire de masse m dont le centre d'inertie est situé au point M_3 .

1.2.2. Donner l'expression vectorielle de cette force au point M_3 , en utilisant le vecteur unitaire \vec{u} .

Pour la suite on considère que les valeurs des autres forces de gravitation s'exerçant sur la planète sont négligeables par rapport à la valeur de \vec{F}_3 .

1.2.3. En citant la loi de Newton utilisée, déterminer l'expression du vecteur accélération \vec{a}_3 du centre d'inertie d'une planète quelconque de masse m du système solaire dont le centre d'inertie est situé au point M_3 .

1.2.4. Représenter sur la **FIGURE 11 DE L'ANNEXE PAGE 13** les vecteurs accélérations \vec{a}_3 et \vec{a}_4 du centre d'inertie d'une planète quelconque du système solaire respectivement aux points M_3 et M_4 .

1.2.5. En déduire la nature du mouvement du centre d'inertie d'une planète quelconque de masse m du système solaire.

1.2.6. Le graphe de la **FIGURE 12 DE L'ANNEXE PAGE 13** représente l'évolution du carré de la période de révolution des planètes Terre, Mars et Jupiter en fonction du cube du rayon de leur orbite. Ce graphe est-il en accord avec la troisième loi de Kepler ?

1.2.7. En utilisant le graphe de la **FIGURE 12 DE L'ANNEXE PAGE 13**, montrer que

$$\frac{T^2}{r^3} = 3,0 \times 10^{-19} \text{ S.I.}$$

1.2.8.

« Une équipe composée de Franck Marchis (université de Californie à Berkeley) et de trois astronomes de l'Observatoire de Paris, Pascal Descamps, Daniel Hestroffer et Jérôme Berthier, vient de découvrir un astéroïde, nommé Rhea Sylvania, qui gravite à une distance constante du Soleil avec une période de révolution de 6,521 ans. »

D'après un article paru dans LE MONDE le 13.07.2005

À l'aide des données de l'article précédent et du résultat de la question 1.2.7., calculer la distance séparant les centres respectifs de Rhea Sylvania et du Soleil.

Donnée : 1 an = 365 jours

2. La troisième loi de Kepler comme balance cosmique...

« Grâce au Very Large Telescope de l'European Southern Observatory (ESO) au Chili, les astronomes ont également découvert que Rhea Sylvania était accompagné de deux satellites baptisés Remus et Romulus. Leurs calculs ont montré que les deux satellites décrivent une orbite circulaire autour de Rhea Sylvania ; Romulus effectue son orbite en 87,6 heures. Les distances entre chaque satellite et Rhea Sylvania sont respectivement de 710 kilomètres pour Remus et 1360 kilomètres pour Romulus. »

D'après un article paru dans LE MONDE le 13.07.2005

On s'intéresse désormais au mouvement circulaire uniforme du centre d'inertie d'un satellite de Rhéa Sylvania. L'étude est faite dans un référentiel "Rhéa Sylvania-centrique" muni d'un repère dont l'origine est le centre de Rhéa Sylvania et dont les trois axes sont dirigés vers des étoiles fixes.

2.1. On rappelle que la troisième loi de Kepler a pour expression littérale : $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M}$. Dans le cadre

de l'étude du mouvement de Remus et Romulus autour de Rhea Sylvania, donner la signification de chaque grandeur et son unité. En déduire l'unité de G dans le système international.

2.2. À l'aide des données de l'article précédent et de la troisième loi de Kepler, déterminer la masse de l'astéroïde Rhea Sylvania.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Question 2.1. Première expérience

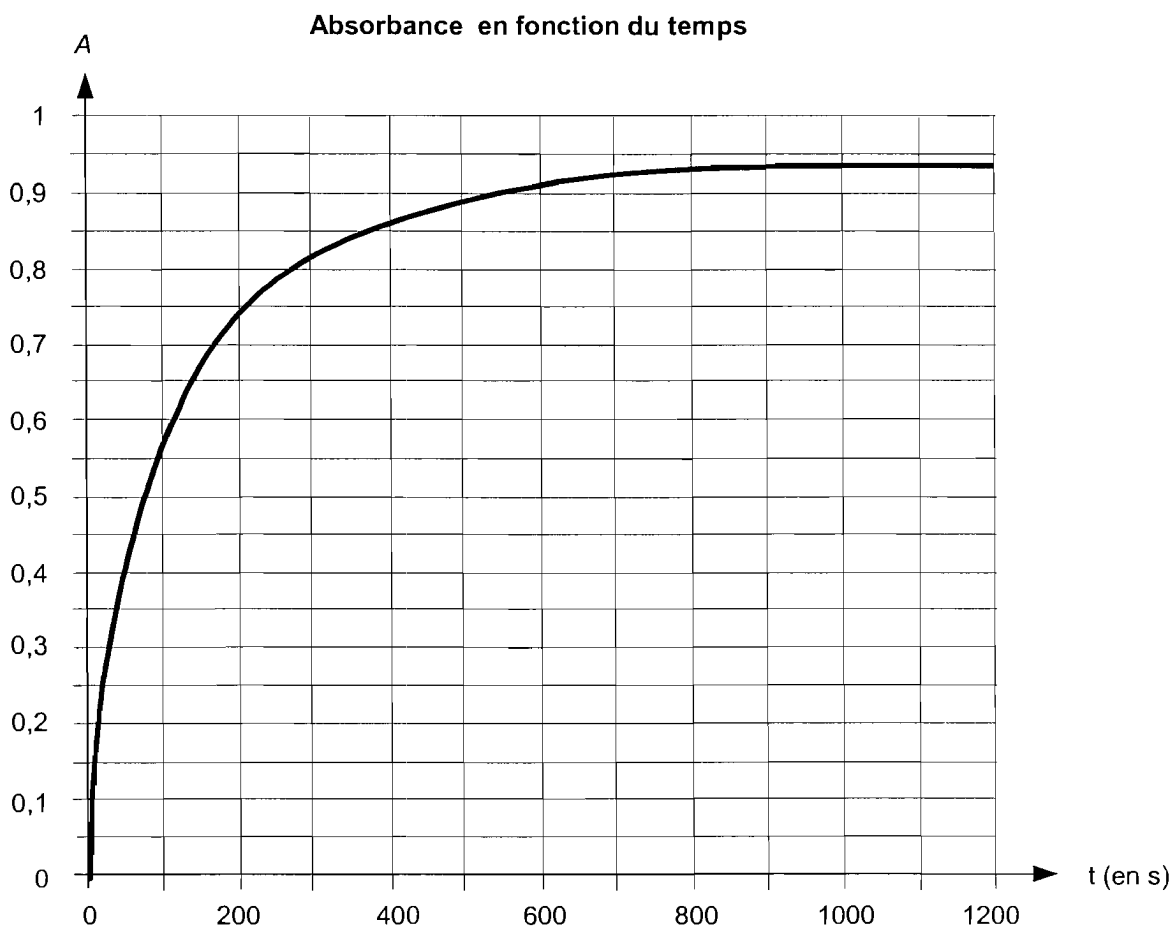


Figure 1

Question 2.1.1. Tableau d'évolution du système

Equation		$H_2O_2(aq) + 2 I^-(aq) + 2 H_3O^+ = I_2(aq) + 4 H_2O(l)$				
Etat du système	avancement en mol	Quantités de matières en mol				
initial	$x = 0$					
intermédiaire	x					
final	x_f					

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

Question 3.1. Schéma de l'électrolyse

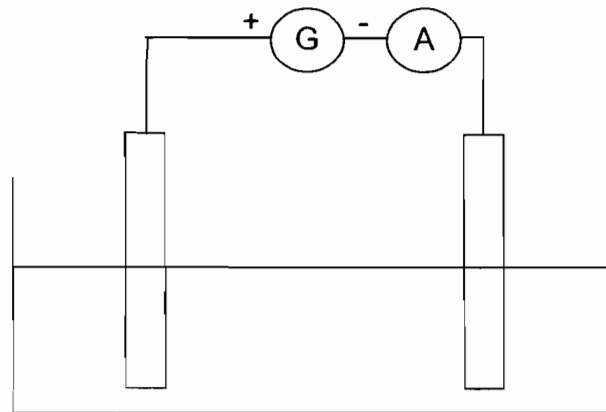


Figure 2

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question 1.2.3.

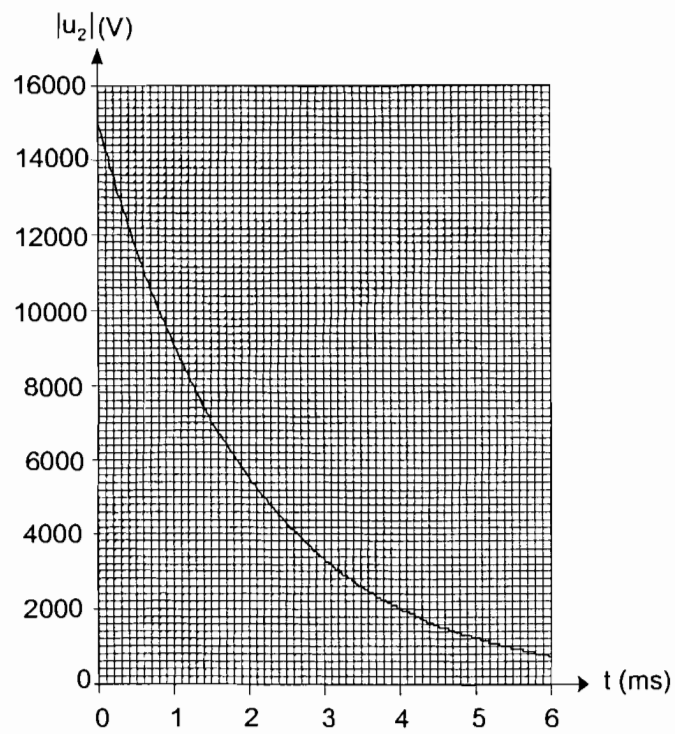


Figure 7

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Questions 1.2.1 et 1.2.4.

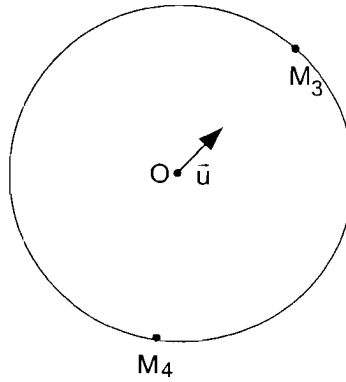


Figure 11

Questions 1.2.6. et 1.2.7.

$$T^2 = f(r^3)$$

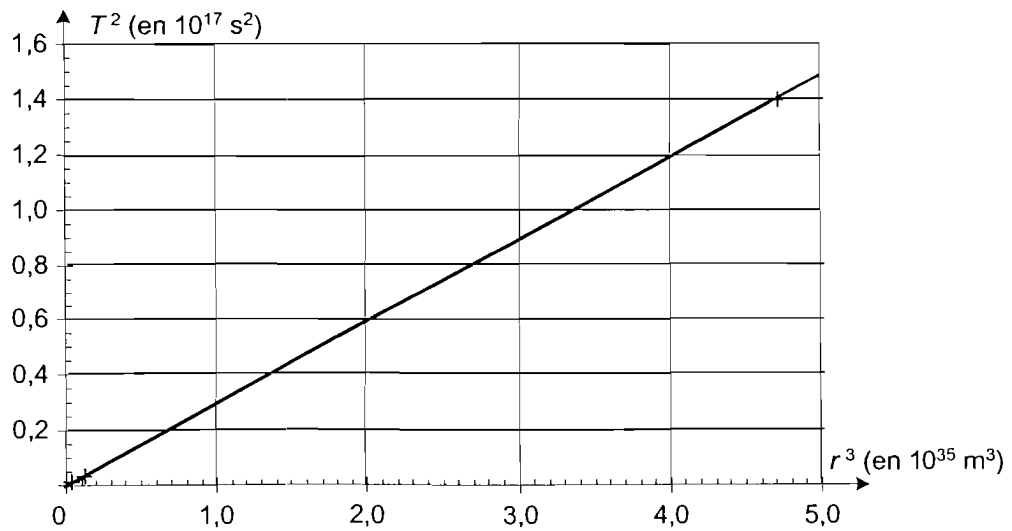


Figure 12

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. L'élément iode d'hier à aujourd'hui (6,5 points)
- II. Système d'allumage classique d'un moteur à essence (5,5 points)
- III. Des lois de Kepler à l'étude d'un astéroïde (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002

- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

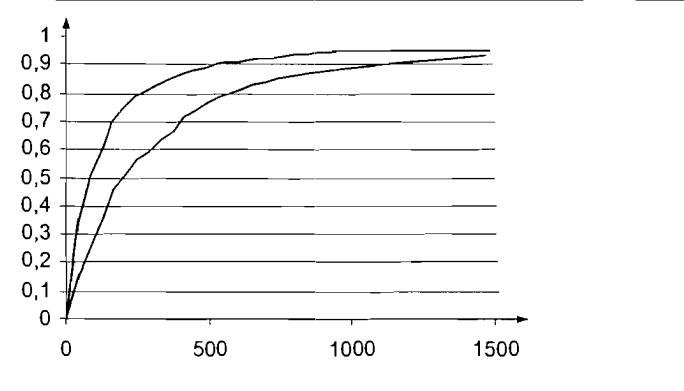
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. L'ÉLÉMENT IODE D'HIER À AUJOURD'HUI (6,5 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues		Barème	Commentaires																																			
1.	Une réaction pour obtenir du diiode																																					
1.1.	C'est une réaction d'oxydo-réduction Couple IO_3^-/I_2 et Couple $\text{SO}_4^{2-}/\text{HSO}_3^-$	0,25																																				
1.2.	$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}^3 [\text{I}_2]_{eq} [\text{SO}_4^{2-}]_{eq}^5}{[\text{IO}_3^-]_{eq}^2 [\text{HSO}_3^-]_{eq}^5}$	0,25																																				
1.3.	Oui le pH a une incidence car l'ajout de H_3O^+ augmente le quotient de réaction et déplace l'équilibre dans le sens indirect.	0,5																																				
2.	Etude cinétique																																					
2.1.1.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Equation</td> <td colspan="5">$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{H}_3\text{O}^+ = \text{I}_2(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\ell)$</td> </tr> <tr> <td>Etat du système</td> <td>x</td> <td colspan="5">Quantités de matières en 10^{-3} mol</td> </tr> <tr> <td>initial</td> <td>x = 0</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>solvant</td> </tr> <tr> <td>intermédiaire</td> <td>x</td> <td>1-x</td> <td>6-2x</td> <td>3-2x</td> <td>x</td> <td>solvant</td> </tr> <tr> <td>final</td> <td>x_f</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>solvant</td> </tr> </table> <p>L'avancement final est donc $x_f = 1,0 \cdot 10^{-3}$ mol.</p>	Equation		$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{H}_3\text{O}^+ = \text{I}_2(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\ell)$					Etat du système	x	Quantités de matières en 10^{-3} mol					initial	x = 0	1	6	3	0	solvant	intermédiaire	x	1-x	6-2x	3-2x	x	solvant	final	x_f	0	4	2	1	solvant	0,5	
Equation		$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{H}_3\text{O}^+ = \text{I}_2(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\ell)$																																				
Etat du système	x	Quantités de matières en 10^{-3} mol																																				
initial	x = 0	1	6	3	0	solvant																																
intermédiaire	x	1-x	6-2x	3-2x	x	solvant																																
final	x_f	0	4	2	1	solvant																																
2.1.2.	A n'évolue plus, la réaction est terminée	0,25																																				
2.1.3.	Beer-Lambert : $A = \varepsilon l c = k \times [\text{I}_2(\text{aq})] = k \times \frac{x}{V}$ donc $\frac{x}{A} = r = \frac{V}{k}$ où V est le volume total du mélange	0,25																																				
2.1.4.	Sur la courbe pour $x_f = 1,0 \cdot 10^{-3}$ mol, on lit $A_f = 0,94$ donc $r = 1/0,94 = 1,1 \cdot 10^{-3}$ mol	0,25																																				
2.1.5.	$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \frac{d(rA)}{dt} = \frac{r}{V} \frac{dA}{dt}$	0,25																																				
2.1.6.	On trace la tangente, la pente de la tangente donne $\frac{dA}{dt}$. $\left(\frac{dA}{dt}\right)_{t=200s} > \left(\frac{dA}{dt}\right)_{t=800s}$ donc $v_1 > v_2$	0,5	<i>Il faut les tangentes sur la courbe</i>																																			
2.1.7.	C'est la durée nécessaire pour que l'avancement parvienne à la moitié de sa valeur finale. Sur la courbe, pour $A = 0,94 / 2 = 0,47$ on lit $t_{1/2} = 75$ s	0,25 0,25	<i>Admettre entre 60s et 80s Méthode exigée</i>																																			
2.2.1.	On modifie la concentration en iodure de potassium.	0,25																																				
2.2.2.	Seule la quantité de matière de I^- a changé (3 mmol) Le réactif limitant est le même (H_2O_2).	0,25																																				
2.2.3.	$t_{1/2}$ de la deuxième expérience > $t_{1/2}$ première expérience car la concentration en I^- est plus faible donc la vitesse est plus faible.	0,25																																				
2.2.4.	Au début la courbe 2 est moins pentue que la courbe 1. La valeur finale est la même mais elle est atteinte plus tard.	0,25 0,25																																				

			
3.	Electrolyse		
3.1.	e ⁻ du - vers + à l'extérieur du générateur, les anions même sens dans la solution, les cations sens inverse dans la solution.	0,25	
3.2.	A l'électrode négative : $2 \text{H}^+(\text{aq}) + 2 \text{e}^- = \text{H}_2$ A l'électrode positive : $2 \text{H}_2\text{O} = 4 \text{H}^+(\text{aq}) + 4 \text{e}^- + \text{O}_2$ et $2 \text{I}^-(\text{aq}) = \text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$	0,25	
3.3.	A l'électrode négative : cathode H ₂ A l'électrode positive : anode I ₂	0,25	<i>Toute justification est acceptée.</i>
3.4.1.	Quantité d'électricité : $Q = I \cdot \Delta t = 0,25 \cdot 1800 = 450 \text{ C}$ Quantité d'électrons ayant traversé le circuit : $n_e = Q/F = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.	0,25 0,25	
3.4.2.	Quantité de H ₂ formé : $n_{\text{H}_2} = n_e/2 = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ Volume de H ₂ récupéré : $V_{\text{H}_2} = n_{\text{H}_2} V_{\text{mol}} = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ L}$	0,25 0,25	<i>Admettre V_{H2} cohérent avec n_{H2}</i>

EXERCICE II. SYSTÈME D'ALLUMAGE CLASSIQUE DANS UN MOTEUR À ESSENCE
(5,5 points)

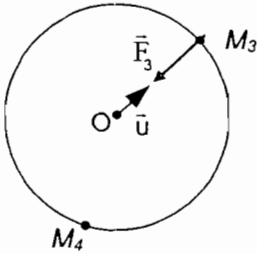
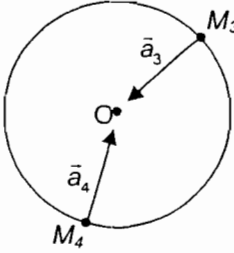
Remarque générale : Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues		Barème	Commentaires
1.	Etude du circuit primaire sans condensateur		
1.1.1.	Loi des d'additivité des tensions $E = u_r + u_L$ Loi d'Ohm en convention récepteur : $u_r = r.i_1$ Tension aux bornes de la bobine : $u_L = L \frac{di_1}{dt}$ Soit : $E - r.i_1 - L \frac{di_1}{dt} = 0$ soit : $\frac{di_1}{dt} + \frac{r}{L}i_1 = \frac{E}{L}$	0,25 0,25 0,25	(ou loi des mailles) Il est exigé de nommer les lois utilisées.
1.1.2.	En régime permanent, i_1 est indépendante du temps donc : $\frac{di_1}{dt} = 0$ et $r.i_1 = E$	0,25	$\frac{r}{L} i_1 = \frac{E}{L}$ ou $\frac{r}{L} i_1 = \frac{E}{L}$ acceptées
1.1.3.	On a donc $i_1 = \frac{E}{r}$ AN : $i_1 = 2,0$ A	0,25	
1.1.4.	$u_2 = \alpha \frac{di_1}{dt}$ donc u_2 est nulle en régime permanent. Il ne peut donc pas y avoir d'étincelle.	0,25	
1.2.1.	La bobine retarde la rupture du courant.	0,25	
1.2.2.	à $t = 0$, $i_1 = I_1$, donc la courbe 6.b. est impossible. La courbe 6.c. est impossible car pour $t > 0$, $i_1(t)$ est une droite. Seule la courbe 6.a. peut convenir.	0,25	
1.2.3.	Tracé de la tangente à l'origine : $\tau = 2$ ms.	0,25	On ne demande pas de dériver deux fois i_1 par rapport au temps pour justifier. Accepter une marge de 10 %.
1.2.4.	On cherche à partir de quelle date la tension aux bornes de la bougie est inférieure à 10 000V. On a $t = 0,8$ ms.	0,25	
2.	Etude du circuit primaire avec condensateur		
2.1.1.	2.1.1. $i_1 = \frac{dq(t)}{dt} = -\frac{2\pi}{\gamma} Q_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$	0,25	
2.1.2.	$\frac{d^2q(t)}{dt^2} = -\frac{4\pi^2}{\gamma^2} Q_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$	0,25	
2.1.3.	$L \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = E$	0,25	

	$-L \frac{4\pi^2}{\gamma^2} Q_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right) + \frac{1}{C} Q_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right) + \frac{CE}{C} = E$ <p>Soit : $q_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right) \left[-L \frac{4\pi^2}{\gamma^2} + \frac{1}{C}\right] = 0$ on a donc quel que soit</p> <p>$t : \left[-L \frac{4\pi^2}{\gamma^2} + \frac{1}{C}\right] = 0$ soit $\gamma = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$. $q(t)$ proposée est bien une solution de l'équation différentielle si et seulement si $\gamma = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$</p>	0,25	
2.1.4.	γ représente la période propre du circuit.	0,25	
2.1.5.	$u_2 = \alpha \frac{di_1}{dt} = \alpha \left[-\frac{4\pi^2}{\gamma^2} Q_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)\right] = -\frac{4\pi^2 \alpha}{\gamma^2} Q_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$ $= -A \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$	0,25	
2.1.6.	Il s'agit d'un régime sinusoïdal. Sur la courbe : vérifier à $t = 0$ s valeur négative, période constante et amplitude constante).	0,25 0,25	
2.2.1.	Il s'agit d'un régime pseudo-périodique amorti. L'amplitude décroît au cours du temps à cause de l'énergie perdue par effet Joule dans la résistance.	0,5	
2.2.2.	La valeur absolue de la tension est plusieurs fois supérieure à 10 000 V. Il y a donc plusieurs étincelles de suite.	0,25	

EXERCICE III. DES LOIS DE KEPLER À L'ÉTUDE D'UN ASTEROÏDE ... (4 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.	En hommage à Kepler		
1.1.1.	D'après la première loi de Kepler les orbites des planètes sont des ellipses dont le soleil occupe l'un des foyers.	0,25	
1.1.2.	D'après la deuxième loi de Kepler, les aires balayées par le rayon reliant la planète au soleil, pendant des durées égales, sont égales. $A_1 = A_2$	0,25	
1.1.3.	La seconde loi de Kepler implique, que pendant la même durée, la distance parcourue M_1M_1 par la planète est plus grande que M_2M_2 . La valeur de la vitesse moyenne de la planète est donc plus grande en M_1 qu'en M_2 .	0,25	
1.2.1.		0,25	
1.2.2.	$\vec{F}_3 = -G \frac{m M_s}{r^2} \vec{u}$	0,25	
1.2.3.	D'après la deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_3 \text{ soit } \vec{F}_3 = m \vec{a}_3$ D'où $\vec{a}_3 = -G \frac{M}{r^2} \vec{u}$	0,25 0,25	
1.2.4.		0,25	
1.2.5.	D'après la question précédente, l'accélération est centripète et de valeur constante. Le mouvement d'une planète quelconque du système solaire est donc circulaire uniforme.	0,25	
1.2.6.	3ème loi de Kepler : $\frac{T^2}{r^3} = K = \text{constante}$, soit $T^2 = K \times r^3$. T^2 et r^3 sont donc proportionnels, ce qui est en accord avec le graphe de la figure 3 puisqu'il représente une droite passant par l'origine	0,25	
1.2.7.	Equation de la droite $T^2 = K \times r^3$; le coefficient directeur $K \approx 3,0 \times 10^{-19} \text{ USI}$	0,25	
1.2.8.	Pour Rhea Sylvia, $T = 6,521 \text{ an} = 2,1 \times 10^8 \text{ s}$	0,25	

	$r = \sqrt[3]{\frac{T^2}{3,0 \times 10^{-19}}} = 5,2 \times 10^{11} \text{ m}$		
2.	La troisième loi de Kepler comme balance cosmique		
2.1.	<i>T</i> : période de révolution du satellite (s) <i>r</i> : rayon de l'orbite circulaire du satellite (m) <i>G</i> : constante de gravitation universelle (USI) <i>M</i> : masse de Rhea Sylvia (kg) L'unité de <i>G</i> est donc : $\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$	0,25	
2.2.	3ème loi de Kepler $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \Leftrightarrow M = \frac{4\pi^2 \times r^3}{G \times T^2}$ Avec les données de Romulus : $M = \frac{4\pi^2 \times (1360 \times 10^3)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times (87,6 \times 3600)^2} = 1,50 \times 10^{19} \text{ kg}$	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2007

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 14 pages numérotées de 1 à 14, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexes (pages 11, 12, 13 et 14) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. L'élément iode d'hier à aujourd'hui (6,5 points)
- II. Système d'allumage classique d'un moteur à essence (5,5 points)
- III. Petite histoire d'une lentille et de deux miroirs ... (4 points)

EXERCICE I. L'ÉLÉMENT IODE D'HIER À AUJOURD'HUI (6,5 points)

En 1811, le salpêtrier Courtais observe des fumées violettes lors de la calcination du goémon en Bretagne. C'est Gay-Lussac, en 1813, qui donnera son nom à ce nouvel élément : iode, du grec *iodos* signifiant violet.

L'élément iode est présent en très faible quantité dans l'eau de mer (environ 50 µg par litre). Pendant longtemps, il fut extrait des algues qui concentrent cet élément dans leurs tissus.

Aujourd'hui cet élément présente un regain d'intérêt. Des recherches sur la production de dihydrogène s'inscrivant dans une stratégie d'économie des énergies fossiles et de limitation de la production de gaz à effet de serre utilisent un procédé dans lequel intervient l'iodure d'hydrogène (HI).

Données :

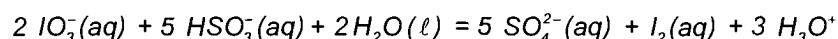
Le diiode (I_2) se présente sous la forme d'un solide gris-violet à l'éclat métallique. L'ion iodure (I^-) est incolore en solution. Le diiode est très peu soluble dans l'eau. En présence d'ions iodure, il est sous forme d'ions triiodure (I_3^-) solubles dans l'eau et de couleur brune. La solution ainsi obtenue est brune. Par souci de simplification, on notera, dans tous les cas, le diiode en solution $I_2(aq)$.

Couples oxydant/réducteur : $IO_3^-(aq) / I_2(aq)$, $I_2(aq) / I^-(aq)$, $SO_4^{2-}(aq) / HSO_3^-(aq)$,
 $HSO_4^-(aq) / SO_2(aq)$, $O_2(g) / H_2O(l)$, $H^+(aq) / H_2(g)$

Couples acide/base : $HI(aq) / I^-(aq)$, $HSO_3^-(aq) / SO_3^{2-}(aq)$, $H_2SO_4(aq) / HSO_4^-(aq)$
 $HSO_4^-(aq) / SO_4^{2-}(aq)$, $H_2O(l) / HO^-(aq)$.

1. Une réaction pour obtenir du diiode

Actuellement, le procédé le plus courant de fabrication du diiode se fait à partir du nitrate du Chili. Ce nitrate naturel est utilisé pour obtenir des engrais. Lors de la préparation des engrais, des eaux de rinçage sont recueillies. Ces eaux contiennent des ions iodate IO_3^- qu'on fait réagir avec les ions hydrogénosulfite HSO_3^- . La transformation peut être modélisée par l'équation suivante :



1.1. La réaction de synthèse du diiode est-elle une réaction acide-base ou d'oxydoréduction ? Justifier.

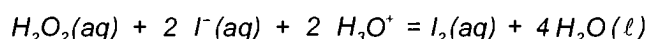
1.2. Donner l'expression de la constante d'équilibre de cette transformation en fonction des concentrations des espèces dissoutes.

1.3. Avant de récupérer le diiode, on peut être amené à ajouter de l'eau dans la cuve où est faite la réaction.

Le pH de l'eau utilisée a-t-il une incidence sur l'évolution de l'équilibre ? Justifier.

2. Étude cinétique d'une autre réaction fournissant du diiode.

On désire étudier l'évolution temporelle de la réaction d'oxydation des ions iodure par le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) par suivi spectrophotométrique. L'équation de la réaction modélisant la transformation étudiée est :



On dispose des solutions suivantes :

S_A : solution d'acide sulfurique dont la concentration en ions oxonium est $c_A = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

S_B : solution d'iodure de potassium dont la concentration en ions iodure est $c_B = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

S_C : solution de peroxyde d'hydrogène dont la concentration est $c_C = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.

Lors des expériences décrites en 2.1. et 2.2., la seule réaction chimique faisant intervenir les ions iodure est celle écrite ci-dessus.

2.1. Première expérience

À l'aide d'une solution témoin, on règle le spectrophotomètre à une longueur d'onde adaptée pour l'étude de l'absorption par le diiode. Seul le diiode absorbe à cette longueur d'onde. On rappelle que d'après la loi de Beer-Lambert, l'absorbance A est proportionnelle à la concentration de l'espèce absorbante. On mélange $V_A = 30,0$ mL de la solution S_A avec $V_B = 60,0$ mL de la solution S_B . À l'instant de date $t = 0$ s, on déclenche le chronomètre et on ajoute $V_C = 10,0$ mL de solution S_C . Rapidement on homogénéise et on verse quelques millilitres du mélange dans une cuve qu'on place dans le spectrophotomètre. On obtient la courbe donnée **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 11**. On rappelle la définition de la vitesse volumique d'une réaction : $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ où V est le volume total du

mélange réactionnel.

2.1.1. Compléter le tableau d'évolution du système **DE L'ANNEXE PAGE 11**. La transformation étant considérée comme totale, calculer l'avancement final x_f correspondant.

2.1.2. L'état final est-il atteint à $t = 1200$ s ? Justifier à partir de la **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

2.1.3. Montrer que, durant la transformation, le quotient de l'avancement x par l'absorbance A est constant.

2.1.4. Calculer ce quotient noté r .

2.1.5. Établir l'expression de la vitesse de réaction v en fonction du rapport r , du volume V et de la dérivée de l'absorbance par rapport au temps $\frac{dA}{dt}$.

2.1.6. Comparer, sans les calculer, les vitesses volumiques de la réaction aux instants $t_1 = 200$ s et $t_2 = 800$ s. Faire apparaître la méthode utilisée sur la **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

2.1.7. Après avoir donné sa définition, déterminer en justifiant par un tracé, la valeur du temps de demi-réaction.

2.2. Deuxième expérience

On refait la même étude en utilisant 30,0 mL de solution S_A , 30,0 mL de solution S_B , 10,0 mL de solution S_C et 30,0 mL d'eau distillée.

2.2.1. Quel paramètre est modifié dans cette expérience par rapport à l'expérience 1 ?

2.2.2. Le réactif limitant a-t-il changé ?

2.2.3. Comparer en justifiant les temps de demi-réaction des deux expériences.

2.2.4. Sur le graphique donné **FIGURE 1 DE L'ANNEXE PAGE 11**, tracer l'allure de la courbe représentant l'évolution de l'absorbance en fonction du temps.

3. Électrolyse d'une solution d'acide iodhydrique.

Gay-Lussac étudia les propriétés de l'élément iode et constata de nombreuses analogies avec l'élément chlore. En particulier il synthétisa un gaz, l'iodure d'hydrogène (HI) dont les propriétés sont très proches de celles du chlorure d'hydrogène.

Dans un laboratoire, on a fabriqué un litre d'une solution S_1 en dissolvant une quantité de matière $n_1 = 5,0 \times 10^{-2}$ mol d'iodure d'hydrogène dans l'eau. L'iodure d'hydrogène réagit totalement avec l'eau et on obtient une solution qui contient des ions iodure et des ions oxonium. Les concentrations molaires volumiques des ions iodure et oxonium dans la solution ainsi fabriquée sont $[H_3O^+]_1 = [I^-(aq)]_1 = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On utilise la solution S_1 pour faire une électrolyse. Dans un becher on verse 100,0 mL de solution S_1 , puis on plonge deux électrodes inattaquables reliées à un générateur de tension constante.

Données :

Couples oxydant / réducteur : $I_2(aq) / I^-(aq)$; $O_2(g) / H_2O(l)$; $H^+(aq) / H_2(g)$

Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_M = 25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

Quantité d'électricité transportée par une mole d'électrons : $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

3.1. Compléter le schéma donné en **FIGURE 2 DE L'ANNEXE PAGE 12**, en indiquant le sens de déplacement des différents porteurs de charges.

3.2. Écrire les équations électrochimiques modélisant les transformations susceptibles de se produire à chaque électrode.

3.3. Identifier l'anode et la cathode sur la **FIGURE 2 DE L'ANNEXE PAGE 12**. Sachant qu'il n'y a pas de dégagement gazeux à l'anode, donner la nature des produits obtenus à chaque électrode.

3.4. *On fait circuler un courant d'intensité constante $I_G = 0,25 \text{ A}$ pendant une durée $\Delta t = 30 \text{ minutes}$ dans l'électrolyseur.*

3.4.1. Calculer la quantité d'électricité qui a traversé le circuit pendant cette électrolyse. En déduire la quantité de matière d'électrons correspondante.

3.4.2. Calculer le volume de gaz recueilli à la cathode.

EXERCICE II. SYSTEME D'ALLUMAGE CLASSIQUE DANS UN MOTEUR A ESSENCE (5,5 points)

L'inflammation du mélange air-essence dans le moteur d'une voiture est provoquée par une étincelle qui jaillit entre les bornes d'une bougie d'allumage. Cette étincelle apparaît lorsque la valeur absolue de la tension aux bornes de la bougie est **supérieure à 10 000 volts**.

On peut modéliser le circuit électrique par le schéma figure 3 :

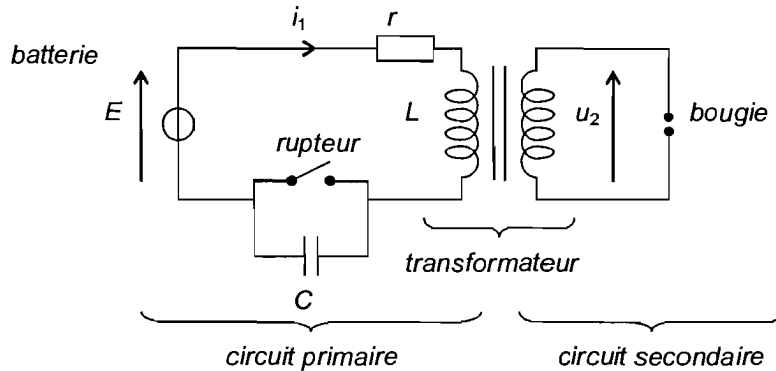


Figure 3

Avec :

$E = 12 \text{ V}$, tension aux bornes de la batterie, considérée comme un générateur idéal de tension.

La bobine du circuit primaire est modélisée par une inductance pure L en série avec une résistance $r = 6,0 \Omega$.

Le rupteur est un interrupteur commandé par le mouvement mécanique du moteur.

Le rôle du transformateur est d'obtenir une tension de sortie u_2 aux bornes de la bougie très élevée.

Les propriétés du transformateur sont telles que les grandeurs u_2 et i_1 sont liées par la relation :

$$u_2 = \alpha \frac{di_1}{dt}, \text{ où } i_1 \text{ est l'intensité du courant dans le circuit primaire et } \alpha \text{ une constante indépendante}$$

du temps, positive. Aucune autre connaissance concernant le fonctionnement du transformateur n'est nécessaire pour résoudre l'exercice.

L'objectif de l'exercice est de montrer que des étincelles se produisent aux bornes de la bougie lorsque le rupteur est ouvert.

1. Étude du circuit primaire sans condensateur.

1.1. Rupteur fermé

Le circuit primaire peut être alors modélisé selon le schéma figure 4 :

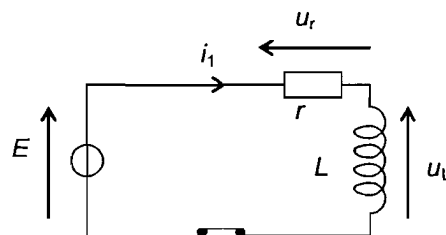


Figure 4

1.1.1. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i_1 s'écrit : $\frac{di_1}{dt} + \frac{r}{L}i_1 = \frac{E}{L}$

1.1.2. Que devient cette équation différentielle en régime permanent ?

1.1.3. En déduire la valeur de l'intensité I_1 du courant dans le circuit primaire en régime permanent.

1.1.4. Peut-il y avoir une étincelle aux bornes de la bougie en régime permanent ? Justifier.

1.2. Rupteur ouvert

Lorsque le rupteur s'ouvre (à une date choisie pour origine des dates), il se produit une étincelle à ses bornes. L'air devient alors conducteur et le rupteur se comporte comme un conducteur ohmique de résistance de plusieurs mégohms. Le circuit primaire peut alors être modélisé selon le schéma figure 5 :

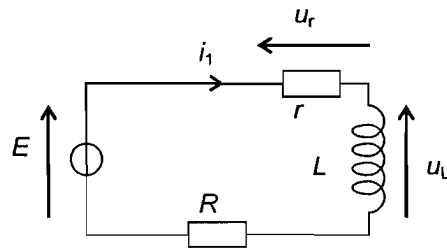


Figure 5

1.2.1. Quelle est l'effet de la bobine sur la rupture du courant ?

1.2.2. On donne l'expression temporelle de l'intensité $i_1(t)$ pour $t \geq 0$:

$$i_1(t) = \frac{E}{R+r} + \left(i_1 - \frac{E}{R+r} \right) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{avec } \tau = \frac{L}{R+r}$$

Les trois courbes ci-dessous, représentent des allures possibles de l'évolution de l'intensité i_1 du courant en fonction du temps.

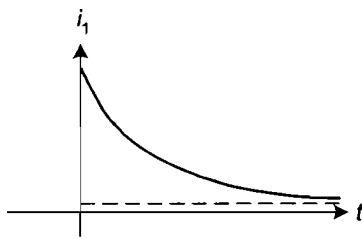


Figure 6.a

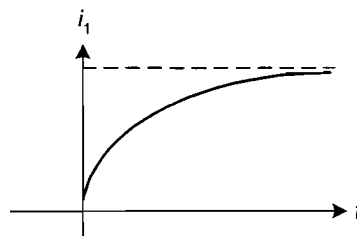


Figure 6.b

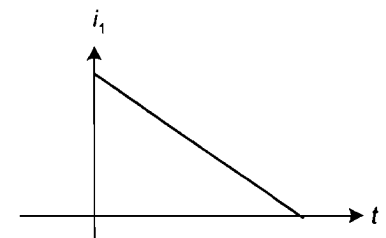


Figure 6.c

En justifiant, choisir la seule compatible avec l'expression de $i_1(t)$.

1.2.3. On donne en **FIGURE 7 DE L'ANNEXE PAGE 12** l'allure de l'évolution de la valeur absolue de la tension $u_2(t)$ définie dans l'introduction.

À partir de cette courbe, déterminer la valeur de la constante de temps τ .

1.2.4. À partir de quelle date peut-on considérer qu'il n'y a plus d'étincelle aux bornes de la bougie ?

2. Étude du circuit primaire avec condensateur et rupteur ouvert.

Pour que l'étincelle n'endommage pas le rupteur au moment de son ouverture, un condensateur est branché en dérivation aux bornes du rupteur. Lorsque le rupteur s'ouvre, le circuit primaire peut alors être modélisé selon le schéma de la figure 8 :

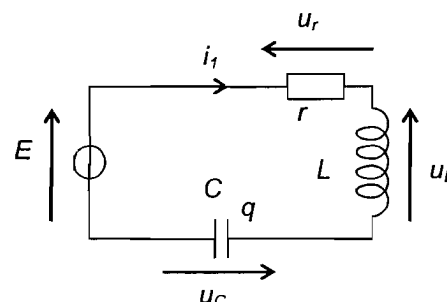


Figure 8

L'équation différentielle vérifiée par la charge q du condensateur est : $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{r}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = \frac{E}{L}$ (1)

2.1. Cas où $r = 0$

On considère le cas d'une bobine idéale. L'équation différentielle correspondante est alors

$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{LC} = \frac{E}{L}$ (2). On propose l'expression temporelle de la charge : $q(t) = Q_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right) + C \cdot E$.

On prendra comme origine des dates, l'instant $t = 0$ s pour lequel $q(t = 0 \text{ s}) = Q_0 + C \cdot E$ avec $Q_0 > 0$.

2.1.1. Donner l'expression littérale de l'intensité $i_1 = \frac{dq(t)}{dt}$.

2.1.2. Donner l'expression littérale de $\frac{d^2q(t)}{dt^2}$.

2.1.3. En remplaçant dans l'équation (2) $\frac{d^2q(t)}{dt^2}$ et $q(t)$, montrer que la fonction $q(t)$ proposée est une solution de l'équation différentielle (2) si et seulement si $\gamma = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$.

2.1.4. Que représente γ pour ce circuit ?

2.1.5. En utilisant la réponse à la question 2.1.2., montrer que $u_2(t) = -A \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$ où A est une constante positive.

2.1.6. Tracer l'allure de la variation de la tension $u_2(t)$ en fonction du temps et qualifier le régime observé.

2.2. Cas où $r \neq 0$

L'allure de la variation temporelle de la tension $u_2(t)$ réellement observée est représentée sur la figure 9 ci-dessous :

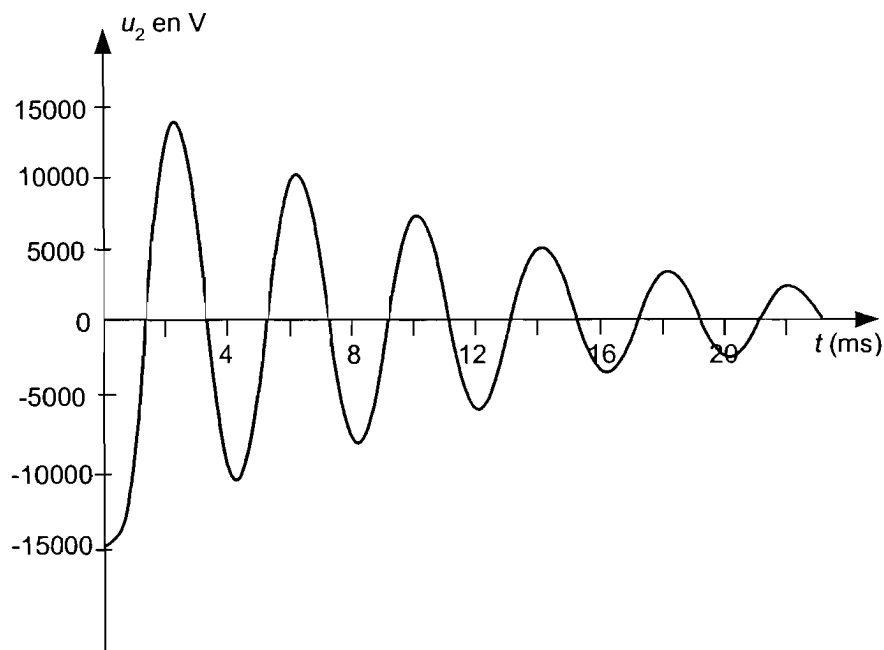


Figure 9

2.2.1. Qualifier le régime observé et expliquer pourquoi l'amplitude de la tension $u_2(t)$ décroît au cours du temps.

2.2.2. Expliquer, grâce à la courbe précédente, pourquoi en présence du condensateur il y a un « train d'étincelles » aux bornes de la bougie plutôt qu'une étincelle unique.

**EXERCICE III. PETITE HISTOIRE D'UNE LENTILLE ET DE DEUX MIROIRS...
(4 points)**

En feuilletant un magazine scientifique, Clémentine, passionnée d'astronomie, lit la petite annonce suivante : " À VENDRE, télescope de Newton, état neuf, pas de notice... ". Bien décidée à observer la prochaine éclipse de Lune, Clémentine répond à la petite annonce et achète ce télescope. Privée de notice, elle fait appel à ses connaissances en optique pour le faire fonctionner au mieux. Après avoir démonté son télescope avec grand soin, Clémentine récupère une lentille (notée L) et deux miroirs (notés M_1 et M_2).

Le but de cet exercice est de suivre la démarche qui va permettre à Clémentine de retrouver les caractéristiques de chaque élément constituant ce télescope puis d'en étudier son fonctionnement au cours de l'observation d'une éclipse de Lune.

1. Étude des miroirs du télescope

1.1. *En se regardant dans chacun des miroirs, Clémentine constate que le premier (noté miroir M_1) donne une image plus grande de son visage que celui-ci alors que le second (noté miroir M_2) en donne une image de même taille.*

Sans souci d'échelle, compléter **LES FIGURES 10 ET 11 DE L'ANNEXE EN PAGE 13** en déterminant l'image A'B' du visage AB de Clémentine servant d'objet respectivement pour un miroir plan et pour un miroir sphérique.

À l'aide de son observation et des schémas précédents, déduire, parmi les miroirs M_1 et M_2 , lequel est sphérique.

1.2. *Clémentine veut à présent déterminer la distance focale du miroir sphérique. Elle allume alors une lampe de poche recouverte d'un papier opaque possédant une petite ouverture en forme de flèche verticale (de 2,0 cm de hauteur) puis pose le miroir sphérique plusieurs mètres à droite de celle-ci. Elle utilise un demi écran qui permet à la fois de laisser passer une partie de la lumière incidente et d'observer la totalité de l'image inversée. En déplaçant cet écran entre la lampe et le miroir, elle cherche une image nette G'H' de la flèche lumineuse GH qui sert d'objet. Elle l'obtient quand la distance entre l'écran et le miroir est égale à 90 cm.*

Pourquoi Clémentine ne choisit elle pas un écran entier pour observer les images ?

Déduire de son expérience la distance focale du miroir sphérique. Justifier.

2. Étude de la lentille du télescope

Clémentine utilise à nouveau le dispositif de la question 1.2. pour déterminer cette fois la distance focale de la lentille L. Elle remplace donc le miroir sphérique par cette lentille de centre O et de diamètre 5,0 cm. Elle pose cette lentille 6,0 cm à droite de la flèche lumineuse GH (de 2,0 cm de hauteur) qui sert d'objet. Elle obtient une image nette G"H" en plaçant l'écran 3,0 cm à droite de la lentille.

2.1. Placer, à l'échelle, sur **LA FIGURE 12 DE L'ANNEXE EN PAGE 14**, la lentille L et l'écran afin d'illustrer l'expérience de Clémentine. En déduire par construction, à l'échelle, sur **LA FIGURE 12 DE L'ANNEXE EN PAGE 14**, la position des foyers F et F' de la lentille L.

2.2. Déterminer l'expression littérale de la distance focale image $\overline{OF'}$ de la lentille L puis calculer sa valeur numérique.

3. Observation d'une éclipse de Lune avec le télescope

3.1. *Clémentine remonte son télescope en plaçant ses différents éléments (la lentille L et les miroirs M_1 et M_2) tels qu'elle les a trouvés au moment de son achat.*

Dans son télescope, parmi les trois éléments précédents, lequel joue le rôle de l'objectif ?

Lequel joue le rôle de l'oculaire ?

Quel est le rôle du troisième élément ?

3.2. Dans cette question, on suppose que le télescope de Clémentine est afocal et qu'elle observe, au début de l'éclipse, la Lune KN supposée à l'infini dans la direction représentée sur la figure 5 de l'annexe. Un système est dit afocal lorsqu'il donne d'un objet à l'infini une image à l'infini.

3.2.1. Sans souci d'échelle, compléter LA FIGURE 13 DE L'ANNEXE EN PAGE 14 en construisant l'image K_1N_1 de la Lune KN donnée par le miroir M_1 .

3.2.2. Sans souci d'échelle, compléter LA FIGURE 13 DE L'ANNEXE EN PAGE 14 en plaçant l'image K_2N_2 de K_1N_1 donnée par le miroir M_2 .

3.2.3. Clémentine a-t-elle correctement placé la lentille L dans son télescope pour qu'il soit effectivement afocal ?

3.2.4. Sans souci d'échelle, compléter LA FIGURE 13 DE L'ANNEXE EN PAGE 14 en construisant l'image définitive K_3N_3 de K_2N_2 qui sert d'objet pour la lentille L.

3.3. À cause du phénomène de diffraction, l'image d'un point donnée par un instrument d'optique n'est pas un point mais une tache circulaire d'autant plus grande que le diamètre de l'objectif est petit. Si le grossissement de l'instrument est trop élevé, ces taches deviennent visibles et l'image est floue. Le grossissement maximal utilisable est égal à 2,5 fois le diamètre de l'objectif exprimé en mm. Clémentine mesure le diamètre de l'objectif et trouve 12 cm.

Donnée : Grossissement d'un télescope $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$; α et α' correspondent respectivement au diamètre

apparent de la Lune et celui de son image définitive.

3.3.1. Compléter LA FIGURE 13 DE L'ANNEXE EN PAGE 14 en plaçant les diamètres apparents α et α' .

Démontrer que le grossissement du télescope $G = \frac{f_{\text{objectif}}}{f_{\text{oculaire}}}$.

3.3.2. Calculer la valeur numérique du grossissement du télescope de Clémentine.

L'image définitive de la Lune observée par Clémentine est-elle nette ?

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Question 2.1. Première expérience

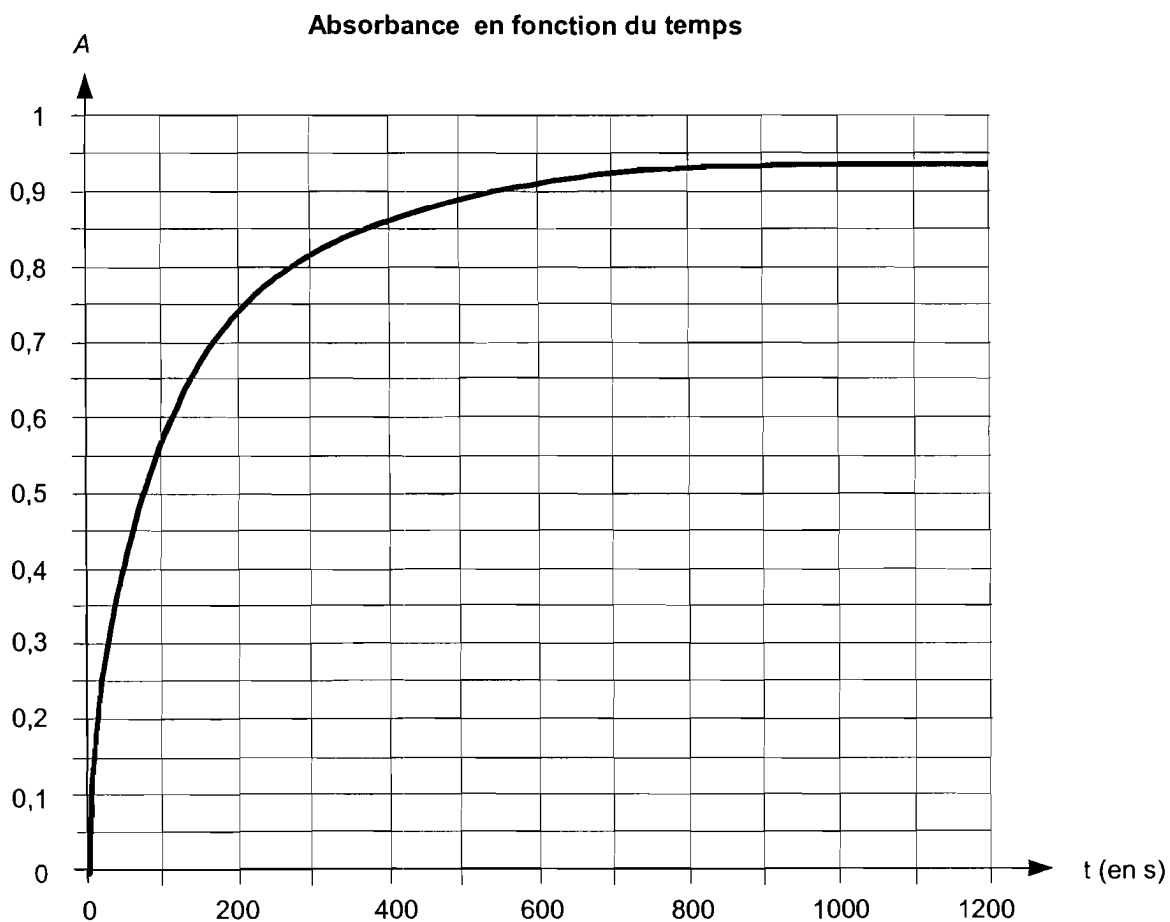


Figure 1

Question 2.1.1. Tableau d'évolution du système

Equation		$H_2O_2(aq) + 2 I^-(aq) + 2 H^+ = I_2(aq) + 2 H_2O(l)$				
Etat du système	avancement en mol	Quantités de matières en mol				
initial	$x = 0$					
intermédiaire	x					
final	x_f					

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

Question 3.1. Schéma de l'électrolyse

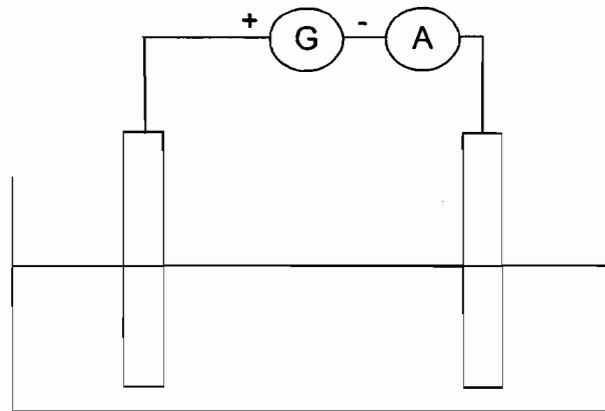


Figure 2

ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question 1.2.3.

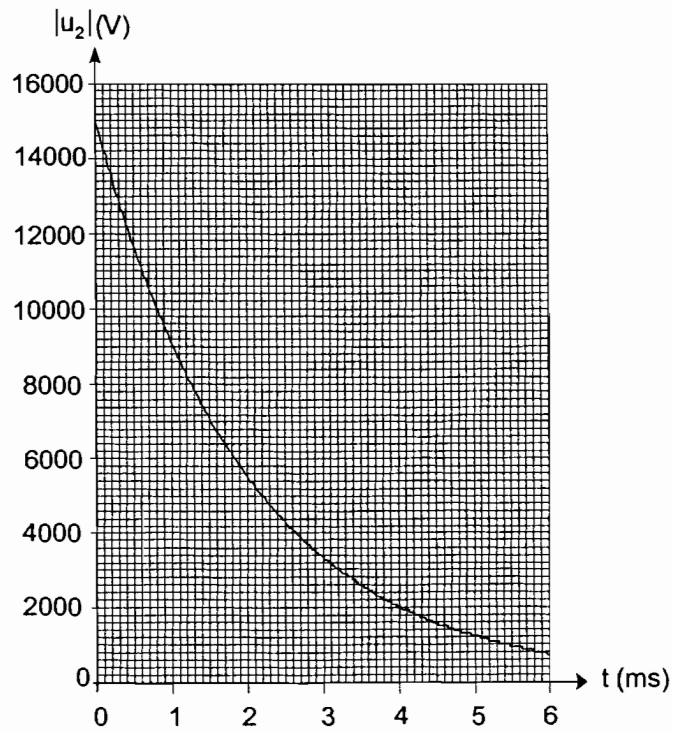


Figure 7

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

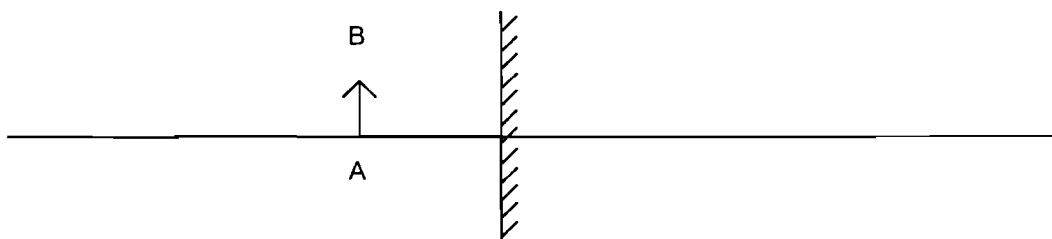
ANNEXE EXERCICE III

Question 1.1.

Figure 10 (le schéma n'est pas à l'échelle)
miroir plan

Sens de propagation
de la lumière

→



Question 1.1.

Figure 11 (le schéma n'est pas à l'échelle)
miroir sphérique

Données :

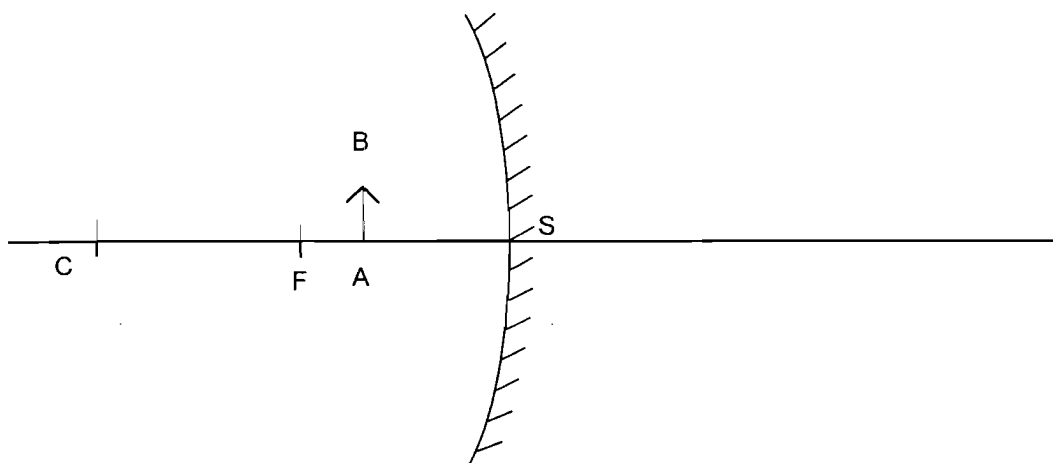
F : foyer du miroir

S : sommet du miroir

C : centre du miroir

Sens de propagation
de la lumière

→



ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE EXERCICE III

Question 2.1.

Figure 12 (le schéma est à l'échelle)

Sens de propagation
de la lumière
→

H
↑

G

Questions 3.2.1., 3.2.2., 3.2.4. et 3.3.1. Figure 13 (le schéma n'est pas à l'échelle)

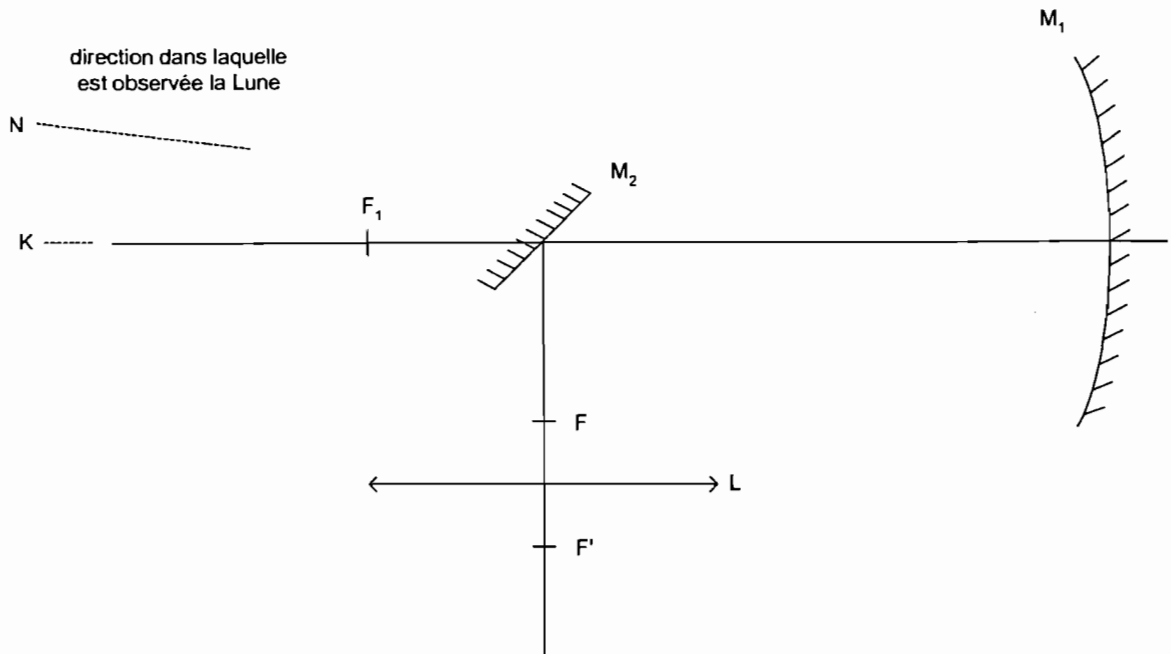
Données :

F_1 : foyer du miroir M_1

F et F' : foyers objet et image de la lentille L

Sens de propagation
de la lumière
→

→



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE

- I. L'élément iode d'hier à aujourd'hui (6,5 points)
- II. Système d'allumage classique d'un moteur à essence (5,5 points)
- III. Petite histoire d'une lentille et de deux miroirs... (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, **il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires** (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, **à compter de la session 2003, sont fixées par :**

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002

- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. L'ÉLÉMENT IODE D'HIER À AUJOURD'HUI (6,5 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses attendues	Barème	Commentaires				
1.	Une réaction pour obtenir du diiode						
1.1.	C'est une réaction d'oxydo-réduction Couple IO_3^-/I_2 et Couple $\text{SO}_4^{2-}/\text{HSO}_3^-$	0,25					
1.2.	$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}^3 [\text{I}_2]_{eq} [\text{SO}_4^{2-}]_{eq}^5}{[\text{IO}_3^-]_{eq}^2 [\text{HSO}_3^-]_{eq}^5}$	0,25					
1.3.	Oui le pH a une incidence car l'ajout de H_3O^+ augmente le quotient de réaction et déplace l'équilibre dans le sens indirect.	0,5					
2.	Etude cinétique						
2.1.1.	Equation	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) + 2\text{H}_3\text{O}^+ = \text{I}_2(\text{aq}) + 4\text{H}_2\text{O}(\ell)$					
	Etat du système	x	Quantités de matières en 10^{-3} mol				
	initial	x = 0	1	6	3	0	solvant
	intermédiaire	x	1-x	6-2x	3-2x	x	solvant
	final	x_f	0	4	2	1	solvant
	L'avancement final est donc $x_f = 1,0 \cdot 10^{-3}$ mol.						
2.1.2.	A n'évolue plus, la réaction est terminée	0,25					
2.1.3.	Beer-Lambert : $A = \varepsilon l c = k \times [\text{I}_2(\text{aq})] = k \times \frac{x}{V}$ donc $\frac{x}{A} = r = \frac{V}{k}$ où V est le volume total du mélange	0,25					
2.1.4.	Sur la courbe pour $x_f = 1,0 \cdot 10^{-3}$ mol, on lit $A_f = 0,94$ donc $r = 1/0,94 = 1,1 \cdot 10^{-3}$ mol	0,25					
2.1.5.	$v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{V} \frac{d(rA)}{dt} = \frac{r}{V} \frac{dA}{dt}$	0,25					
2.1.6.	On trace la tangente, la pente de la tangente donne $\frac{dA}{dt}$. $\left(\frac{dA}{dt}\right)_{t=200s} > \left(\frac{dA}{dt}\right)_{t=800s}$ donc $v_1 > v_2$	0,5	<i>Il faut les tangentes sur la courbe</i>				
2.1.7.	C'est la durée nécessaire pour que l'avancement parvienne à la moitié de sa valeur finale.	0,25	<i>Admettre entre 60s et 80s Méthode exigée</i>				
	Sur la courbe, pour $A = 0,94 / 2 = 0,47$ on lit $t_{1/2} = 75$ s	0,25					
2.2.1.	On modifie la concentration en iodure de potassium.	0,25					
2.2.2.	Seule la quantité de matière de I^- a changé (3 mmol) Le réactif limitant est le même (H_2O_2).	0,25					
2.2.3.	$t_{1/2}$ de la deuxième expérience $>$ $t_{1/2}$ première expérience car la concentration en I^- est plus faible donc la vitesse est plus faible.	0,25					
2.2.4.	Au début la courbe 2 est moins pentue que la courbe 1.	0,25					
	La valeur finale est la même mais elle est atteinte plus tard.	0,25					

3.	Electrolyse		
3.1.	e^- du - vers + à l'extérieur du générateur, les anions même sens dans la solution, les cations sens inverse dans la solution.	0,25	
3.2.	A l'électrode négative : $2 H^+(aq) + 2 e^- = H_2$ A l'électrode positive : $2 H_2O = 4 H^+(aq) + 4 e^- + O_2$ et $2 I^-(aq) = I_2(aq) + 2 e^-$	0,25	
3.3.	A l'électrode négative : cathode H_2 A l'électrode positive : anode I_2	0,25	<i>Toute justification est acceptée.</i>
3.4.1.	Quantité d'électricité : $Q = I \cdot \Delta t = 0,25 \cdot 1800 = 450 \text{ C}$ Quantité d'électrons ayant traversé le circuit : $n_e = Q/F = 4,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$	0,25 0,25	
3.4.2.	Quantité de H_2 formé : $n_{H_2} = n_e/2 = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ Volume de H_2 récupéré : $V_{H_2} = n_{H_2} V_{mol} = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ L}$	0,25 0,25	<i>Admettre V_{H_2} cohérent avec n_{H_2}</i>

EXERCICE II. SYSTÈME D'ALLUMAGE CLASSIQUE DANS UN MOTEUR À ESSENCE
(5,5 points)

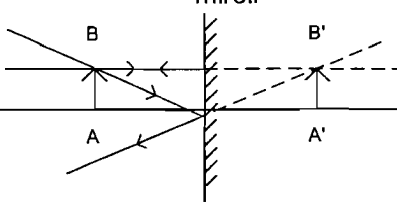
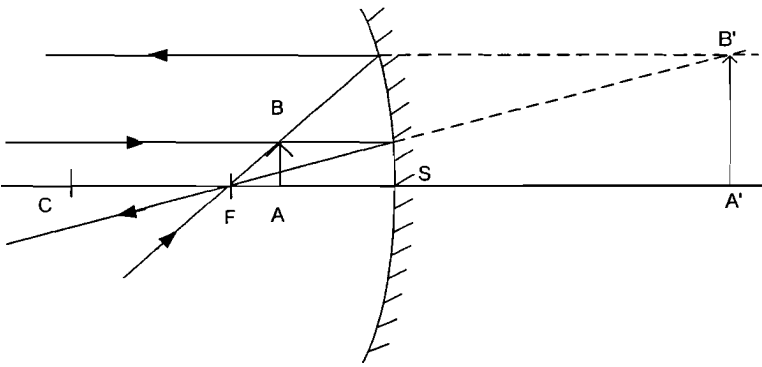
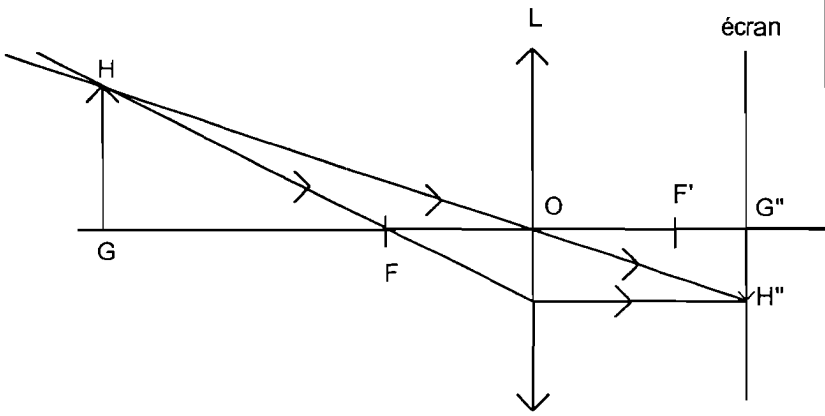
Remarque générale : Retirer une seule fois pour tout l'exercice 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

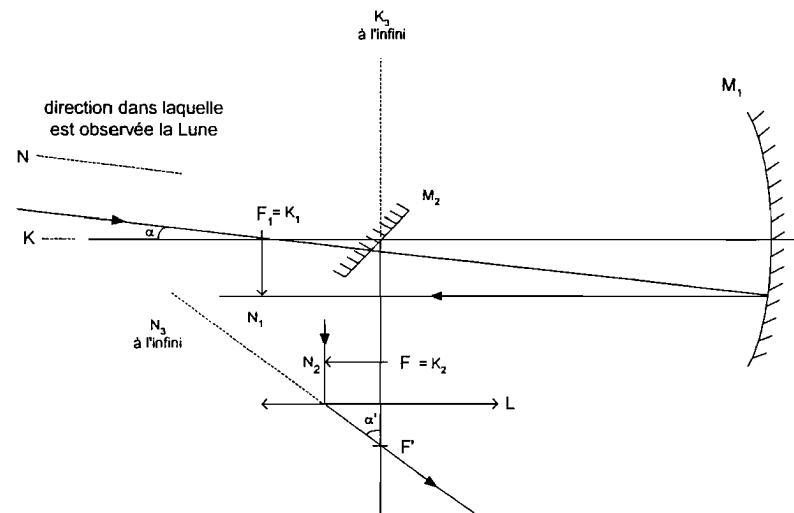
Réponses attendues		Barème	Commentaires
1.	Etude du circuit primaire sans condensateur		
1.1.1.	Loi des d'additivité des tensions $E = u_r + u_L$ Loi d'Ohm en convention récepteur : $u_r = r \cdot i_1$ Tension aux bornes de la bobine : $u_L = L \frac{di_1}{dt}$ Soit : $E - r \cdot i_1 - L \frac{di_1}{dt} = 0$ soit : $\frac{di_1}{dt} + \frac{r}{L} i_1 = \frac{E}{L}$	0,25 0,25 0,25	(ou loi des mailles) Il est exigé de nommer les lois utilisées.
1.1.2.	En régime permanent, i_1 est indépendante du temps donc : $\frac{di_1}{dt} = 0$ et $r \cdot i_1 = E$	0,25	$\frac{r}{L} i_1 = \frac{E}{L}$ ou $\frac{r}{L} i_1 = \frac{E}{L}$ acceptées
1.1.3.	On a donc $i_1 = \frac{E}{r}$ AN : $i_1 = 2,0$ A	0,25	
1.1.4.	$u_2 = \alpha \frac{di_1}{dt}$ donc u_2 est nulle en régime permanent. Il ne peut donc pas y avoir d'étincelle.	0,25	
1.2.1.	La bobine retarde la rupture du courant.	0,25	
1.2.2.	à $t = 0$, $i_1 = I_1$, donc la courbe 6.b. est impossible. La courbe 6.c. est impossible car pour $t > 0$, $i_1(t)$ est une droite. Seule la courbe 6.a. peut convenir.	0,25	
1.2.3.	Tracé de la tangente à l'origine : $\tau = 2$ ms.	0,25	On ne demande pas de dériver deux fois i_1 par rapport au temps pour justifier. Accepter une marge une marge d'erreur de 10 %.
1.2.4.	On cherche à partir de quelle date la tension aux bornes de la bougie est inférieure à 10 000V. On a $t = 0,8$ ms.	0,25	
2.	Etude du circuit primaire avec condensateur		
2.1.1.	2.1.1. $i_1 = \frac{dq(t)}{dt} = -\frac{2\pi}{\gamma} Q_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$	0,25	
2.1.2.	$\frac{d^2 q(t)}{dt^2} = -\frac{4\pi^2}{\gamma^2} Q_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$	0,25	
2.1.3.	$L \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{q}{C} = E$	0,25	

	$-L \frac{4\pi^2}{\gamma^2} Q_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right) + \frac{1}{C} Q_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right) + \frac{CE}{C} = E$ <p>Soit : $q_0 \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right) \left[-L \frac{4\pi^2}{\gamma^2} + \frac{1}{C}\right] = 0$ on a donc quel que soit</p> <p>$t : \left[-L \frac{4\pi^2}{\gamma^2} + \frac{1}{C}\right] = 0$ soit $\gamma = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$. $q(t)$ proposée est bien une solution de l'équation différentielle si et seulement si $\gamma = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$</p>	0,25	
2.1.4.	γ représente la période propre du circuit.	0,25	
2.1.5.	$u_2 = \alpha \frac{di_1}{dt} = \alpha \left[-\frac{4\pi^2}{\gamma^2} Q_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right) \right] = -\frac{4\pi^2 \alpha}{\gamma^2} Q_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$ $= -A \cos\left(\frac{2\pi}{\gamma} t\right)$	0,25	
2.1.6.	Il s'agit d'un régime sinusoïdal. Sur la courbe : vérifier à $t = 0$ s valeur négative, période constante et amplitude constante).	0,25 0,25	
2.2.1.	Il s'agit d'un régime pseudo-périodique amorti. L'amplitude décroît au cours du temps à cause de l'énergie perdue par effet Joule dans la résistance.	0,5	
2.2.2.	La valeur absolue de la tension est plusieurs fois supérieure à 10 000 V. Il y a donc plusieurs étincelles de suite.	0,25	

EXERCICE III. PETITE HISTOIRE D'UNE LENTILLE ET DE DEUX MIROIRS ...
(4 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues		Barème	Commentaire
1. Étude des miroirs du télescope			
1.1.	<p>Figure 2 (le schéma n'est pas à l'échelle) miroir plan : image A'B' symétrique de l'objet AB par rapport au miroir</p>  <p>Figure 3 (le schéma n'est pas à l'échelle) miroir sphérique : construction de 2 rayons</p> 	0,25	Soit symétrique, soit construction
	<p>M₁ = miroir sphérique car l'image A'B' est plus grande que l'objet AB</p>	0,25	
1.2.	<p>L'image G'H' se forme entre la lampe et le miroir. Avec un écran opaque, on masque la lumière de la lampe qui ne peut plus se réfléchir sur le miroir</p> <p>L'objet est considéré à l'infini du miroir. L'image se forme donc dans le plan focal du miroir. La distance focale du miroir est donc CF = FS = 90cm</p>	0,25	0,25
2. Étude de la lentille du télescope			
2.1.	<p>Figure 4</p> 	0,25	
2.2.	$\frac{1}{\overline{OG''}} - \frac{1}{\overline{OG}} = \frac{1}{f} \Leftrightarrow f' = \frac{\overline{OG''} \times \overline{OG}}{\overline{OG} - \overline{OG''}} ; f' = \frac{3,0 \times (-6,0)}{(-6,0) - 3,0} = 2,0\text{cm}$	0,5	

3. Observation d'une éclipse de Lune avec le télescope			
3.1.	Objectif = miroir sphérique M_1 Oculaire = lentille L Le miroir plan M_2 réfléchit la lumière provenant de M_1 vers l'oculaire	0,5	
3.2.1.	Figure 5 (le schéma n'est pas à l'échelle) 	0,25	Pour K_1N_1
3.2.2.	K_2N_2 symétrique de K_1N_1 par rapport au miroir M_2	0,25	(voir figure 5 ci-dessus)
3.2.3.	L'objet K_2N_2 est situé dans le plan focal objet de la lentille L. L'image définitive de la Lune sera donc à l'infini. Son télescope est donc bien afocal	0,25	
3.2.4.	K_3N_3 image à l'infini de K_2N_2 par la lentille L	0,25	(voir figure 5 ci-dessus)
3.3.1.	α et α' $\tan \alpha \approx \alpha \approx \frac{K_1N_1}{f_{\text{objectif}}}$; $\tan \alpha' \approx \alpha' \approx \frac{K_2N_2}{f_{\text{oculaire}}}$; $K_1N_1 = K_2N_2$ $G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_{\text{objectif}}}{f_{\text{oculaire}}}$;	0,5	(voir figure 5 ci-dessus)
3.3.2.	$G = \frac{90}{2,0} = 45$ $G_{\text{max}} = 2,5 \times 120 = 300$. $G < G_{\text{max}}$ L'image est bien nette	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé.
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12.

La page d'annexe (page 12) EST À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE même si elle n'a pas été complétée.

Le candidat doit traiter les trois exercices dans l'ordre qu'il souhaite, ceux-ci étant indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. LES COULEURS DU BLEU DE BROMOTHYMOLE (6,5 points)

Les indicateurs colorés sont des entités chimiques étonnantes qui ont la propriété de changer de couleur en fonction du pH de la solution aqueuse qui les contient.

Utilisé au XVIII^{ème} siècle pour des dosages acido-basiques, le premier indicateur coloré fut un extrait de tournesol. Plusieurs autres indicateurs naturels furent utilisés comme le chou rouge, l'artichaut ou la betterave. Le XIX^{ème} siècle voit l'essor considérable de la chimie organique et la mise au point de nouvelles substances qui serviront d'indicateurs colorés.

Dans cet exercice, l'indicateur coloré acido-basique étudié est le bleu de bromothymol que l'on note souvent BBT. Il constitue un couple acide/base dont la forme acide, notée HIn, et la forme basique notée In⁻, ont des teintes différentes en solution aqueuse.

L'objectif de cet exercice est d'étudier un titrage acido-basique en présence de bleu de bromothymol, puis de caractériser cet indicateur coloré.

Dans tout l'exercice, la température des solutions est égale à 25 °C.

1. Titrage acido-basique avec le bleu de bromothymol.

Au laboratoire, un flacon de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) a une concentration molaire inconnue. L'objectif de cette partie est de déterminer par titrage la concentration molaire c_B d'hydroxyde de sodium dans cette solution notée S. On admettra dans cette partie que le bleu de bromothymol convient pour ce titrage.

Protocole :

On prélève avec précision un volume $V_S = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S que l'on verse dans un erlenmeyer. On titre cet échantillon par de l'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) dont la concentration molaire est $c_A = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, en présence de quelques gouttes de bleu de bromothymol comme indicateur de fin de titrage. Il faut verser un volume $V_E = 12,3 \text{ mL}$ de la solution titrante pour atteindre l'équivalence.

- 1.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.
- 1.2. Identifier les couples acide/base mis en jeu dans cette réaction.
- 1.3. Définir l'équivalence d'un titrage.
- 1.4. À partir des résultats expérimentaux, déterminer la concentration molaire c_B d'hydroxyde de sodium de la solution S.

2. Questions autour du couple acido-basique du bleu de bromothymol.

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide HIn avec l'eau.
- 2.2. Rappeler la définition de la constante d'acidité K_A du couple $\text{HIn}(\text{aq}) / \text{In}^-(\text{aq})$. Donner son expression à partir de l'équation de la réaction précédente.

3. Détermination du $\text{p}K_A$ du bleu de bromothymol.

- 3.1. À l'aide d'un spectrophotomètre, on relève les variations de l'absorbance A des formes acide et basique d'une solution de bleu de bromothymol en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse traversant la solution. On obtient les courbes suivantes (figure 1) :

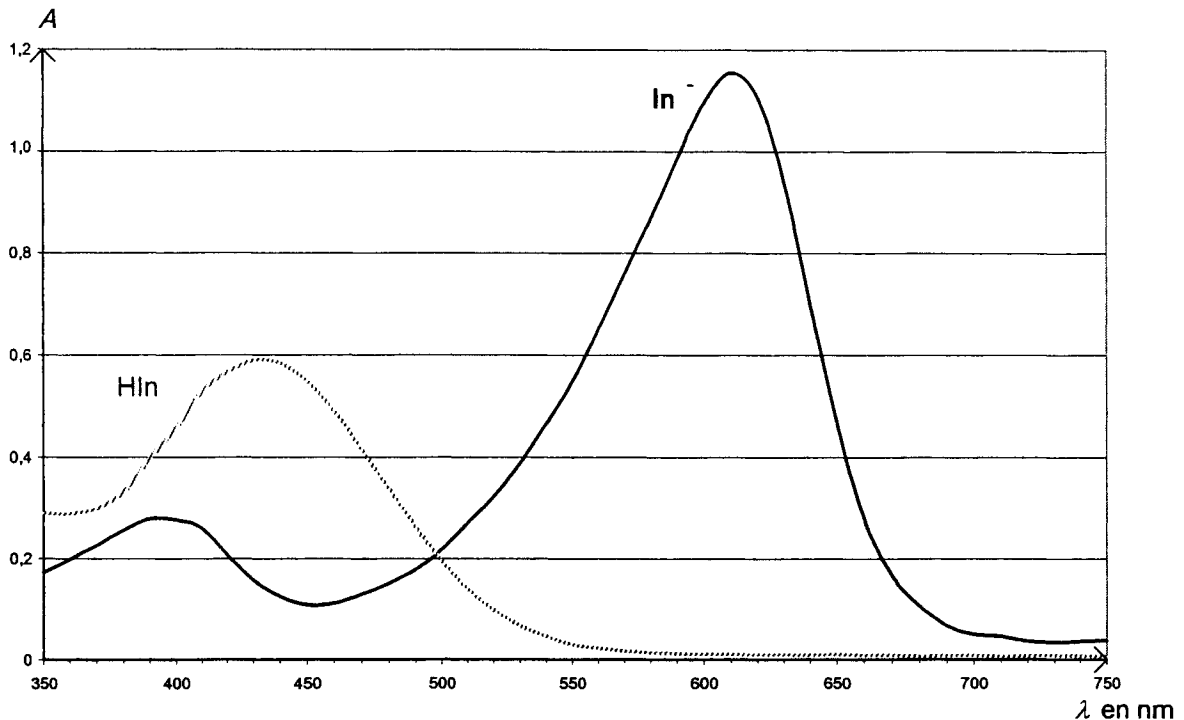


Figure 1

La forme acide HIn du bleu de bromothymol donne en solution aqueuse une coloration jaune.

On rappelle qu'une solution est colorée si elle absorbe une partie des radiations de la lumière blanche.

Sur l'étoile ci-contre (figure 2), la lumière perçue (c'est à dire la couleur de la solution) est la couleur diamétralement opposée à la couleur absorbée.

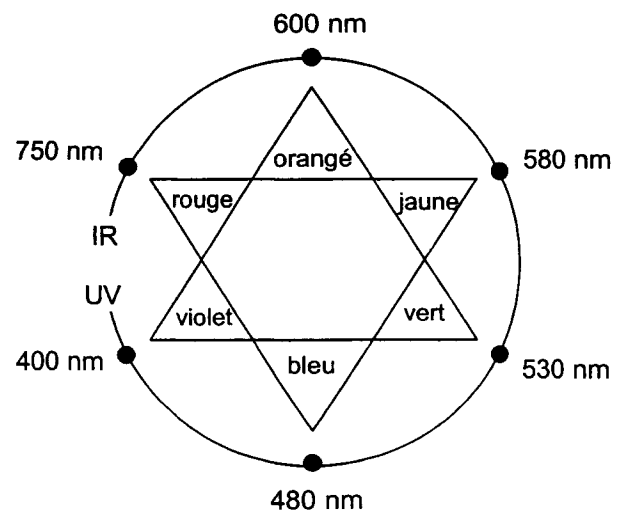


Figure 2

3.1.1. Pour quelle longueur d'onde l'absorbance de la forme basique In^- du bleu de bromothymol est-elle maximale ?

3.1.2. Quelle est la couleur de la lumière absorbée correspondante ?

3.1.3. En déduire la couleur donnée par la forme basique In^- du bleu de bromothymol en solution aqueuse.

3.2. À quelle longueur d'onde λ_0 faut-il régler le spectrophotomètre afin que l'absorbance de la forme acide soit quasiment nulle et celle de la forme basique du bleu de bromothymol soit maximale ?

3.3. On a préparé treize échantillons de solutions de volume $V = 10,0 \text{ mL}$ dont les valeurs du pH sont croissantes (voir tableau ci-après). À chacun des échantillons, on ajoute un volume $V_0 = 1,0 \text{ mL}$ de solution S_0 de bleu de bromothymol de concentration molaire $c_0 = 3,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

On appelle c la concentration molaire du bleu de bromothymol apporté dans ces solutions.

On rappelle : $c = [HIn]_{\text{éq}} + [In^-]_{\text{éq}}$

Après réglage du zéro du spectrophotomètre, on peut admettre que l'absorbance de telles solutions s'exprime par : $A = A_{HIn} + A_{In^-}$.

où A_{HIn} et A_{In^-} sont les absorbances respectives des espèces HIn et In^- .

On mesure alors le pH de chacune de ces solutions et après avoir réglé un spectrophotomètre à la longueur d'onde λ_0 précédemment déterminée, on mesure l'absorbance A de chacune de ces solutions en utilisant des cuves identiques. Les résultats sont regroupés dans les tableaux ci-dessous.

Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
pH	4,0	4,8	5,2	5,8	6,1	6,7	7,0
Absorbance A	0	0	0	0,004	0,008	0,260	0,420
Couleur de la solution	jaune	jaune	jaune	jaune	jaune	verte	verte

Solution	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃
pH	7,3	7,6	8,2	8,7	8,8	9,5
Absorbance A	0,630	0,794	1,050	1,090	1,094	A_{max} = 1,094
Couleur de la solution	verte	verte	bleue	bleue	bleue	bleue

3.3.1. Calculer la quantité de matière n_{BBT} en bleu de bromothymol apporté dans chaque solution.

3.3.2. Montrer que la concentration molaire c en bleu de bromothymol apporté dans chaque solution vaut $c = 2,7 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$.

3.3.3. En utilisant la question 3.2, montrer qu'à la longueur d'onde d'étude λ_0 l'absorbance des solutions peut s'écrire : $A = A_{In^-}$.

On peut montrer que l'absorbance des solutions est alors donnée par :

$A = A_{In^-} = k [In^-]_{\text{éq}}$ où k est une constante de proportionnalité.

3.3.4. Dans la solution S₁₃, l'absorbance est maximale et a pour valeur A_{max} . On peut alors supposer que la concentration effective en HIn dans cette solution est négligeable devant celle en In^- .

Quelle est alors la relation entre A_{max} et c ?

3.3.5. À partir des questions 3.3.3 et 3.3.4, montrer que dans les solutions étudiées, la concentration effective en In^- peut se calculer par :

$$[In^-]_{\text{éq}} = \frac{A}{A_{\text{max}}} \cdot c$$

3.4. À partir des mesures précédentes, il est possible de calculer les concentrations effectives des formes acide ($[HIn]_{\text{éq}} = c - [In^-]_{\text{éq}}$) et basique du bleu de bromothymol dans chacun des treize échantillons et ainsi de construire le diagramme de distribution des espèces du couple HIn/In^- (figure 3).

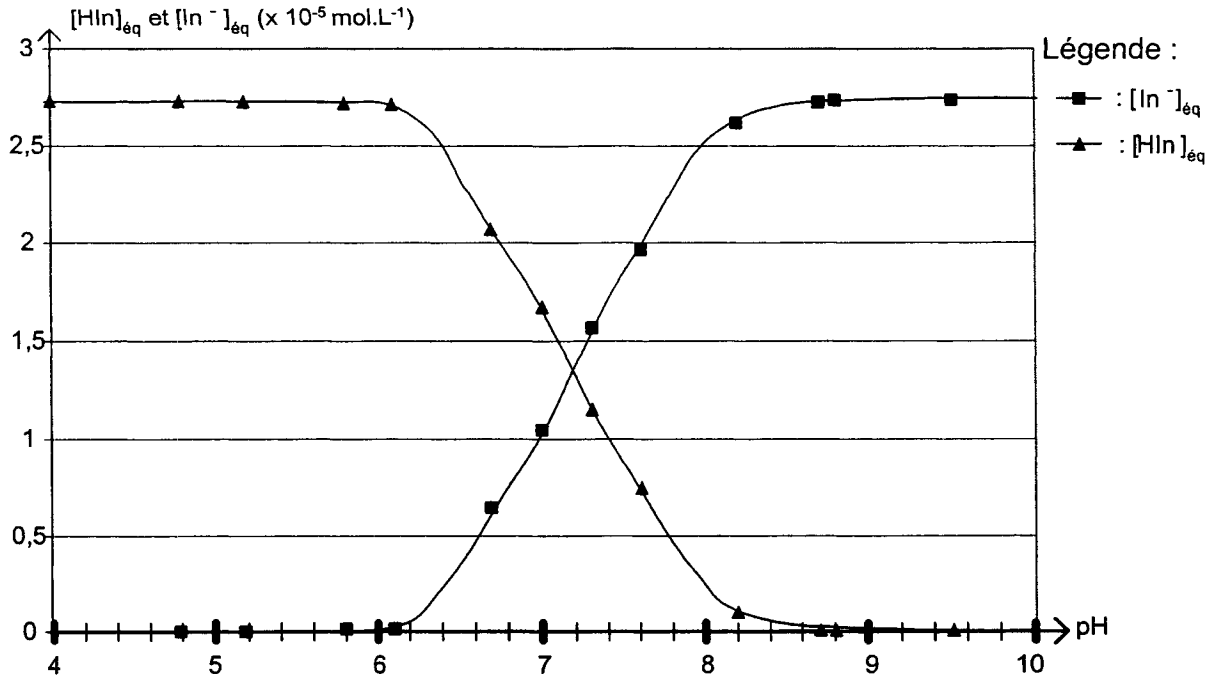


Figure 3

3.4.1. Pour quelle valeur de pH la concentration effective en HIn est-elle égale à celle en In⁻? À partir de la question 2.2 appliquée à ce cas particulier, trouver la relation entre le pH et le pK_A. En déduire le pK_A du bleu de bromothymol à 25°C.

3.4.2. On considère qu'une solution de bleu de bromothymol, éclairée en lumière blanche, prend « sa teinte acide » lorsque $pH < pK_A - 1$ et qu'elle prend « sa teinte basique » lorsque $pH > pK_A + 1$.

Donner le diagramme de prédominance des espèces acide et basique du bleu de bromothymol. Ajouter sur le diagramme les couleurs respectives de la solution de bleu de bromothymol.

3.4.3. Quelle est la couleur de la solution de bleu de bromothymol dans la zone de virage ?

4. Utilisation du bleu de bromothymol pour le titrage de la partie 1.

4.1. Quelle est la couleur de la solution contenue dans l'erlenmeyer avant l'équivalence ? Comment repère-t-on l'équivalence ?

4.2. Lors de ce titrage le pH du mélange réactionnel à l'équivalence est égal à 7. Pourquoi peut-on affirmer que le bleu de bromothymol convient pour ce titrage ?

EXERCICE II. UN RÉVEIL EN DOUCEUR (5,5 points)

On commercialise aujourd'hui des réveils « éveil lumière / éveil douceur ». Le concept utilisé est le suivant : lorsque l'heure du réveil programmé est atteinte, la lampe diffuse une lumière dont l'intensité lumineuse augmente progressivement jusqu'à une valeur maximale. On évite de cette façon un réveil trop brutal. La durée nécessaire pour atteindre la luminosité maximale est modifiable.

Lors d'un atelier scientifique, deux élèves décident de construire un circuit électrique permettant de faire varier doucement la luminosité d'une lampe, en utilisant les propriétés électriques d'une bobine.

Dans une première partie, ces propriétés sont mises en évidence de façon qualitative. Dans une seconde partie, les élèves déterminent l'inductance de la bobine utilisée. Le fonctionnement est ensuite étudié expérimentalement à l'aide d'une acquisition informatique.

Certaines données ne sont pas utiles à la résolution de l'exercice.

1. Influence d'une bobine dans un circuit électrique.

Les élèves réalisent le circuit représenté sur la figure 4. Ce circuit est constitué d'une source de tension idéale de force électromotrice (fem) E_1 , d'une bobine d'inductance L et de résistance r , d'un conducteur ohmique de résistance R_1 de même valeur que r et de deux lampes identiques (L_1) et (L_2).

Données :

Valeur de la fem : $E_1 = 24 \text{ V}$.

Valeurs données par le constructeur : $L = 1 \text{ H}$; $r = R_1 = 7 \Omega$.

Dans cette partie seulement, pour simplifier l'analyse qualitative, on suppose que chaque lampe a le même comportement électrique qu'un conducteur ohmique de résistance R_{Lampe} .

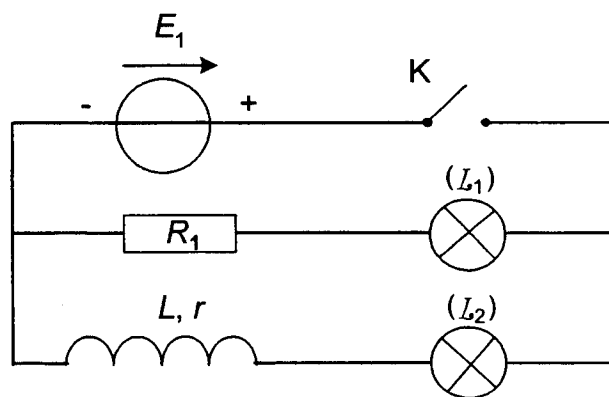


Figure 4

1.1. Immédiatement après la fermeture de l'interrupteur K , les deux lampes ne s'allument pas simultanément : une lampe brille quasi-instantanément, l'autre brille avec retard.

Quelle lampe s'allume la première ? Pourquoi l'autre lampe s'allume-t-elle avec retard ?

1.2. Dans la branche du circuit contenant la bobine, on peut observer successivement deux régimes différents pour le courant électrique.

Nommer ces deux régimes.

1.3. Que peut-on dire de la luminosité des deux lampes en fin d'expérience ? Justifier.

1.4. On appelle τ la constante de temps caractérisant l'évolution temporelle de l'intensité du courant électrique lors de l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'une bobine

d'inductance L . Dans le cas étudié $R = R_1 + R_{\text{Lampe}}$. La durée nécessaire pour atteindre la luminosité maximale est de l'ordre de 5τ .

1.4.1. Exprimer la constante de temps τ en fonction de l'inductance L et de la résistance R .

1.4.2. Vérifier par analyse dimensionnelle, que l'expression obtenue est bien homogène à un temps.

1.4.3. Justifier par un calcul d'ordre de grandeur le fait que ce phénomène est détectable par un observateur. On prendra $R \approx 10 \Omega$.

On précise que l'œil est capable de distinguer deux images consécutives séparées d'au moins $0,1 \text{ s}$.

2. Vérification de la valeur de l'inductance L de la bobine utilisée.

Dans cette partie, les élèves cherchent à déterminer précisément la valeur de l'inductance L de la bobine qui est utilisée. Ils réalisent le montage, représenté sur la figure 5, permettant d'enregistrer la décharge d'un condensateur de capacité $C = 22 \mu\text{F}$ à travers la bobine. Le condensateur est initialement chargé sous une tension $E_2 = 6,0 \text{ V}$ (commutateur en position 1).

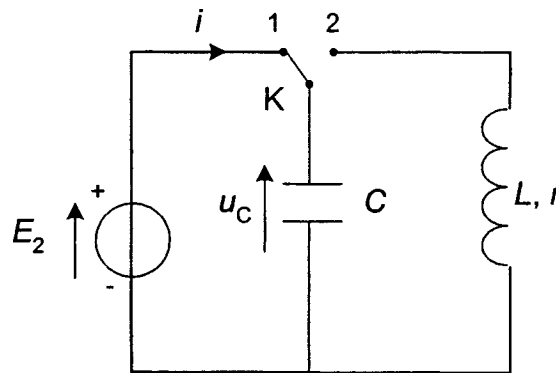


Figure 5

Après avoir basculé le commutateur en position 2, on enregistre l'évolution de la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ; la courbe obtenue est représentée sur la figure 6.

2.1. Comment nomme-t-on le régime correspondant à cette évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur ?

2.2. Quelle est la cause, en termes d'énergie, de l'amortissement des oscillations observé sur l'enregistrement donné en figure 6 ?

2.3. Qualifier l'évolution temporelle de l'énergie totale emmagasinée dans le circuit en choisissant un ou plusieurs adjectifs parmi : périodique ; croissante ; décroissante ; sinusoïdale.

2.4. On rappelle que la période propre T_0 d'un circuit LC est égale à $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ et que dans le cas où l'amortissement est faible, la pseudo-période T des oscillations est proche de la période propre T_0 . Déterminer la valeur de la pseudo-période T des oscillations puis l'inductance L de la bobine.

2.5. La valeur de l'inductance L calculée est-elle compatible avec les données du constructeur ?

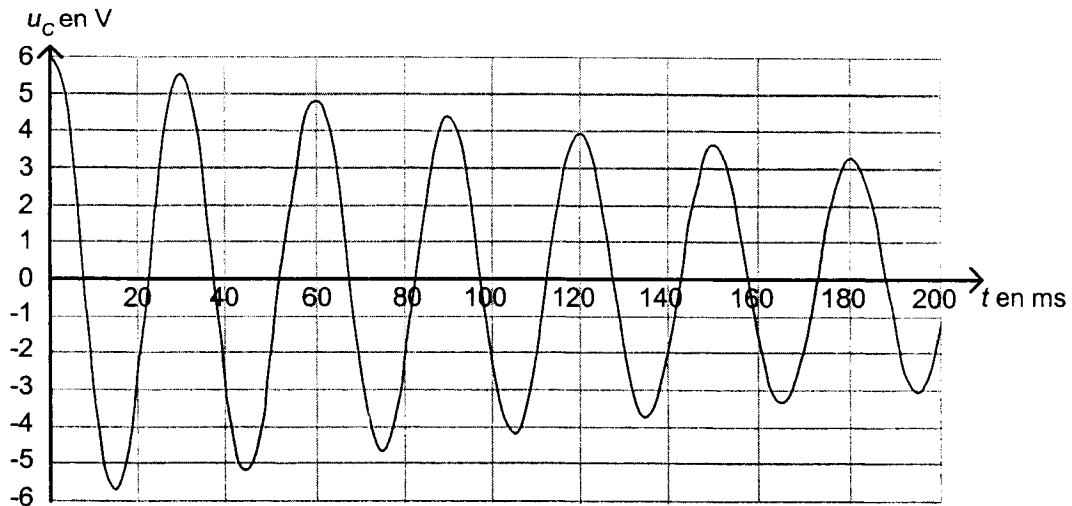


Figure 6

3. Étude expérimentale de la luminosité d'une lampe dans un circuit électrique contenant une bobine.

La luminosité de la lampe est liée à la puissance électrique qu'elle reçoit. On rappelle l'expression, en convention récepteur, de la puissance électrique instantanée $p(t)$ reçue par un dipôle soumis à la tension $u(t)$ et traversé par un courant d'intensité $i(t)$: $p(t) = u(t) \cdot i(t)$

Pour étudier l'évolution temporelle de la puissance électrique reçue par la lampe, les élèves réalisent maintenant le circuit représenté sur la figure 7 et procèdent à une acquisition informatique des données à l'aide d'une interface possédant deux bornes d'entrée notées (Y_1) et (Y_2) et une masse notée (M) . Ils utilisent la lampe (L_1) , la bobine d'inductance L , un conducteur ohmique dont la résistance a pour valeur $R_0 = 1 \Omega$ et une source de tension continue de fem E .

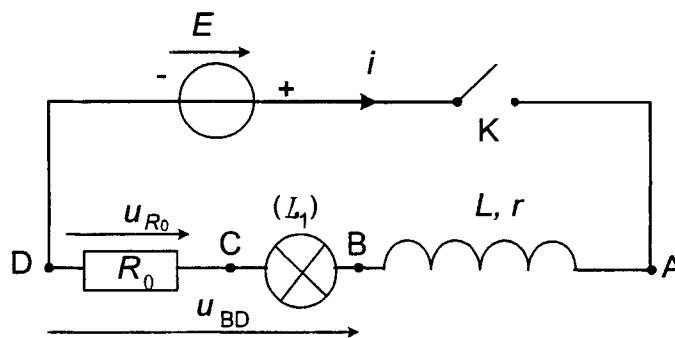


Figure 7

3.1. De quelle(s) manière(s) l'énergie électrique reçue par la lampe est-elle transférée à l'environnement ?

3.2. À quels points du circuit (A, B, C ou D) peut-on brancher (Y_1) , (Y_2) et (M) pour enregistrer les tensions u_{R_0} et u_{BD} sur l'interface d'acquisition ?

3.3. Les élèves souhaitent suivre l'évolution temporelle de la puissance électrique reçue par la lampe (L_1) . À partir des grandeurs mesurées u_{R_0} , u_{BD} et de la résistance R_0 , exprimer :

- 3.3.1. la tension $u(t) = u_{BC}$ aux bornes de la lampe;
- 3.3.2. l'intensité $i(t)$ du courant électrique ;
- 3.3.3. la puissance électrique $p(t)$ reçue par la lampe.

3.4. Pourquoi les élèves ont-ils choisi un conducteur ohmique dont la valeur de résistance est très faible ?

3.5. La figure 8 représente l'évolution temporelle de la puissance électrique $p(t)$ reçue par la lampe (L_1). On estime que pour réveiller un individu, la lumière est suffisante lorsque cette puissance atteint 90 % de sa valeur maximale.

À partir de cette courbe, déterminer la durée nécessaire pour permettre le réveil.

3.6. Cette durée est-elle compatible avec l'utilisation d'un tel montage pour une « lampe à diffusion douce » ? Quels paramètres faudrait-il pouvoir modifier pour contrôler la durée du phénomène ?

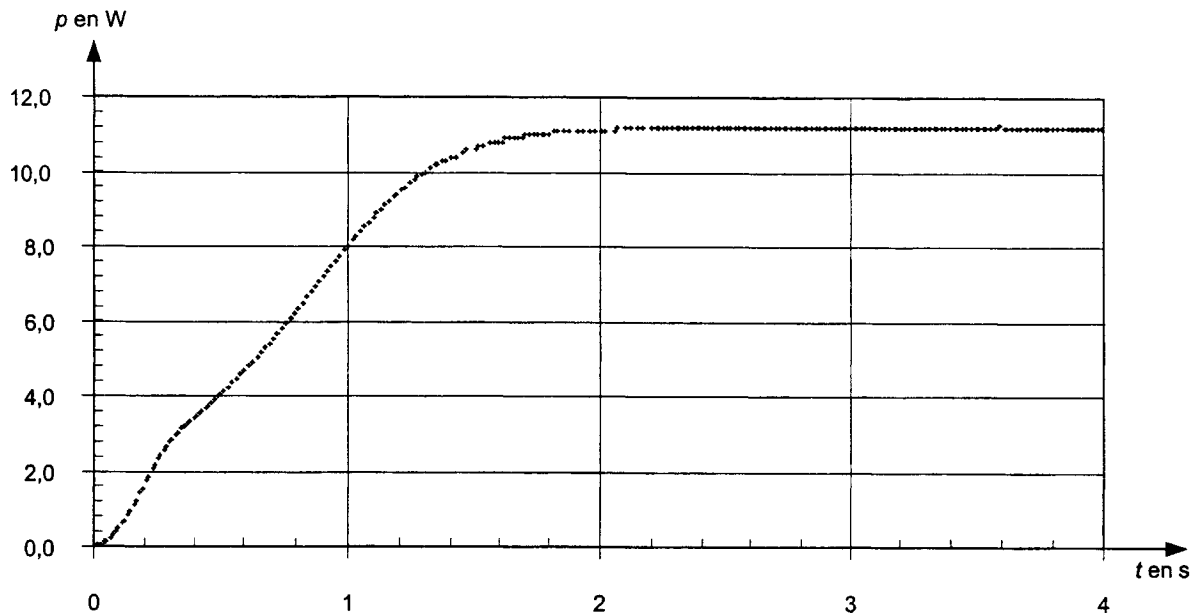


Figure 8

EXERCICE III. LA TERRE, UNE MACHINE THERMIQUE (4 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. Transfert thermique et radioactivité du globe terrestre.

Dès l'Antiquité, les premiers mineurs ont constaté que la température du sol augmente avec la profondeur. L'intérieur de la Terre est donc chaud. Comme le transfert thermique a toujours lieu des corps chauds vers les corps froids, il y a une fuite constante d'énergie de la Terre vers l'espace. Vers 1860, Lord Kelvin avait calculé le temps mis par le globe terrestre pour se refroidir complètement, à partir de la perte d'énergie constatée : quelques centaines de millions d'années au plus. Or la Terre est beaucoup plus vieille, et elle n'est pas froide. L'énergie qui s'échappe est donc, pour une grande part, produite par la Terre elle-même. C'est la radioactivité naturelle qui est à l'origine de l'essentiel de cette énergie. Toutes les couches de la Terre contiennent de l'uranium, du thorium et du potassium 40. Ces noyaux radioactifs produisent de l'énergie en se désintégrant.

D'après « Enseigner la géologie » Editions Nathan.

Données :

À l'état naturel, il existe trois isotopes du potassium : les isotopes 39, 40 et 41. Le potassium 40 est radioactif et se transforme en argon 40.

	argon ^{40}Ar	potassium ^{40}K	calcium ^{40}Ca
Numéro atomique Z	18	19	20
Masse des noyaux (kg)	$m(\text{Ar}) = 6,635913 \times 10^{-26}$	$m(\text{K}) = 6,636182 \times 10^{-26}$	$m(\text{Ca}) = 6,635948 \times 10^{-26}$

Masse d'un électron et d'un positon (ou positron) : $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg.

Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,0 \times 10^8$ m.s $^{-1}$.

1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$ J.

1.1. Le potassium 40 et le diagramme (N, Z).

Les noyaux dont le numéro atomique $Z \leq 20$ et tels que le nombre de neutrons $N = Z$ sont stables (sauf exceptions).

1.1.1. Sur la figure représentée en **ANNEXE PAGE 12**, tracer la droite sur laquelle se situent ces noyaux stables.

1.1.2. Placer sur le diagramme (N, Z) les positions respectives des noyaux de potassium 40 et de calcium 40. À partir de ces positions, indiquer lesquels de ces noyaux sont stables ou instables.

1.1.3. Écrire l'équation de la désintégration du potassium 40 en calcium 40 en précisant les lois de conservation utilisées. Déterminer le type de radioactivité correspondant à cette désintégration.

1.2. Autre désintégration du potassium 40.

Le potassium 40 peut également se désintégrer en argon 40 selon l'équation $^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{18}\text{Ar} + ^0_1\text{e}$.

1.2.1. Quel est le type de radioactivité correspondant à cette désintégration ?

1.2.2. Déterminer la valeur de l'énergie libérée lors de cette désintégration ; exprimer le résultat en joules et en mégaélectronvolts (MeV).

2. Évolution temporelle et dynamique interne du globe terrestre.

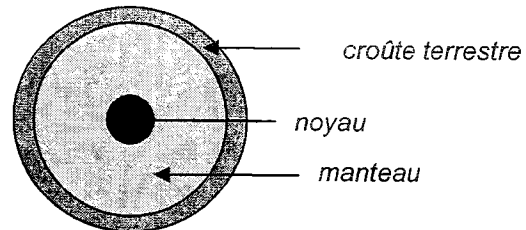
L'énergie thermique produite par le globe terrestre est évacuée par des courants de convection dans le manteau qui se traduisent en surface par la tectonique des plaques.

Le nombre de noyaux radioactifs diminue régulièrement au cours du temps, par simple décroissance radioactive. Par exemple, la quantité d'uranium 238 présente dans la Terre diminue de moitié tous les 4,5 milliards d'années.

Mais la diminution du nombre de noyaux radioactifs dans le manteau s'est intensifiée il y a environ deux milliards d'années, à l'époque où s'est formée la majorité du matériel continental de la croûte terrestre. En effet, celui-ci intégra, au fur et à mesure de sa formation, une quantité croissante d'uranium, thorium et potassium, appauvrissant ainsi le manteau en noyaux radioactifs.

D'après « Enseigner la géologie » Éditions Nathan.

Schéma très simplifié du globe terrestre



2.1. Choisir le ou les adjectif(s) relatif(s) à la désintégration d'un noyau radioactif donné :

- a) prévisible dans le temps b) spontanée c) aléatoire.

2.2. « Le nombre de noyaux radioactifs ... diminue ... par simple décroissance radioactive ».

On s'intéresse à une espèce de noyaux radioactifs. On note N le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant t , et N_0 le nombre de noyaux radioactifs présents à l'instant t_0 choisi comme origine des dates. Soit λ la constante radioactive de l'ensemble des noyaux considérés.

2.2.1. Donner l'expression de la loi de décroissance radioactive du nombre de noyaux N au cours du temps. Rappeler l'unité de la constante radioactive λ dans les unités du Système International.

2.2.2. Tracer l'allure de la courbe représentant les variations du nombre de noyaux N au cours du temps. Placer quelques points remarquables (au moins deux points).

2.2.3. À quel instant la décroissance radioactive est-elle la plus rapide ? Justifier à partir du graphique tracé.

2.3. Déterminer, en utilisant le texte, la durée au bout de laquelle les trois quarts des noyaux d'uranium 238 présents aujourd'hui auront disparu par désintégration.

2.4. Choisir la proposition correcte en justifiant par une courte phrase issue en partie du texte introduisant cette partie 2.

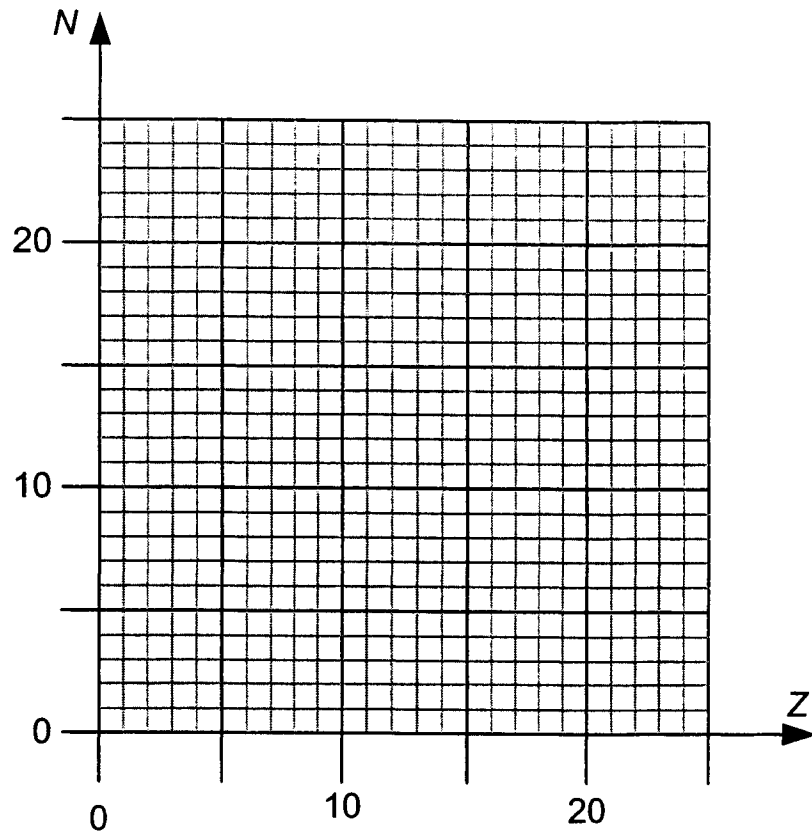
La croissance des continents explique :

- a) l'augmentation du nombre de noyaux radioactifs dans le manteau
b) une diminution plus rapide du nombre de noyaux radioactifs dans le manteau
c) la décroissance radioactive par désintégration de l'uranium dans le manteau.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Le diagramme (N, Z)



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (OBLIGATOIRE)

- I. LES COULEURS DU BLEU DE BROMOTHYMOL (6,5 points)
- II. UN REVEIL EN DOUCEUR (5,5 points)
- III. LA TERRE, UNE MACHINE THERMIQUE (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, **il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires** (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

Sur la copie, le correcteur porte la note sur 16 arrondie au demi point.

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

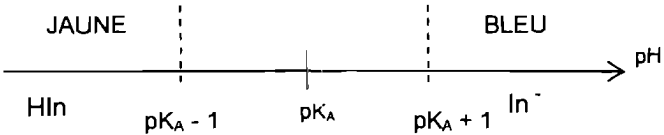
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. LES COULEURS DU BROMOTHYMOLE (6,5 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1.	Titration acido-basique avec le bleu de bromothymol.		
1.1.	$H_3O^+ + HO^-(aq) = 2H_2O(l)$	0,25	
1.2.	H_3O^+ / H_2O et H_2O / HO^-	0,25	
1.3.	L'équivalence d'un titrage correspond au changement de réactif limitant.	0,25	
1.4.	À l'équivalence : $n_{HO^-}^i = n_{H_3O^+}^{verse\ à\ E}$ d'où $c_B \cdot V_S = c_A \cdot V_E$ on en déduit : $c_B = \frac{c_A \cdot V_E}{V_S} = \frac{1,00 \times 10^{-1} \times 12,3 \times 10^{-3}}{10,0 \times 10^{-3}} = 1,23 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25	
2.	Questions autour du couple acido-basique du bleu de bromothymol.		
2.1.	$HIn(aq) + H_2O = In^-(aq) + H_3O^+$	0,25	
2.2.	La constante d'acidité du couple HIn/In^- correspond à la constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction entre l'acide HIn et l'eau. Par définition : $K_A = \frac{[In^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[HIn]_{\text{éq}}}$	0,25	
3.	Détermination du pK_A du bleu de bromothymol.		
3.1.1.	L'absorbance de la forme basique du BBT est maximale pour 610 nm.	0,25	Accepter de 600 à 620 nm
3.1.2.	Cela correspond à une radiation lumineuse de couleur orange.	0,25	Accepter rouge-orangé
3.1.3.	La forme basique du BBT absorbant principalement les radiations de couleur orange, In^- paraîtra bleu en solution (bleu couleur diamétralement opposée à l'orange).	0,25	Accepter bleu-vert
3.2.	$\lambda_0 = 610 \text{ nm}$	0,25	Valeur cohérente avec 3.1.1.
3.3.1.	$n_{BBT} = c_0 \cdot V_0 = 3,0 \cdot 10^{-4} \times 1,0 \cdot 10^{-3} = 3,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$	0,25	
3.3.2.	$c = \frac{n_{BBT}}{V + V_0} = \frac{c_0 \cdot V_0}{V + V_0} = \frac{3,0 \cdot 10^{-7}}{1,10 \cdot 10^{-2}} = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$	0,5	
3.3.3.	À la longueur d'onde $\lambda_0 = 610 \text{ nm}$, l'absorbance due à HIn est nulle : on peut donc écrire : $A = A_{In^-}$.	0,25	
3.3.4.	Pour la solution S_{13} , $[HIn]_{\text{éq}}$ négligeable d'où $c = [In^-]_{\text{éq}}$. On en déduit $A_{\text{max}} = k \cdot c$	0,25	
3.3.5.	$[In^-]_{\text{éq}} = \frac{A}{k} \quad \text{or } k = \frac{A_{\text{max}}}{c}$ d'où $[In^-]_{\text{éq}} = \frac{A}{\frac{A_{\text{max}}}{c}} = \frac{A}{A_{\text{max}}} \cdot c$	0,25	
3.4.1.	$[HIn]_{\text{éq}} = [In^-]_{\text{éq}}$ pour $\text{pH} = 7,2$ $K_A = \frac{[In^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[HIn]_{\text{éq}}}$; si $[HIn]_{\text{éq}} = [In^-]_{\text{éq}}$ alors $K_A = [H_3O^+]_{\text{éq}}$ soit $-\log K_A = -\log [H_3O^+]_{\text{éq}}$ donc $\text{pH} = \text{p}K_A$ Graphiquement, à l'intersection des deux courbes, on lit : $\text{p}K_A = 7,2$.	0,25	

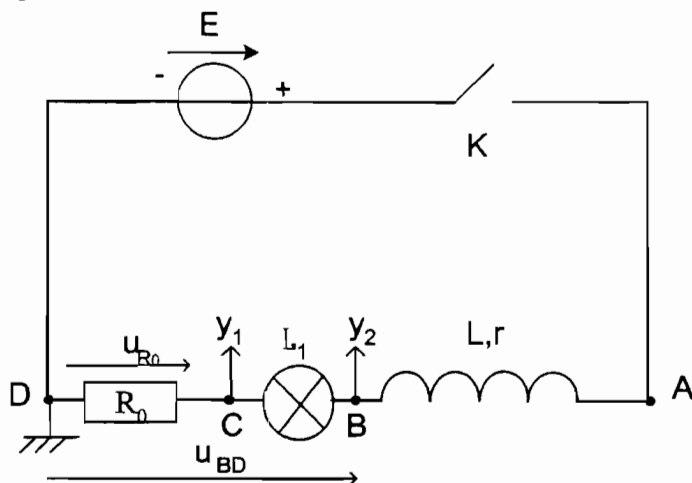
3.4.2		0,25	vert pas exigé
3.4.3	La zone de virage est de couleur verte.	0,25	
4.	Utilisation du bleu de bromothymol pour le titrage de la partie 1		
4.1.	Avant l'équivalence la solution contenue dans l'erenmeyer est bleue. L'équivalence est repérée lorsque le mélange passe du bleu au vert.	0,25	
4.2.	On peut affirmer que le BBT convient à coup sûr à ce titrage colorimétrique et ce quelque soit la concentration de la solution à titrer car le pH à l'équivalence est compris dans la zone de virage de cet indicateur coloré.	0,25	

EXERCICE II. UN REVEIL EN DOUCEUR (5,5 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues	barème	commentaires
1. Influence d'une bobine dans un circuit électrique.		
1.1. La première lampe à s'allumer est la lampe L_1 . L'établissement du courant dans la branche du circuit contenant la bobine est progressif car la bobine s'oppose à l'établissement du courant dans la branche du circuit où elle placée. La lampe L_2 s'allume donc avec retard.	0,25	Tout ou rien
1.2. Les deux régimes observables sont le régime transitoire et le régime permanent.	0,25	
1.3. En fin d'expérience lorsque le régime permanent est atteint, la bobine ne s'oppose plus au passage du courant : la bobine est alors équivalente à un conducteur ohmique de résistance $r = R_1$. Les deux branches du circuit sont alors équivalentes. Les deux lampes brillent donc de façon identique.	0,25 0,25	
1.4.1 $\tau = \frac{L}{R}$	0,25	
1.4.2 $u_R = Ri \Rightarrow [R] = \left[\frac{U}{I} \right]$ $u_L = L \frac{di}{dt} \Rightarrow [L] = \left[\frac{u}{\frac{di}{dt}} \right] = T \left[\frac{U}{I} \right]$ $\left[\frac{L}{R} \right] = T$	0,25	
1.4.3 $\tau = \frac{L}{R_{\text{Totale}}} = \frac{L}{R} \approx \frac{1}{10} \approx 0,1s$ $5\tau \approx 0,5s$ soit supérieur au temps de réponse de l'œil (de l'ordre de 0,1 s)	0,25	
2. Vérification de la valeur de l'inductance L de la bobine utilisée.		
2.1 Il s'agit du régime d'oscillations pseudo-périodiques.	0,25	Accepter amorti
2.2 Oscillations amorties car perte d'énergie dans la résistance par effet Joule.	0,25	
2.3 L'évolution temporelle de l'énergie totale emmagasinée dans le circuit est décroissante au cours du temps.	0,25	
2.4 Mesure de six pseudo périodes $6T = 180 \text{ ms}$; $T = 30 \text{ ms}$ $L = \frac{T^2}{4\pi^2 C} = \frac{(0,030)^2}{4 \times \pi^2 \times 22 \times 10^{-6}} \approx 1,0H$	0,25 0,25	
2.5 Valeur obtenue avec deux chiffres significatifs compatibles avec les données du constructeur.	0,25	
3. Étude expérimentale de la luminosité d'une lampe dans un circuit électrique contenant une bobine.		
3.1. L'énergie électrique reçue par la lampe à filament est transférée par transfert thermique et par rayonnement.	0, 25	0,25 même si 1 réponse sur 2

3.2. Les branchements à effectuer sur l'interface d'acquisition informatique pour déterminer la tension u_R et u_{BD} sont indiqués ci-dessous :



0,25
0,25

3.3.1 On détermine la tension aux bornes de lampe en utilisant la relation issue de la loi d'additivité des tensions : $u(t) = u_{BD} - u_{R_0}$

0,25

3.3.2 On détermine l'intensité du courant électrique en utilisant la loi d'Ohm : $i(t) = u_{R_0} / R_0$;

0,25

3.3.3 $p(t) = (u_{BD} - u_{R_0}) \times u_{R_0} / R_0$

Remarque : on peut utiliser la variable i introduite précédemment ; on calcule alors $p(t) = (u_{BD} - u_{R_0}) \times i$

0,25

3.4 L'inconvénient de rajouter une résistance R trop élevée est de diminuer la constante de temps du circuit. Il faut donc la choisir la plus faible possible.

Le deuxième inconvénient est de diminuer la valeur de l'intensité du courant dans la branche, donc de diminuer la luminosité de la lampe en régime permanent.

0,25

3.5 En régime permanent $P = 11$ W. On lit sur le graphe la valeur correspondante à une puissance de $0,9 \times 11 = 10$ W. On trouve une durée de 1,3 s nécessaire pour le réveil.

0,25

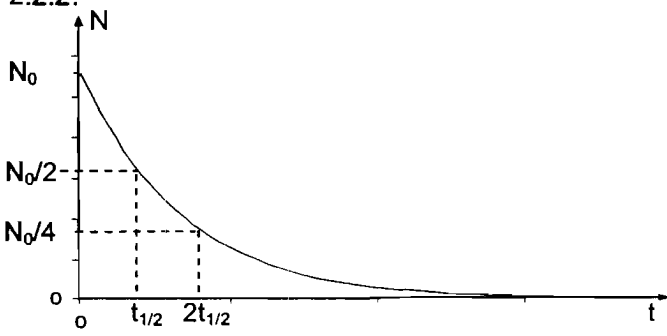
Accepter une valeur comprise entre 1,2 et 1,4.

3.6 Constante de temps trop courte : il faudrait avoir une inductance plus élevée ou diminuer la résistance de la bobine (difficile).

0,25

EXERCICE III. LA TERRE, UNE MACHINE THERMIQUE (4 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Transfert thermique et radioactivité du globe terrestre		
1.1.1. Droite bissectrice sur diagramme	0,25	
1.1.2. ${}^{40}_{19}\text{K}$ n'est pas stable (il est au dessus de la courbe de stabilité : $N > Z$, avec $N = 21$ et $Z = 19$), alors que ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ est un noyau stable (il est sur la courbe de stabilité $N = Z = 20$). ${}^{40}_{19}\text{K}$ est un noyau radioactif : il se désintègre, et on obtient ici le noyau stable ${}^{40}_{20}\text{Ca}$	0,25 0,25	0,25 pour positionner les 2 noyaux (0 si une erreur)
1.1.3. On utilise la loi de conservation du nombre de charge (Z) et la loi de conservation du nombre de nucléons (A) ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{20}\text{Ca} + {}^0_{-1}\text{e}$ Un électron est émis : radioactivité β^-	0,25 } 0,25	On acceptera « lois de Soddy »
1.2.1 ${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{18}\text{Ar} + {}^0_{+1}\text{e}$ radioactivité β^+ (émission d'un positon)	0,25	
1.2.2. $ \Delta E = \Delta m \cdot c^2$ $= (6,636182 \times 10^{-26} - 6,635913 \times 10^{-26} - 9,1 \times 10^{-31}) \times 9,0 \cdot 10^{16} \approx 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$ $= 1,0 \times 10^6 \text{ eV} = 1,0 \text{ MeV}$	0,25 0,25	
2. Evolution temporelle et dynamique interne du globe terrestre.		
2.1. b) et c)	0,25	Tout ou rien
2.2.1. $N = N_0 e^{-\lambda t}$ λ : constante radioactive, unité s^{-1}	0,25 0,25	
2.2.2. 	0,25	On attend au moins deux points remarquables
2.2.3. La décroissance est plus rapide à $t = 0 \text{ s}$ car la valeur absolue du coefficient directeur de la tangente à la courbe $N = f(t)$ y est maximale.	0,25	
2.3. D'après le texte, $t_{1/2} = 4,5$ milliards d'années. N est divisé par 2 tous les $t_{1/2}$. Il restera donc $N(t) = N_0 / 4$ à $t = 2 t_{1/2} = 9$ milliards d'années	0,25 0,25	
2.4. b) le matériel continental intègre des noyaux radioactifs : ils sont alors encore moins nombreux dans le manteau, ce qui explique la diminution accrue de l'énergie produite par radioactivité dans le manteau	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 — COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13.

Le candidat doit traiter les trois exercices dans l'ordre qu'il souhaite, ceux-ci étant indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. LES COULEURS DU BLEU DE BROMOTHYMOLOL (6,5 points)

Les indicateurs colorés sont des entités chimiques étonnantes qui ont la propriété de changer de couleur en fonction du pH de la solution aqueuse qui les contient.

Utilisé au XVIII^{ème} siècle pour des dosages acido-basiques, le premier indicateur coloré fut un extrait de tournesol. Plusieurs autres indicateurs naturels furent utilisés comme le chou rouge, l'artichaut ou la betterave. Le XIX^{ème} siècle voit l'essor considérable de la chimie organique et la mise au point de nouvelles substances qui serviront d'indicateurs colorés.

Dans cet exercice, l'indicateur coloré acido-basique étudié est le bleu de bromothymol que l'on note souvent BBT. Il constitue un couple acide/base dont la forme acide, notée HIn, et la forme basique notée In⁻, ont des teintes différentes en solution aqueuse.

L'objectif de cet exercice est d'étudier un titrage acido-basique en présence de bleu de bromothymol, puis de caractériser cet indicateur coloré.

Dans tout l'exercice, la température des solutions est égale à 25 °C.

1. Titrage acido-basique avec le bleu de bromothymol.

Au laboratoire, un flacon de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) a une concentration molaire inconnue. L'objectif de cette partie est de déterminer par titrage la concentration molaire c_B d'hydroxyde de sodium dans cette solution notée S. On admettra dans cette partie que le bleu de bromothymol convient pour ce titrage.

Protocole :

On prélève avec précision un volume $V_S = 10,0 \text{ mL}$ de la solution S que l'on verse dans un erlenmeyer. On titre cet échantillon par de l'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) dont la concentration molaire est $c_A = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, en présence de quelques gouttes de bleu de bromothymol comme indicateur de fin de titrage. Il faut verser un volume $V_E = 12,3 \text{ mL}$ de la solution titrante pour atteindre l'équivalence.

- 1.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.
- 1.2. Identifier les couples acide/base mis en jeu dans cette réaction.
- 1.3. Définir l'équivalence d'un titrage.
- 1.4. À partir des résultats expérimentaux, déterminer la concentration molaire c_B d'hydroxyde de sodium de la solution S.

2. Questions autour du couple acido-basique du bleu de bromothymol.

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide HIn avec l'eau.
- 2.2. Rappeler la définition de la constante d'acidité K_A du couple $\text{HIn(aq)} / \text{In}^-(\text{aq})$. Donner son expression à partir de l'équation de la réaction précédente.

3. Détermination du $\text{p}K_A$ du bleu de bromothymol.

- 3.1. À l'aide d'un spectrophotomètre, on relève les variations de l'absorbance A des formes acide et basique d'une solution de bleu de bromothymol en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse traversant la solution. On obtient les courbes suivantes (figure 1) :

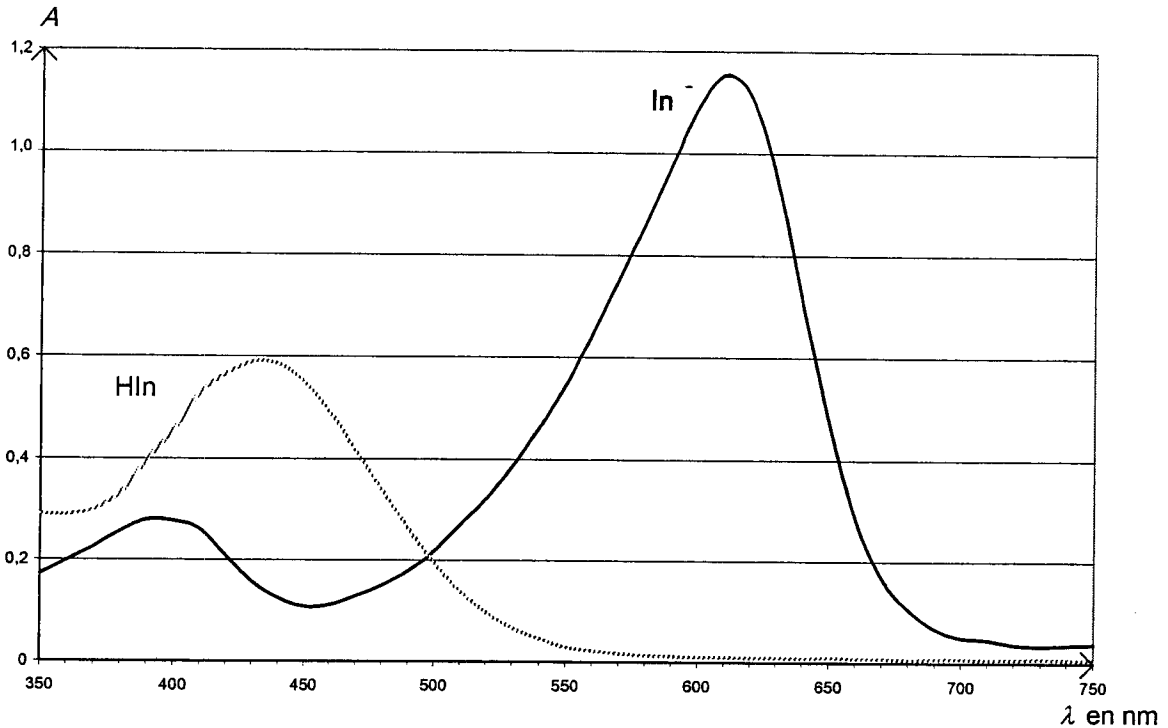


Figure 1

La forme acide HIn du bleu de bromothymol donne en solution aqueuse une coloration jaune.

On rappelle qu'une solution est colorée si elle absorbe une partie des radiations de la lumière blanche.

Sur l'étoile ci-contre (figure 2), la lumière perçue (c'est à dire la couleur de la solution) est la couleur diamétralement opposée à la couleur absorbée.

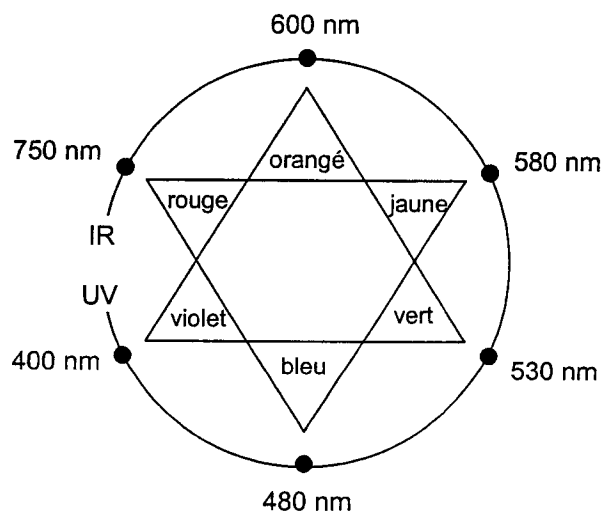


Figure 2

3.1.1. Pour quelle longueur d'onde l'absorbance de la forme basique In^- du bleu de bromothymol est-elle maximale ?

3.1.2. Quelle est la couleur de la lumière absorbée correspondante ?

3.1.3. En déduire la couleur donnée par la forme basique In^- du bleu de bromothymol en solution aqueuse.

3.2. À quelle longueur d'onde λ_0 faut-il régler le spectrophotomètre afin que l'absorbance de la forme acide soit quasiment nulle et celle de la forme basique du bleu de bromothymol soit maximale ?

3.3. On a préparé treize échantillons de solutions de volume $V = 10,0 \text{ mL}$ dont les valeurs du pH sont croissantes (voir tableau ci-après). À chacun des échantillons, on ajoute un volume $V_0 = 1,0 \text{ mL}$ de solution S_0 de bleu de bromothymol de concentration molaire $c_0 = 3,0 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

On appelle c la concentration molaire du bleu de bromothymol apporté dans ces solutions.

On rappelle : $c = [\text{HIn}]_{\text{éq}} + [\text{In}^-]_{\text{éq}}$

Après réglage du zéro du spectrophotomètre, on peut admettre que l'absorbance de telles solutions s'exprime par : $A = A_{\text{HIn}} + A_{\text{In}^-}$

où A_{HIn} et A_{In^-} sont les absorbances respectives des espèces HIn et In^- .

On mesure alors le pH de chacune de ces solutions et après avoir réglé un spectrophotomètre à la longueur d'onde λ_0 précédemment déterminée, on mesure l'absorbance A de chacune de ces solutions en utilisant des cuves identiques. Les résultats sont regroupés dans les tableaux ci-dessous.

Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
pH	4,0	4,8	5,2	5,8	6,1	6,7	7,0
Absorbance A	0	0	0	0,004	0,008	0,260	0,420
Couleur de la solution	jaune	jaune	jaune	jaune	jaune	verte	verte

Solution	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃
pH	7,3	7,6	8,2	8,7	8,8	9,5
Absorbance A	0,630	0,794	1,050	1,090	1,094	A_{max} = 1,094
Couleur de la solution	verte	verte	bleue	bleue	bleue	bleue

3.3.1. Calculer la quantité de matière n_{BBT} en bleu de bromothymol apporté dans chaque solution.

3.3.2. Montrer que la concentration molaire c en bleu de bromothymol apporté dans chaque solution vaut $c = 2,7 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$.

3.3.3. En utilisant la question 3.2, montrer qu'à la longueur d'onde d'étude λ_0 l'absorbance des solutions peut s'écrire : $A = A_{\text{In}^-}$.

On peut montrer que l'absorbance des solutions est alors donnée par :

$A = A_{\text{In}^-} = k [\text{In}^-]_{\text{éq}}$ où k est une constante de proportionnalité.

3.3.4. Dans la solution S₁₃, l'absorbance est maximale et a pour valeur A_{max} . On peut alors supposer que la concentration effective en HIn dans cette solution est négligeable devant celle en In^- .

Quelle est alors la relation entre A_{max} et c ?

3.3.5. À partir des questions 3.3.3 et 3.3.4, montrer que dans les solutions étudiées, la concentration effective en In^- peut se calculer par :

$$[\text{In}^-]_{\text{éq}} = \frac{A}{A_{\text{max}}} \cdot c$$

3.4. À partir des mesures précédentes, il est possible de calculer les concentrations effectives des formes acide ($[\text{HIn}]_{\text{éq}} = c - [\text{In}^-]_{\text{éq}}$) et basique du bleu de bromothymol dans chacun des treize échantillons et ainsi de construire le diagramme de distribution des espèces du couple HIn/In^- (figure 3).

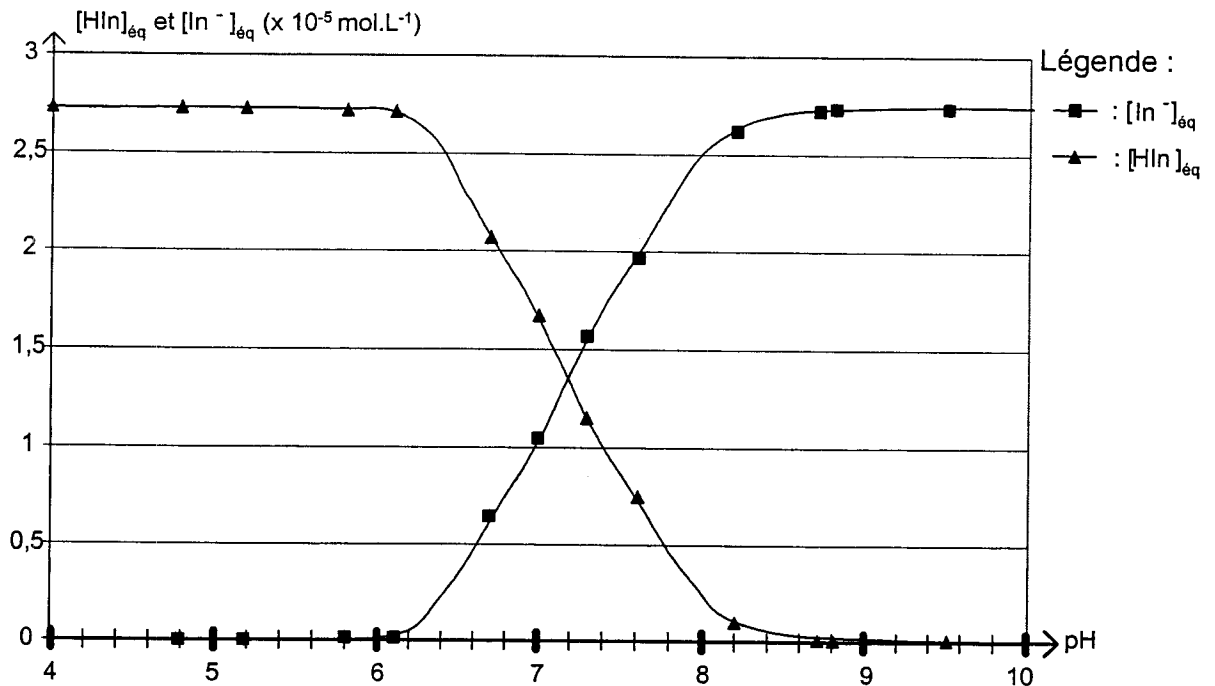


Figure 3

3.4.1. Pour quelle valeur de pH la concentration effective en HIn est-elle égale à celle en In^- ? À partir de la question 2.2 appliquée à ce cas particulier, trouver la relation entre le pH et le pK_A . En déduire le pK_A du bleu de bromothymol à 25°C.

3.4.2. On considère qu'une solution de bleu de bromothymol, éclairée en lumière blanche, prend « sa teinte acide » lorsque $pH < pK_A - 1$ et qu'elle prend « sa teinte basique » lorsque $pH > pK_A + 1$.

Donner le diagramme de prédominance des espèces acide et basique du bleu de bromothymol. Ajouter sur le diagramme les couleurs respectives de la solution de bleu de bromothymol.

3.4.3. Quelle est la couleur de la solution de bleu de bromothymol dans la zone de virage ?

4. Utilisation du bleu de bromothymol pour le titrage de la partie 1.

4.1. Quelle est la couleur de la solution contenue dans l'erlenmeyer avant l'équivalence ? Comment repère-t-on l'équivalence ?

4.2. Lors de ce titrage le pH du mélange réactionnel à l'équivalence est égal à 7. Pourquoi peut-on affirmer que le bleu de bromothymol convient pour ce titrage ?

EXERCICE II. UN RÉVEIL EN DOUCEUR (5,5 points)

On commercialise aujourd'hui des réveils « éveil lumière / éveil douceur ». Le concept utilisé est le suivant : lorsque l'heure du réveil programmé est atteinte, la lampe diffuse une lumière dont l'intensité lumineuse augmente progressivement jusqu'à une valeur maximale. On évite de cette façon un réveil trop brutal. La durée nécessaire pour atteindre la luminosité maximale est modifiable.

Lors d'un atelier scientifique, deux élèves décident de construire un circuit électrique permettant de faire varier doucement la luminosité d'une lampe, en utilisant les propriétés électriques d'une bobine.

Dans une première partie, ces propriétés sont mises en évidence de façon qualitative. Dans une seconde partie, les élèves déterminent l'inductance de la bobine utilisée. Le fonctionnement est ensuite étudié expérimentalement à l'aide d'une acquisition informatique.

Certaines données ne sont pas utiles à la résolution de l'exercice.

1. Influence d'une bobine dans un circuit électrique.

Les élèves réalisent le circuit représenté sur la figure 4. Ce circuit est constitué d'une source de tension idéale de force électromotrice (fem) E_1 , d'une bobine d'inductance L et de résistance r , d'un conducteur ohmique de résistance R_1 de même valeur que r et de deux lampes identiques (L_1) et (L_2).

Données :

Valeur de la fem : $E_1 = 24 \text{ V}$.

Valeurs données par le constructeur : $L = 1 \text{ H}$; $r = R_1 = 7 \Omega$.

Dans cette partie seulement, pour simplifier l'analyse qualitative, on suppose que chaque lampe a le même comportement électrique qu'un conducteur ohmique de résistance R_{Lampe} .

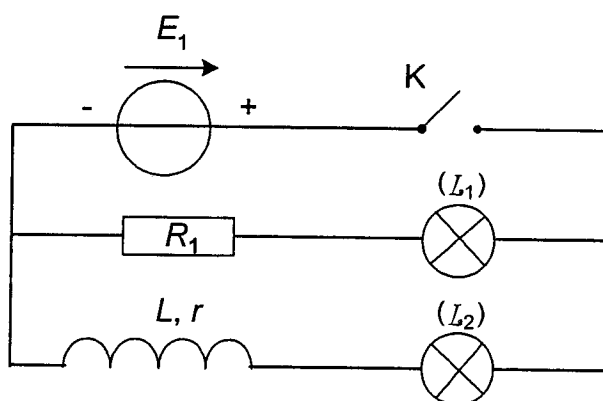


Figure 4

1.1. Immédiatement après la fermeture de l'interrupteur K , les deux lampes ne s'allument pas simultanément : une lampe brille quasi-instantanément, l'autre brille avec retard.

Quelle lampe s'allume la première ? Pourquoi l'autre lampe s'allume-t-elle avec retard ?

1.2. Dans la branche du circuit contenant la bobine, on peut observer successivement deux régimes différents pour le courant électrique.

Nommer ces deux régimes.

1.3. Que peut-on dire de la luminosité des deux lampes en fin d'expérience ? Justifier.

1.4. On appelle τ la constante de temps caractérisant l'évolution temporelle de l'intensité du courant électrique lors de l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'une bobine

d'inductance L . Dans le cas étudié $R = R_1 + R_{Lampe}$. La durée nécessaire pour atteindre la luminosité maximale est de l'ordre de 5τ .

1.4.1. Exprimer la constante de temps τ en fonction de l'inductance L et de la résistance R .

1.4.2. Vérifier par analyse dimensionnelle, que l'expression obtenue est bien homogène à un temps.

1.4.3. Justifier par un calcul d'ordre de grandeur le fait que ce phénomène est détectable par un observateur. On prendra $R \approx 10 \Omega$.

On précise que l'œil est capable de distinguer deux images consécutives séparées d'au moins 0,1 s.

2. Vérification de la valeur de l'inductance L de la bobine utilisée.

Dans cette partie, les élèves cherchent à déterminer précisément la valeur de l'inductance L de la bobine qui est utilisée. Ils réalisent le montage, représenté sur la figure 5, permettant d'enregistrer la décharge d'un condensateur de capacité $C = 22 \mu\text{F}$ à travers la bobine. Le condensateur est initialement chargé sous une tension $E_2 = 6,0 \text{ V}$ (commutateur en position 1).

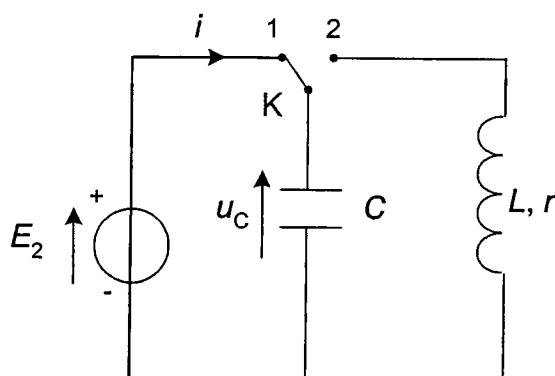


Figure 5

Après avoir basculé le commutateur en position 2, on enregistre l'évolution de la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ; la courbe obtenue est représentée sur la figure 6.

2.1. Comment nomme-t-on le régime correspondant à cette évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur ?

2.2. Quelle est la cause, en termes d'énergie, de l'amortissement des oscillations observé sur l'enregistrement donné en figure 6 ?

2.3. Qualifier l'évolution temporelle de l'énergie totale emmagasinée dans le circuit en choisissant un ou plusieurs adjectifs parmi : périodique ; croissante ; décroissante ; sinusoïdale.

2.4. On rappelle que la période propre T_0 d'un circuit LC est égale à $T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$ et que dans le cas où l'amortissement est faible, la pseudo-période T des oscillations est proche de la période propre T_0 . Déterminer la valeur de la pseudo-période T des oscillations puis l'inductance L de la bobine.

2.5. La valeur de l'inductance L calculée est-elle compatible avec les données du constructeur ?

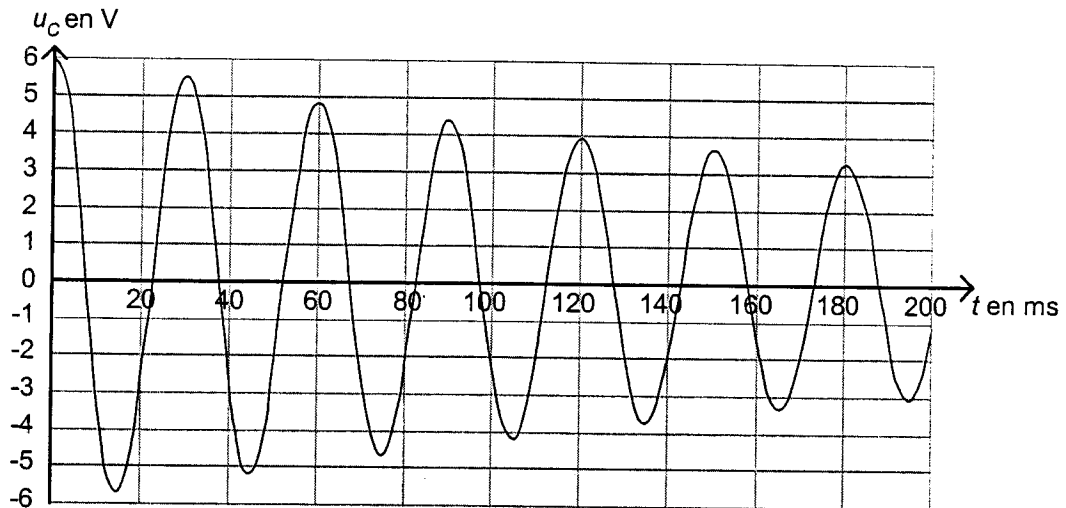


Figure 6

3. Étude expérimentale de la luminosité d'une lampe dans un circuit électrique contenant une bobine.

La luminosité de la lampe est liée à la puissance électrique qu'elle reçoit. On rappelle l'expression, en convention récepteur, de la puissance électrique instantanée $p(t)$ reçue par un dipôle soumis à la tension $u(t)$ et traversé par un courant d'intensité $i(t)$: $p(t) = u(t) \cdot i(t)$

Pour étudier l'évolution temporelle de la puissance électrique reçue par la lampe, les élèves réalisent maintenant le circuit représenté sur la figure 7 et procèdent à une acquisition informatique des données à l'aide d'une interface possédant deux bornes d'entrée notées (Y_1) et (Y_2) et une masse notée (M) . Ils utilisent la lampe (L_1) , la bobine d'inductance L , un conducteur ohmique dont la résistance a pour valeur $R_0 = 1 \Omega$ et une source de tension continue de fem E .

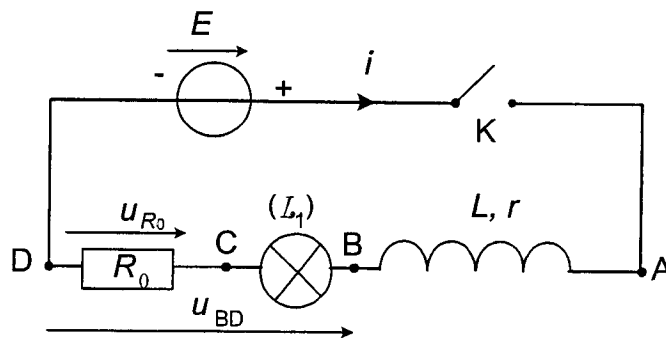


Figure 7

3.1. De quelle (s) manière(s) l'énergie électrique reçue par la lampe est-elle transférée à l'environnement ?

3.2. À quels points du circuit (A, B, C ou D) peut-on brancher (Y_1) , (Y_2) et (M) pour enregistrer les tensions u_{R_0} et u_{BD} sur l'interface d'acquisition ?

3.3. Les élèves souhaitent suivre l'évolution temporelle de la puissance électrique reçue par la lampe (L_1) . À partir des grandeurs mesurées u_{R_0} , u_{BD} et de la résistance R_0 , exprimer :

- 3.3.1. la tension $u(t) = u_{BC}$ aux bornes de la lampe ;
- 3.3.2. l'intensité $i(t)$ du courant électrique ;
- 3.3.3. la puissance électrique $p(t)$ reçue par la lampe.

3.4. Pourquoi les élèves ont-ils choisi un conducteur ohmique dont la valeur de résistance est très faible ?

3.5. La figure 8 représente l'évolution temporelle de la puissance électrique $p(t)$ reçue par la lampe (L_1). On estime que pour réveiller un individu, la lumière est suffisante lorsque cette puissance atteint 90 % de sa valeur maximale.

À partir de cette courbe, déterminer la durée nécessaire pour permettre le réveil.

3.6. Cette durée est-elle compatible avec l'utilisation d'un tel montage pour une « lampe à diffusion douce » ? Quels paramètres faudrait-il pouvoir modifier pour contrôler la durée du phénomène ?

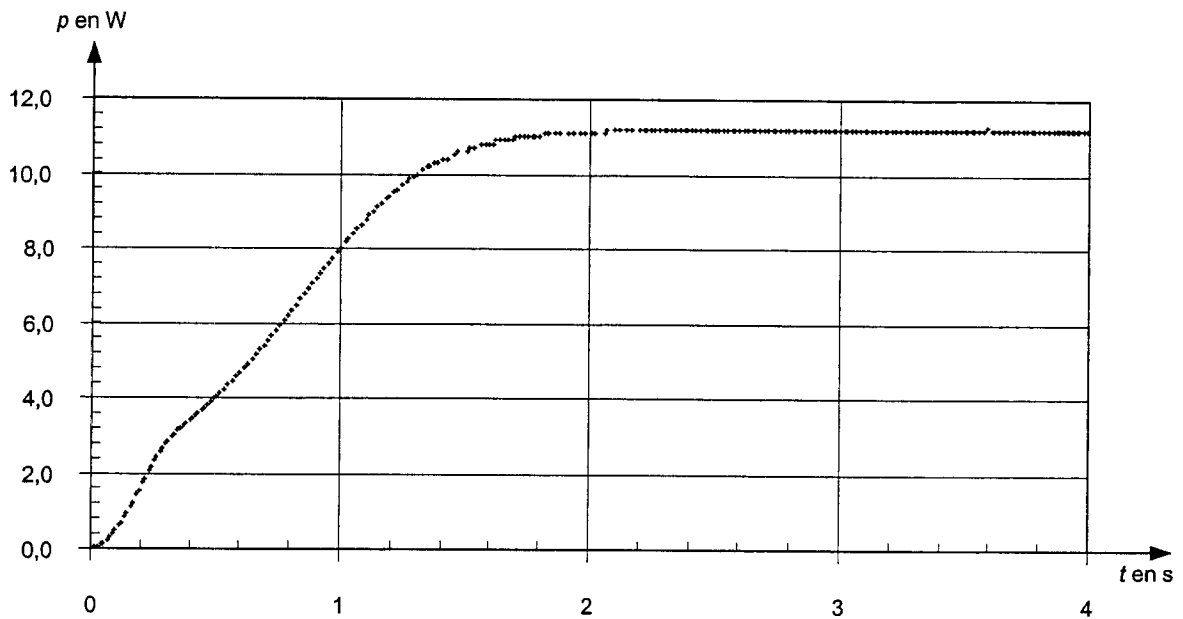
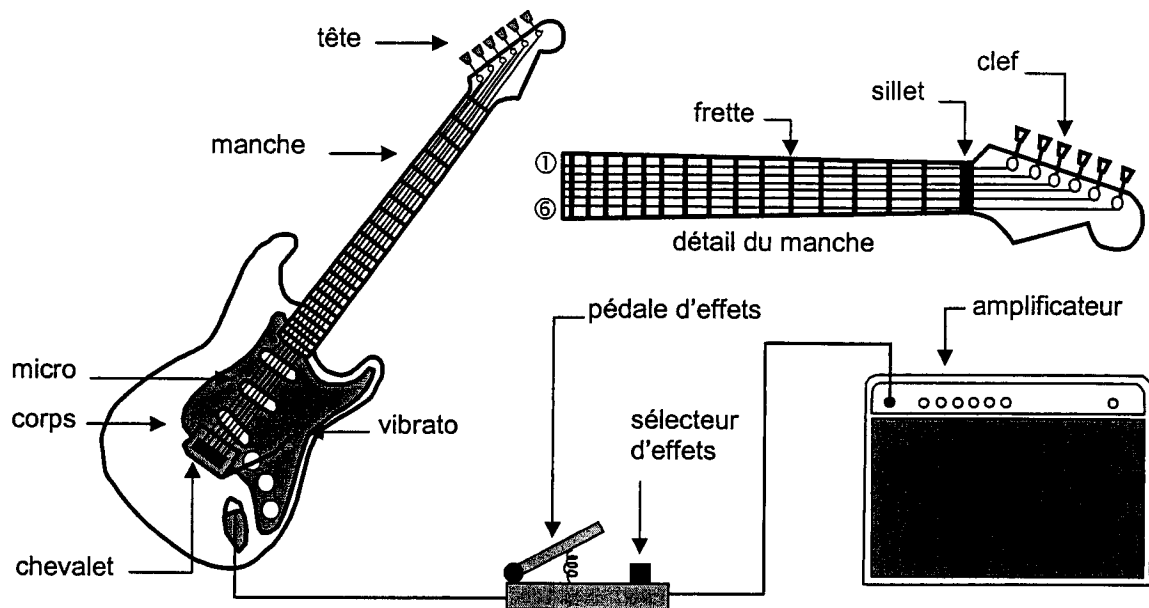


Figure 8

EXERCICE III . VOUS AVEZ DIT « WHA-WHA » ? (4 points)

La guitare électrique est pourvue d'un corps le plus souvent plein, autorisant les luthiers à lui conférer des formes originales. Elle produit des sons grâce à des micros captant et transformant les vibrations des cordes en signal électrique. Ce signal peut ensuite être modifié électroniquement par divers accessoires comme des pédales d'effets, puis amplifié (voir figure ci-dessous).



La guitare électrique est composée de six cordes métalliques de longueur utile entre le sillet et le chevalet 63,0 cm. L'accord traditionnel à vide est, de la note la plus grave à la plus aiguë : mi_1 , la_1 , $ré_2$, sol_2 , si_2 , mi_3 , le chiffre en indice indiquant le numéro de l'octave. Une corde est dite « à vide » lorsqu'elle vibre sur toute sa longueur. Les fréquences des notes produites à vide par les cordes pincées de la guitare sont données dans le tableau suivant :

n° de corde	1	2	3	4	5	6
note	mi_1	la_1	$ré_2$	sol_2	si_2	mi_3
fréquence (Hz)	82,4	110,0	146,8	196,0	246,9	329,6

Une guitare basse électrique fonctionne sur le même principe avec des notes plus graves. La diversité des effets possibles avec une guitare électrique en fait un instrument polyvalent et riche musicalement. Parmi la multitude d'effets accessibles grâce à une pédale d'effets on peut citer l'effet « wha-wha » popularisé par le célèbre guitariste Jimi Hendrix.

Aucune connaissance musicale préalable n'est nécessaire pour traiter cet exercice.

1. Analyse temporelle d'une note de musique.

Un système d'acquisition informatisé permet l'enregistrement et la visualisation des tensions électriques associées aux différentes notes que peut produire une guitare électrique. Les figures 9 et 10 se trouvant à la page 12 présentent les signaux enregistrés pour la même note de musique jouée par une guitare électrique (figure 9) et par une guitare basse (figure 10).

- 1.1 Quelle est la qualité physiologique commune des deux sons enregistrés ? Nommer la grandeur physique associée à cette qualité physiologique.
- 1.2 Mesurer cette grandeur physique en précisant la méthode utilisée. En tenant compte de l'imprécision de la mesure, en déduire la note de musique jouée par les deux instruments.
- 1.3 Quelle qualité physiologique permet de distinguer ces deux sons ?

2. Modes propres de vibration de la corde 6.

L'analyse spectrale est un précieux outil pour les ingénieurs du son. Elle permet après une acquisition informatisée et un traitement numérique de révéler la « signature acoustique » d'un son en faisant apparaître les composantes de basses fréquences (80 Hz - 900 Hz) et de fréquences élevées (900 Hz - 16 kHz) qui le caractérisent.

La figure 11 de la page 13 correspond au spectre en fréquence du son produit par la corde n° 6 d'une guitare électrique jouée à vide.

- 2.1. Déterminer la valeur approchée de la fréquence notée f_1 du fondamental de ce son à partir de la figure 11. Vérifier que cette valeur est cohérente avec la donnée du texte.
- 2.2. Déterminer les valeurs approchées des fréquences, notées f_2 et f_3 , des harmoniques immédiatement supérieurs au fondamental.
- 2.3. Le sillet et le chevalet de la guitare sont séparés par une distance $L = 63,0$ cm. La condition entre λ et L traduisant la condition d'existence d'une onde stationnaire entre ces deux points fixes est :

$$2L = k\lambda \quad \text{où } k \text{ est un entier positif}$$

En déduire l'expression de la longueur d'onde λ du mode fondamental. Calculer cette longueur d'onde.

- 2.4. Écrire la relation entre la longueur d'onde λ , la célérité v et la fréquence f d'une onde sinusoïdale.
 - 2.5. En déduire la célérité des ondes dans cette corde.
 - 2.6. En jouant, le guitariste bloque la corde sur l'une des barrettes placées sur le manche, appelées frettes, afin d'obtenir la note désirée. Quel est l'effet produit sur le son ? Justifier.
- On admet que la célérité des ondes le long de la corde est constante.

3. L'effet « wha-wha ».

Les figures 12 et 13 de la page 13 représentent les spectres en fréquence du son de la figure 11 sur lequel on a appliqué l'effet pour deux positions extrêmes de la pédale d'effets.

En comparant ces trois spectres, préciser quels sont les effets de la pédale wha-wha sur les propriétés physiologiques du son produit dans les mêmes conditions d'attaque de la corde.

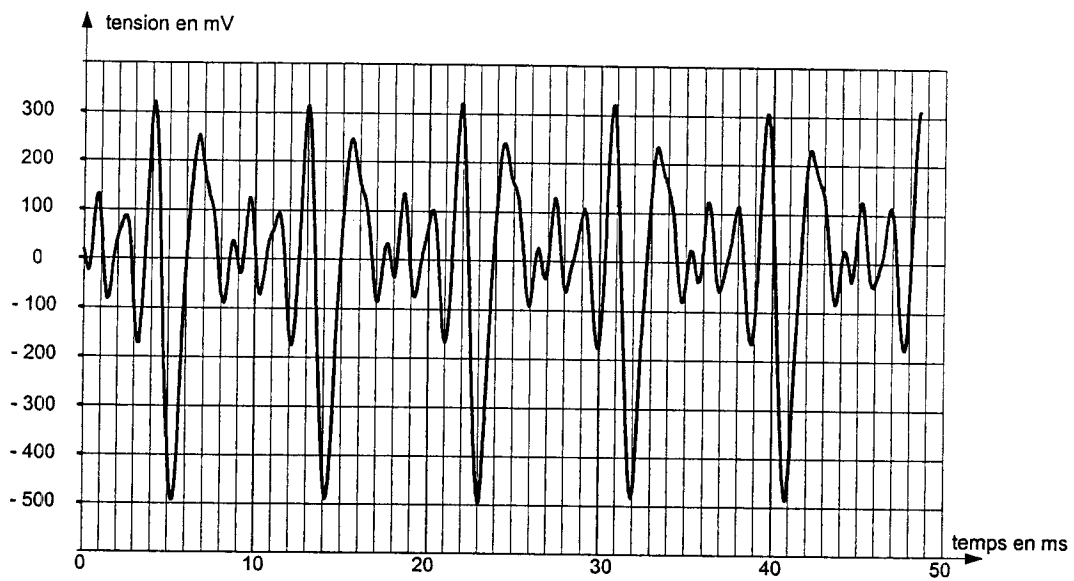


Figure 9 : oscillogramme du son émis par la guitare électrique

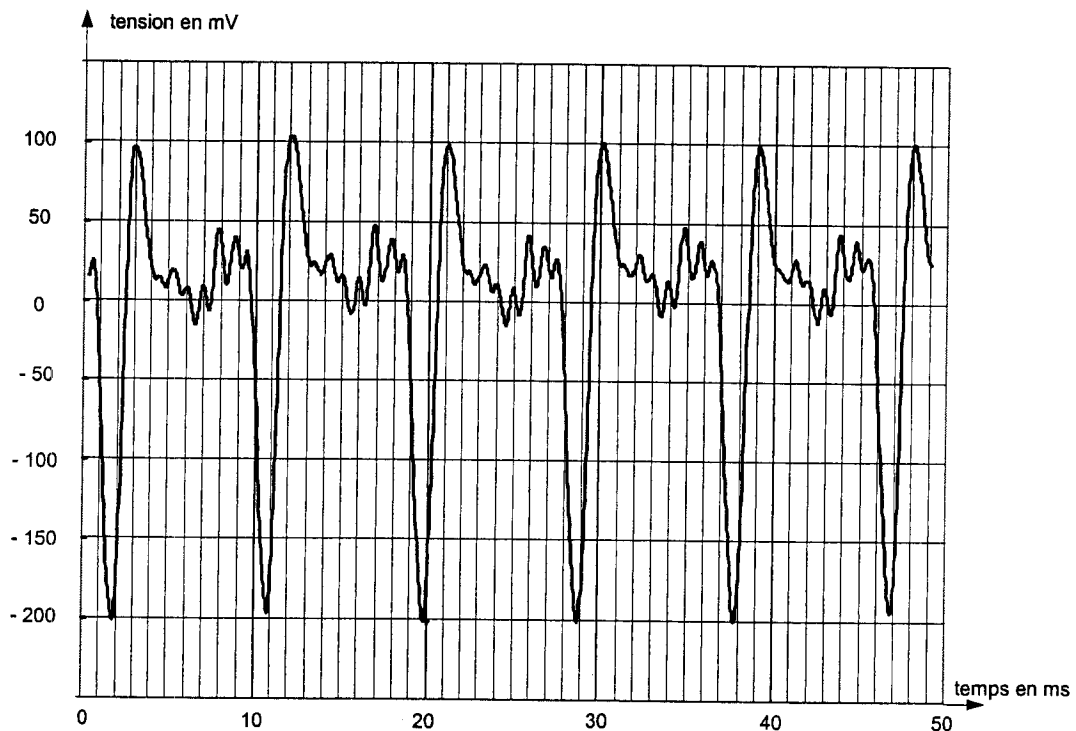


Figure 10 : oscillogramme du son émis par la guitare basse

Spectres en fréquence du son à vide de la corde 6

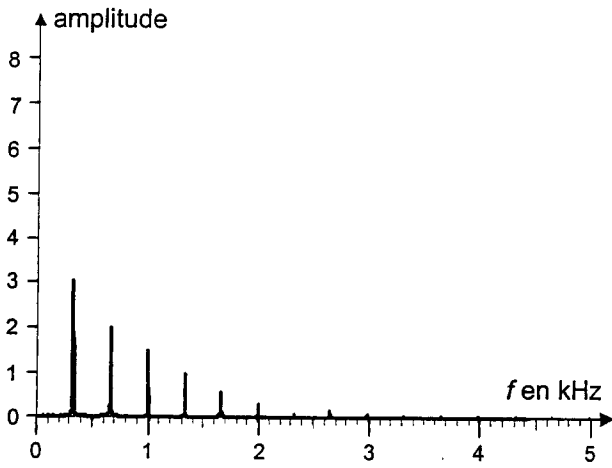


Figure 11 : sans effet « wha-wha »

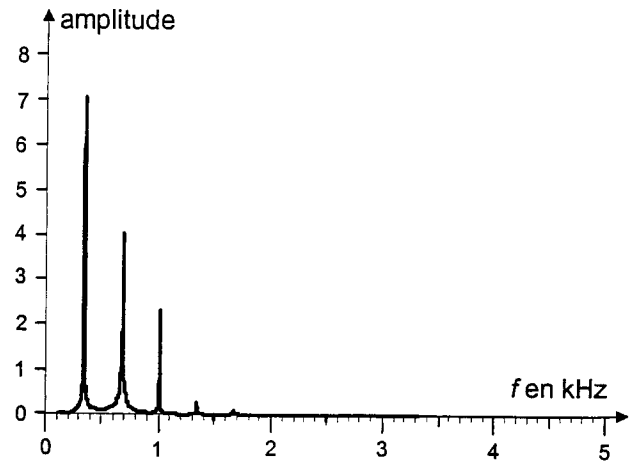


Figure 12 : avec l'effet « wha-wha » activé (pédale en position 1)

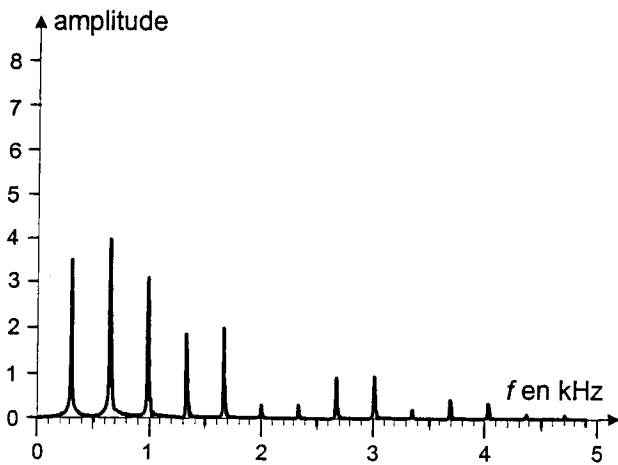


Figure 13 : avec l'effet « wha-wha » activé (pédale en position 2)

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (SPECIALITE)

- I. LES COULEURS DU BLEU DE BROMOTHYMOL (6,5 points)
- II. UN REVEIL EN DOUCEUR(5,5 points)
- III. VOUS AVEZ DIT « WHA-WHA » ? (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, **il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires** (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002

- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

Sur la copie, le correcteur porte la note sur 16 arrondie au demi point.

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

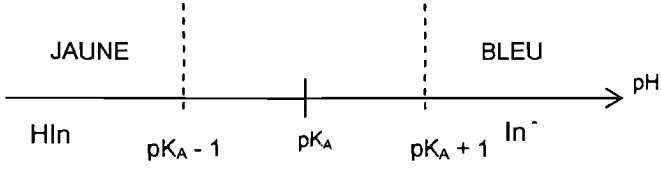
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. LES COULEURS DU BROMOTHYMOLE (6,5 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

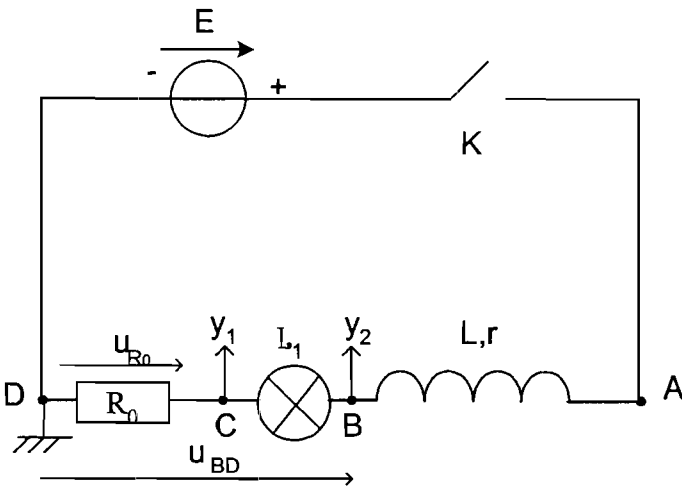
	Réponses	Barème	Commentaires
1.	Titrage acido-basique avec le bleu de bromothymol.		
1.1.	$H_3O^+ + HO^-(aq) = 2H_2O(l)$	0,25	
1.2.	H_3O^+ / H_2O et H_2O / HO^-	0,25	
1.3.	L'équivalence d'un titrage correspond au changement de réactif limitant.	0,25	
1.4.	À l'équivalence : $n_{HO^-}^i = n_{H_3O^+}^{versé\ à\ E}$ d'où $c_B \cdot V_S = c_A \cdot V_E$ on en déduit : $c_B = \frac{c_A \cdot V_E}{V_S} = \frac{1,00 \times 10^{-1} \times 12,3 \times 10^{-3}}{10,0 \times 10^{-3}} = 1,23 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25 0,25	
2.	Questions autour du couple acido-basique du bleu de bromothymol.		
2.1.	$HIn(aq) + H_2O = In^-(aq) + H_3O^+$	0,25	
2.2.	La constante d'acidité du couple HIn/In^- correspond à la constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction entre l'acide HIn et l'eau. Par définition : $K_A = \frac{[In^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[HIn]_{\text{éq}}}$	0,25 0,25	
3.	Détermination du pK_A du bleu de bromothymol.		
3.1.1.	L'absorbance de la forme basique du BBT est maximale pour 610 nm.	0,25	Accepter de 600 à 620 nm
3.1.2.	Cela correspond à une radiation lumineuse de couleur orange.	0,25	Accepter rouge-orangé
3.1.3.	La forme basique du BBT absorbant principalement les radiations de couleur orange, In^- paraîtra bleu en solution (bleu couleur diamétralement opposée à l'orange).	0,25	Accepter bleu-vert
3.2.	$\lambda_0 = 610 \text{ nm}$	0,25	Valeur cohérente avec 3.1.1.
3.3.1.	$n_{\text{BBT}} = c_0 \cdot V_0 = 3,0 \cdot 10^{-4} \times 1,0 \cdot 10^{-3} = 3,0 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$	0,25	
3.3.2.	$c = \frac{n_{\text{BBT}}}{V + V_0} = \frac{c_0 \cdot V_0}{V + V_0} = \frac{3,0 \cdot 10^{-7}}{1,10 \cdot 10^{-2}} = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$	0,5	
3.3.3.	À la longueur d'onde $\lambda_0 = 610 \text{ nm}$, l'absorbance due à HIn est nulle : on peut donc écrire : $A = A_{In^-}$.	0,25	
3.3.4.	Pour la solution S_{13} , $[HIn]_{\text{éq}}$ négligeable d'où $c = [In^-]_{\text{éq}}$. On en déduit $A_{\text{max}} = k \cdot c$	0,25	
3.3.5.	$[In^-]_{\text{éq}} = \frac{A}{k}$ or $k = \frac{A_{\text{max}}}{c}$ d'où $[In^-]_{\text{éq}} = \frac{A}{\frac{A_{\text{max}}}{c}} = \frac{A}{A_{\text{max}}} \cdot c$	0,25 0,25	
3.4.1.	$[HIn]_{\text{éq}} = [In^-]_{\text{éq}}$ pour $\text{pH} = 7,2$ $K_A = \frac{[In^-]_{\text{éq}} \cdot [H_3O^+]_{\text{éq}}}{[HIn]_{\text{éq}}}$; si $[HIn]_{\text{éq}} = [In^-]_{\text{éq}}$ alors $K_A = [H_3O^+]_{\text{éq}}$ soit $-\log K_A = -\log [H_3O^+]_{\text{éq}}$ donc $\text{pH} = \text{p}K_A$ Graphiquement, à l'intersection des deux courbes, on lit : $\text{p}K_A = 7,2$.	0,25 0,25 0,25	

3.4.2		0,25	vert pas exigé
3.4.3	La zone de virage est de couleur verte.	0,25	
4.	Utilisation du bleu de bromothymol pour le titrage de la partie 1		
4.1.	Avant l'équivalence la solution contenue dans l'erlenmeyer est bleue. L'équivalence est repérée lorsque le mélange passe du bleu au vert.	0,25	
4.2.	On peut affirmer que le BBT convient à coup sûr à ce titrage colorimétrique et ce quelque soit la concentration de la solution à titrer car le pH à l'équivalence est compris dans la zone de virage de cet indicateur coloré.	0,25	

EXERCICE II. UN REVEIL EN DOUCEUR (5,5 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues	barème	commentaires
1. Influence d'une bobine dans un circuit électrique.		
1.1. La première lampe à s'allumer est la lampe L_1 . L'établissement du courant dans la branche du circuit contenant la bobine est progressif car la bobine s'oppose à l'établissement du courant dans la branche du circuit où elle placée. La lampe L_2 s'allume donc avec retard.	0,25	Tout ou rien
1.2. Les deux régimes observables sont le régime transitoire et le régime permanent.	0,25	
1.3. En fin d'expérience lorsque le régime permanent est atteint, la bobine ne s'oppose plus au passage du courant : la bobine est alors équivalente à un conducteur ohmique de résistance $r = R_1$. Les deux branches du circuit sont alors équivalentes. Les deux lampes brillent donc de façon identique.	0,25 0,25	
1.4.1 $\tau = \frac{L}{R}$	0,25	
1.4.2 $u_R = Ri \Rightarrow [R] = \left[\frac{U}{I} \right]$ $u_L = L \frac{di}{dt} \Rightarrow [L] = \left[\frac{u}{\frac{di}{dt}} \right] = T \left[\frac{U}{I} \right]$ $\left[\frac{L}{R} \right] = T$	0,25	
1.4.3 $\tau = \frac{L}{R_{\text{Totale}}} = \frac{L}{R} \approx \frac{1}{10} \approx 0,1s$ $5\tau \approx 0,5s$ soit supérieur au temps de réponse de l'œil (de l'ordre de 0,1 s)	0,25	
2. Vérification de la valeur de l'inductance L de la bobine utilisée.		
2.1 Il s'agit du régime d'oscillations pseudo-périodiques.	0,25	Accepter amorti
2.2 Oscillations amorties car perte d'énergie dans la résistance par effet Joule.	0,25	
2.3 L'évolution temporelle de l'énergie totale emmagasinée dans le circuit est décroissante au cours du temps.	0,25	
2.4 Mesure de six pseudo périodes $6T = 180 \text{ ms}$; $T = 30 \text{ ms}$	0,25	
$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C} = \frac{(0,030)^2}{4 \times \pi^2 \times 22 \times 10^{-6}} \approx 1,0H$	0,25	
2.5 Valeur obtenue avec deux chiffres significatifs compatibles avec les données du constructeur.	0,25	
3. Étude expérimentale de la luminosité d'une lampe dans un circuit électrique contenant une bobine.		
3.1. L'énergie électrique reçue par la lampe à filament est transférée par transfert thermique et par rayonnement.	0,25	0,25 même si 1 réponse sur 2

<p>3.2. Les branchements à effectuer sur l'interface d'acquisition informatique pour déterminer la tension u_R et u_{BD} sont indiqués ci-dessous :</p> 	<p>0,25 0,25</p>	
<p>3.3.1 On détermine la tension aux bornes de lampe en utilisant la relation issue de la loi d'additivité des tensions : $u(t) = u_{BD} - u_{R_0}$</p>	<p>0,25</p>	
<p>3.3.2 On détermine l'intensité du courant électrique en utilisant la loi d'Ohm : $i(t) = u_{R_0} / R_0$;</p>	<p>0,25</p>	
<p>3.3.3 $p(t) = (u_{BD} - u_{R_0}) \times u_{R_0} / R_0$</p> <p>Remarque : on peut utiliser la variable i introduite précédemment ; on calcule alors $p(t) = (u_{BD} - u_{R_0}) \times i$</p>	<p>0,25</p>	
<p>3.4 L'inconvénient de rajouter une résistance R trop élevée est de diminuer la constante de temps du circuit. Il faut donc la choisir la plus faible possible.</p> <p>Le deuxième inconvénient est de diminuer la valeur de l'intensité du courant dans la branche, donc de diminuer la luminosité de la lampe en régime permanent.</p>	<p>0,25</p>	
<p>3.5 En régime permanent $P = 11 \text{ W}$. On lit sur le graphe la valeur correspondante à une puissance de $0,9 \times 11 \approx 10 \text{ W}$. On trouve une durée de 1,3 s nécessaire pour le réveil.</p>	<p>0,25</p>	<p>Accepter une valeur comprise entre 1,2 et 1,4.</p>
<p>3.6 Constante de temps trop courte : il faudrait avoir une inductance plus élevée ou diminuer la résistance de la bobine (difficile).</p>	<p>0,25</p>	

EXERCICE III VOUS AVEZ DIT « WHA-WHA » ? (4 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1.	Analyse temporelle d'une note de musique		
1.1.	Les sons 1 et 2 correspondent à la même note de musique jouée par deux instruments différents : ils ont donc la même hauteur c'est à dire la même fréquence.	0,25	
1.2.	Graphiquement : $5.T_0 = 4,5.10^{-2}$ s D'où $T_0 = \frac{4,5.10^{-2}}{5} = \underline{9,0.10^{-3}}$ s La fréquence du fondamental est : $f_0 = \frac{1}{T_0}$ A.N. : $f_0 = \frac{1}{9,0.10^{-3}} = 1,1.10^2$ Hz \approx <u>110 Hz</u> la note est le la,	0,25 0,25	
1.3.	Ces deux sons peuvent être distingués car ils ont un timbre différent.	0,25	
2.	Modes propres de vibration de la corde 6		
2.1.	La fréquence du fondamental de la corde 6 est $f_1 \approx$ <u>330 Hz</u> . La fréquence de la note produite à vide par la corde 6 a une fréquence de 329,6 Hz. Accord entre les deux valeurs.	0,25 0,25	Accepter 300 Hz (détermination graphique)
2.2.	$f_2 = 2 \times f_1 \approx$ <u>660 Hz</u> ; $f_3 = 3 \times f_1 \approx$ <u>990 Hz</u>	0,5	Accepter lecture graphique
2.3.	La condition d'existence d'une onde stationnaire entre deux points fixes séparés par une distance L est : $2 \cdot L = k \cdot \lambda$ La longueur d'onde est donnée par : $\lambda = \frac{2.L}{k}$ La fréquence du fondamental est telle que $k = 1$. La longueur d'onde du fondamental est donc : $\lambda = \underline{2.L}$ A.N. : $\lambda = 2 \times 63 = 126$ cm = <u>1,26 m</u>	 0,25 0,25	
2.4.	$v = \frac{\lambda}{T}$ et $f = \frac{1}{T}$ d'où $\boxed{v = \lambda.f}$	0,25	
2.5.	La fréquence à prendre en compte pour calculer la célérité des ondes sonores dans la corde est celle du fondamental f_1 . A.N. : $v = 1,26 \times 330 = 2 \times 0,630 \times 3,30.10^2 = 416$ m.s ⁻¹	0,25	Accepter résultat et cs cohérents avec résultats précédents.
2.6.	L'appui sur une frette diminue la longueur utile L de la corde ce qui provoque une augmentation de la fréquence. La note jouée est donc plus aigue que celle de la corde jouée à vide.	0,25 0,25	<i>0 si pas de justification</i>
3.	L'effet « Wha-Wha » D'après les figures 11-12 d'une part et 11-13 d'autre part, on observe que l'appui sur une pédale « Wha-Wha » ne modifie pas la fréquence du fondamental de la note jouée ($f_1 = 330$ Hz) : la hauteur du son n'est donc pas modifiée. L'appui sur la pédale « Wha-Wha » modifie en revanche le nombre et l'amplitude des harmoniques par rapport à la note initialement jouée, c'est à dire son timbre	 0,25 0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE-CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci et l'annexe.

La page d'annexe (page 11) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE même si elle n'a pas été complétée.

Le candidat doit traiter les trois exercices dans l'ordre qu'il souhaite, ceux-ci étant indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. PILES ET APPAREILS NOMADES (6,5 points)

L'utilisation d'appareils nomades (baladeurs, téléphones, ordinateurs portable...) a fait considérablement augmenter les besoins en sources d'énergie mobiles, notamment en piles électriques.

L'exercice étudie le principe d'une pile à hydrogène, puis un prototype de pile miniature et enfin le principe de l'horloge d'un appareil nomade alimenté par une pile.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.

1. Principe d'une pile à hydrogène

La pile à hydrogène présente des avantages importants en termes d'environnement (rejets non polluants au cours de son utilisation et absence de nuisance sonore). Elle est constituée de deux électrodes à la surface desquelles ont lieu les réactions chimiques d'oxydoréduction et d'un électrolyte dans lequel se déplacent les ions (voir figure 1).

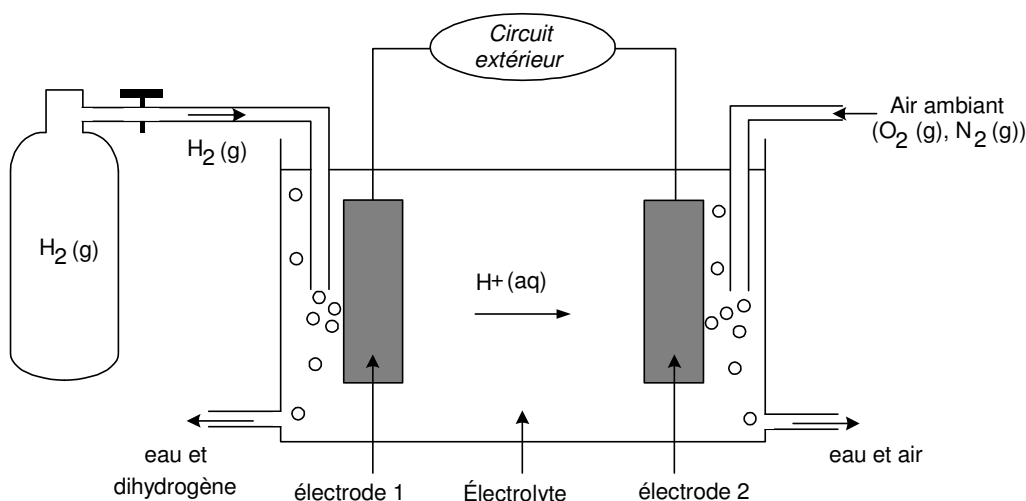


Figure 1

Au niveau de l'électrode 1, les molécules de dihydrogène H_2 , provenant d'un réservoir, sont oxydées en ions H^+ , qui se déplacent dans la solution électrolytique.

Au niveau de l'électrode 2, des électrons, des ions hydrogène H^+ de l'électrolyte et des molécules de dioxygène O_2 , provenant de l'air ambiant, se combinent pour donner de l'eau.

Données :

couples oxydant/réducteur : $H^+(aq)/H_2(g)$ et $O_2(g)/H_2O(l)$

Volume molaire d'un gaz V_m dans les conditions d'utilisation de cette pile : $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

1.1. Écrire la demi-équation électronique qui correspond à l'oxydation du dihydrogène.

1.2. Préciser le sens de circulation du courant électrique dans le circuit extérieur.

1.3. Dans la suite de la partie 1, on écrira l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique qui a lieu au sein de la pile lors de son fonctionnement : $O_2(g) + 2 H_2(g) = 2 H_2O(l)$.

Expliquer pourquoi le dihydrogène est le réactif limitant.

1.4. On note $n_i(H_2)$ la quantité initiale de dihydrogène.

En exploitant la demi-équation de la question 1.1, donner l'expression de la quantité d'électrons échangés $n(e^-)$ en fonction de $n_i(H_2)$.

1.5. On note I l'intensité moyenne du courant électrique au cours du fonctionnement de la pile. On suppose que la pile s'arrête de fonctionner lorsque le réactif limitant est épuisé au bout d'une durée notée Δt .

Déterminer l'expression littérale de la quantité de matière $n_i(H_2)$ du réactif limitant en fonction de l'intensité I , de la durée Δt , de la constante d'Avogadro N_A et de la charge élémentaire e .

1.6. Réservoir de stockage

Pour une durée de fonctionnement de 200 h et pour une intensité moyenne du courant électrique débité par la pile égale à 200 A, la quantité de matière du réactif limitant est $n_i(H_2) = 7,5 \times 10^2 \text{ mol}$.

1.6.1. Calculer le volume $V(H_2)$ du réservoir de stockage nécessaire dans les conditions usuelles de température et de pression.

Aide au calcul		
$\frac{7,5}{2,4} \approx 3,1$	$\frac{2,4}{7,5} \approx 3,2 \times 10^{-1}$	$2,4 \times 7,5 \approx 1,8 \times 10^1$

1.6.2. Au regard de ce résultat, quel inconvénient peut présenter l'utilisation de la pile à hydrogène dans les conditions usuelles de pression et de température ?

2. Prototype de pile miniature

Des scientifiques de l'université Cornell (USA) ont conçu un prototype de pile miniature constituée de deux lamelles superposées, légèrement espacées : celle du dessous est initialement composée de nickel 63 (^{63}Ni), un matériau radioactif qui émet des électrons ; celle du dessus est en cuivre. Lorsque des électrons qui s'échappent du nickel atteignent la lamelle de cuivre, elle se charge négativement. Attirée par la lamelle de dessous, dont la charge devient positive, elle se plie, se décharge par contact et revient à l'état initial. L'énergie mécanique de ce mouvement est transformée en énergie électrique à l'aide d'un système piézo-électrique qui génère de l'électricité quand il est déformé. Si le rendement électrique d'un tel dispositif est faible, son encombrement est particulièrement réduit (les scientifiques espèrent parvenir à construire une pile de 1 cm^3) et sa durée de fonctionnement devrait dépasser plusieurs dizaines d'années.

D'après un extrait de «Ordinateur individuel »

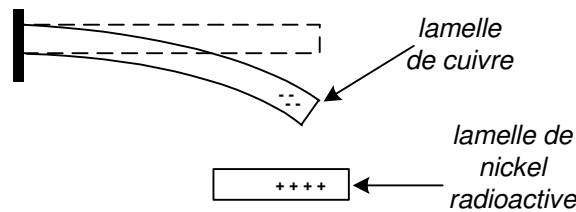


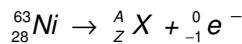
Figure 2

Extrait de la classification périodique :

$_{27}\text{Co}$	$_{28}\text{Ni}$	$_{29}\text{Cu}$
------------------	------------------	------------------

2.1. Quel est le type de transformation radioactive du nickel 63 évoqué dans le texte ?

2.2. Compléter l'équation de désintégration radioactive du nickel 63 ci-dessous en précisant la nature (symbole, nombre de nucléons et nombre de charges) du noyau formé.



2.3. On note $N(t)$ le nombre de noyaux radioactifs de nickel présents dans la pile à l'instant t et N_0 le nombre de ces noyaux présents à un instant $t_0 = 0$ pris comme origine des dates.

La constante radioactive du nickel 63 vaut $\lambda = 6,9 \times 10^{-3} \text{ an}^{-1}$.

2.3.1. Rappeler la loi de décroissance radioactive $N(t)$ en fonction N_0 et λ .

2.3.2. Donner la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'une source radioactive.

2.3.3. Montrer que $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

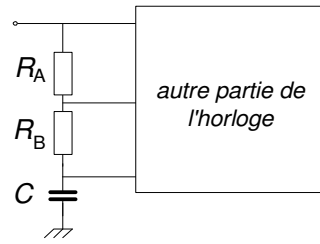
2.3.4. Calculer $t_{1/2}$.

Aide au calcul : $\ln 2 \approx 6,9 \times 10^{-1}$

2.3.5. Ce résultat est-il en accord avec la durée de fonctionnement de la pile indiquée dans le document ?

3. Principe de l'horloge d'un appareil nomade

Tous les appareils nomades ont besoin d'une horloge (alimentée par une pile). Dans ce paragraphe on va étudier l'évolution temporelle d'un circuit (R,C) qui fait partie de l'horloge.



Dans un premier temps le condensateur, initialement déchargé, de capacité C est chargé à travers les conducteurs ohmiques de résistances R_A et R_B . On note E la tension aux bornes du générateur. Lors de cette étape, on considère que les conducteurs ohmiques et le condensateur de capacité $C = 22 \mu\text{F}$ sont branchés en série. Le circuit équivaut alors à celui qui est schématisé figure 3 avec $R = R_A + R_B = 66 \text{ k}\Omega$.

3.1. Donner la relation qui lie l'intensité instantanée $i(t)$ du courant électrique qui circule dans le dipôle (R,C) à la charge instantanée $q(t)$ de l'armature du condensateur notée sur la figure 3, puis à la tension $u_C(t)$.

3.2. Déterminer, en justifiant la réponse, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de sa charge.

3.3. Dès que la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur atteint une valeur de référence $U_{\max} = \frac{2}{3}E$, le reste de l'horloge change d'état électrique et fait décharger le condensateur à travers le seul conducteur ohmique de résistance $R_B = 33 \text{ k}\Omega$. Le circuit équivaut alors à celui qui est représenté figure 4.

Déterminer, en justifiant la réponse, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de sa décharge dans le conducteur ohmique de résistance R_B .

3.4. Dès que la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur atteint une autre valeur de référence $U_{\min} = \frac{1}{3}E$, le reste de l'horloge change d'état et impose un nouveau cycle de charge du condensateur puis de décharge, etc. La durée de charge du condensateur, entre U_{\min} et U_{\max} , est notée T_1 et celle de la décharge, jusqu'à U_{\min} , notée T_2 .

Sachant que les durées de charge et de décharge sont proportionnelles aux constantes de temps du circuit, expliquer, sans calcul, pourquoi la valeur de T_1 est supérieure à celle de T_2 .

3.5. Compléter, sur **LA FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, l'allure générale de l'évolution au cours du temps de la tension $u_C(t)$ lors des différentes phases de charge et de décharge.

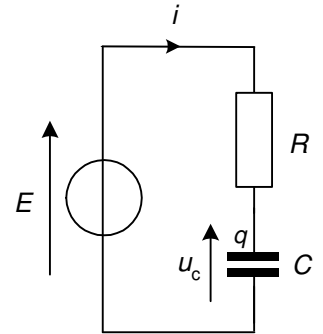


Figure 3

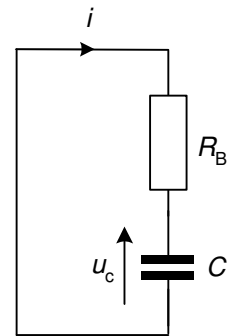


Figure 4

EXERCICE II. LANCEMENT D'UN SATELLITE MÉTÉOROLOGIQUE (5,5 points)

Le centre spatial de Kourou a lancé le 21 décembre 2005, avec une fusée Ariane 5, un satellite de météorologie de seconde génération baptisé MSG-2. Tout comme ses prédécesseurs, il est placé sur une orbite géostationnaire à 36000 km d'altitude. Opérationnel depuis juillet 2006, il porte maintenant le nom de Météosat 9.

Les satellites de seconde génération sont actuellement les plus performants au monde dans le domaine de l'imagerie météorologique. Ils assureront jusqu'en 2018 la fourniture de données météorologiques, climatiques et environnementales.

D'après plusieurs sites Internet.

L'objectif de cet exercice est d'étudier plusieurs étapes de la mise en orbite de ce satellite.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.

Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

Partie 1. Décollage de la fusée Ariane 5

Pour ce lancement, la fusée Ariane 5 a une masse totale M . Sa propulsion est assurée par un

ensemble de dispositifs fournissant une force de poussée verticale constante \vec{F} . Tout au long du décollage, on admet que la valeur du champ de pesanteur g est également constante. On étudie le mouvement du système { fusée } dans le référentiel terrestre supposé galiléen et on choisit un repère

(O, \vec{j}) dans lequel \vec{j} est un vecteur unitaire vertical dirigé vers le haut et porté par l'axe Oy.

À l'instant $t_0 = 0$ s, Ariane 5 est immobile et son centre d'inertie G est confondu avec l'origine O .

On utilise les notations :

a valeur de l'accélération du centre d'inertie de la fusée, avec $\vec{a} = a_y \vec{j} = a \vec{j}$

v valeur de la vitesse de son centre d'inertie, avec $\vec{v} = v_y \vec{j} = v \vec{j}$

y valeur de la position de son centre d'inertie, avec $\vec{OG} = y \vec{j}$

Données :

Masse totale de la fusée $M = 7,3 \times 10^5$ kg

Force de poussée $F = 1,16 \times 10^7$ N

Intensité de pesanteur $g = 10$ m.s⁻²

1.1. Cas idéal

Dans ce cas, on supposera que seuls le poids \vec{P} et la force de poussée \vec{F} agissent sur la fusée. Pendant la durée de fonctionnement, on admettra que la masse de la fusée reste constante.

1.1.1. Sans faire de calcul, représenter ces forces sur un schéma pendant le décollage.

1.1.2. En appliquant une loi de Newton au système { fusée }, trouver l'expression littérale de la valeur a de l'accélération dès que la fusée a quitté le sol.

1.1.3. Calculer la valeur de cette accélération a .

1.1.4. Pendant le lancement, on suppose que la valeur de l'accélération reste constante.

Déterminer l'équation horaire de la valeur $v(t)$ de la vitesse.

1.1.5. En déduire l'équation horaire de la valeur $y(t)$ de la position.

1.1.6. La trajectoire ascensionnelle de la fusée reste verticale jusqu'à la date $t_1 = 6,0$ s.

Quelle distance la fusée a-t-elle parcourue depuis son décollage ?

Aide au calcul	
$1,16 \times 7,3 \approx 8,5$	
$\frac{1,16}{7,3} \approx 1,6 \times 10^{-1}$	$\frac{7,3}{1,16} \approx 6,3$

1.2. Cas réel

Au cours de ce lancement, Ariane 5 a en fait parcouru un peu moins de 90 m pendant les 6 premières secondes.

Citer un phénomène permettant d'interpréter cette donnée.

Dans la suite de l'exercice, on suppose que la Terre est une sphère de centre T , de masse M_T , de rayon R_T et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique. On assimile par ailleurs le satellite à son centre d'inertie S . L'étude de son mouvement se fait dans un référentiel géocentrique supposé galiléen.

Données :

Masse de la Terre : $M_T = 6,0 \times 10^{24}$ kg

Rayon de la Terre : $R_T = 6,4 \times 10^3$ km

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ kg⁻¹ . m³ . s⁻²

Partie 2. Mise en orbite basse du satellite

La mise en orbite complète du satellite MSG-2 de masse $m = 2,0 \times 10^3$ kg s'accomplit en deux étapes. Dans un premier temps, il est placé sur une orbite circulaire à vitesse constante v_S à basse altitude $h = 6,0 \times 10^2$ km autour de la Terre et il n'est soumis qu'à la force gravitationnelle exercée par la Terre.

On choisit un repère (S, \vec{t}, \vec{n}) dans lequel \vec{t} est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement et \vec{n} un vecteur unitaire perpendiculaire à la trajectoire orienté vers le centre de la Terre.

2.1. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre sur le satellite en fonction des données.

2.2. En appliquant une loi de Newton, trouver l'expression du vecteur accélération \vec{a}_S du centre d'inertie du satellite.

2.3. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma, à un instant de date t quelconque, la Terre, le satellite, le repère (S, \vec{t}, \vec{n}) ainsi que le vecteur accélération \vec{a}_S .

2.4. Déterminer l'expression de la vitesse v_S du centre d'inertie du satellite. Vérifier que sa valeur est de l'ordre de $7,6 \times 10^3$ m.s⁻¹ sur son orbite basse.

Aide au calcul			
$1,24 \times 6,1 \approx 7,6$	$6,67 \times 6,0 \approx 4,0 \times 10^1$	$\sqrt{\frac{6,0}{4,0}} \approx 1,2$	$\sqrt{\frac{4,0}{7,0}} \approx 7,6 \times 10^{-1}$

2.5. On note T le temps mis par le satellite pour faire un tour autour de la Terre.

Comment appelle t-on cette grandeur ? Montrer qu'elle vérifie la relation $T^2 = \frac{4\pi^2 (R_T + h)^3}{G.M_T}$.

Partie 3. Transfert du satellite en orbite géostationnaire

Une fois le satellite MSG-2 placé sur son orbite circulaire basse, on le fait passer sur une orbite géostationnaire à l'altitude $h' = 3,6 \times 10^4$ km. Ce transit s'opère sur une orbite de transfert qui est elliptique. Le schéma de principe est représenté sur la figure 6 page 7.

Le périhélie P est sur l'orbite circulaire basse et l'apogée A est sur l'orbite définitive géostationnaire.

À un moment convenu, lorsque le satellite est au point P de son orbite circulaire basse, on augmente sa vitesse de façon bien précise : il décrit ainsi une orbite elliptique de transfert afin que l'apogée A de l'ellipse soit sur l'orbite géostationnaire définitive. On utilise pour cela un petit réacteur qui émet en P , pendant un très court instant, un jet de gaz donnant au satellite l'impulsion nécessaire.

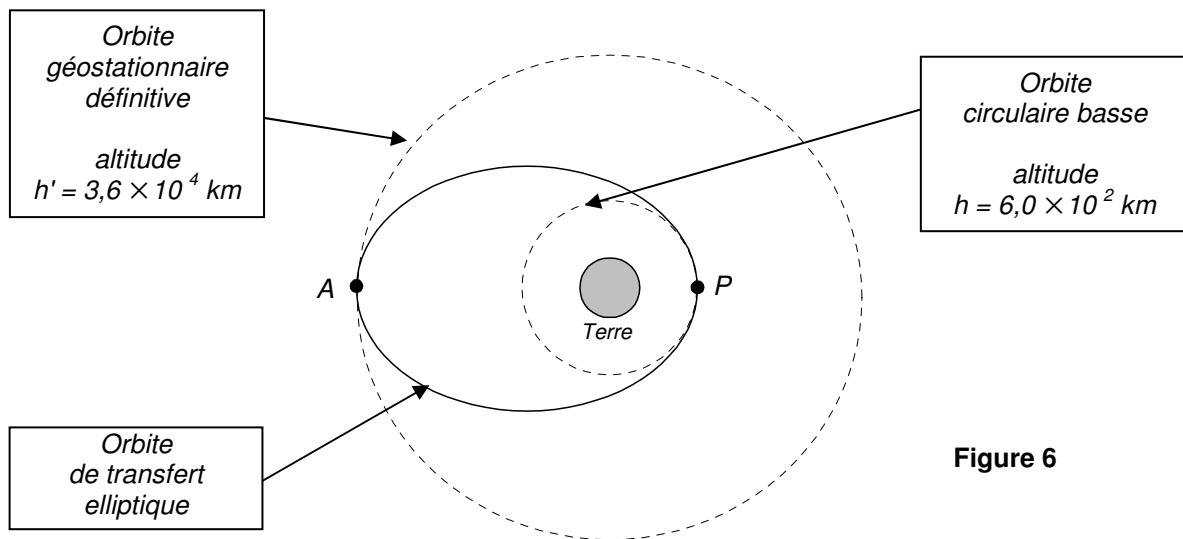


Figure 6

3.1. Énoncer la deuxième loi de Kepler, ou "loi des aires".

3.2. Montrer, en s'aidant éventuellement d'un schéma, que la vitesse du satellite MSG-2 n'est pas constante sur son orbite de transfert. Préciser en quels points de son orbite de transfert sa vitesse est :

- maximale ;
- minimale.

3.3. Exprimer la distance AP en fonction de R_T , h et h' . Montrer que $AP = 4,9 \times 10^7 \text{ m}$.

3.4. Dans le cas de cette orbite elliptique, la durée de révolution pour faire un tour complet de l'orbite vaut $T' = 10\text{h } 42\text{min}$.

Déterminer la durée minimale Δt du transfert du satellite MSG-2 du point P de son orbite basse au point A de son orbite géostationnaire définitive.

3.5. Le satellite étant arrivé au point A, on augmente à nouveau sa vitesse pour qu'il décrive ensuite son orbite géostationnaire définitive. Le lancement complet du satellite est alors achevé et le processus permettant de le rendre opérationnel peut débuter.

Expliquer pourquoi il est judicieux de lancer les satellites géostationnaires d'un lieu proche de l'équateur comme Kourou en Guyane.

EXERCICE III. HISTOIRE DE SAVONS (4 points)

Les premiers savons ont été réalisés au Proche-Orient 2 500 à 3 000 ans avant notre ère. Selon Claude Galien, médecin grec du II^{ème} siècle, le meilleur savon s'obtient en traitant la graisse de mouton, de bœuf ou de chèvre par une lessive de cendres et de chaux⁽¹⁾. Au cours du premier millénaire, le savon reste généralement employé comme remède dans les maladies de peau. La fabrication du savon, par ébullition d'un corps gras et d'une base, ne se développera qu'au XV^{ème} siècle ; le mélange initial est alors une composition faite d'huile d'olive brute, de lessives tirées de cendres ou de plantes marines et d'eau de chaux.

Le savon tire son nom du premier centre de fabrication : Savona, port ligure ouvert sur le golfe de Gênes.

En 1779, William Scheele identifie le glycérol, alors qu'il saponifiait divers corps gras. À partir de 1809, Eugène Chevreul entreprend une étude approfondie des corps gras ; il identifie les principales matières grasses et interprète la saponification comme une réaction chimique. La formule brute du glycérol est établie en 1836 par Jules Pelouze ; en 1859, Adolphe Wurtz découvre « la série des glycols » (diols) et en 1873, Charles Friedel fait la synthèse du glycérol.

La révolution industrielle développe les besoins en savon, qui cesse d'être un produit de luxe et devient un produit de première nécessité.

D'après un site Internet

⁽¹⁾ Le texte utilise l'expression « lessive de cendres et de chaux » pour nommer une solution aqueuse contenant de l'hydroxyde de potassium et de calcium.

L'objectif de l'exercice est d'étudier différentes étapes de la fabrication d'un savon au laboratoire et quelques propriétés des savons.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

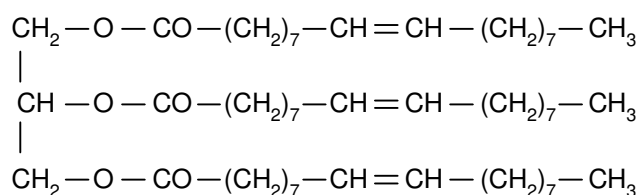
Données :

Réactif	Oléate de glycéryle	Hydroxyde de potassium (potasse)	Savon
Solubilité dans l'eau	<i>insoluble</i>	<i>soluble</i>	<i>soluble</i>
Solubilité dans l'éthanol	<i>soluble</i>	<i>soluble</i>	
Solubilité dans l'eau salée	<i>insoluble</i>	<i>soluble</i>	<i>peu soluble</i>
Masse molaire moléculaire (g.mol⁻¹)	$M_{Olé} = 884$	$M_{Pot} = 56$	$M_{Sav} = 320$

1. Fabrication du savon

Le principal constituant de la graisse de bœuf est l'oléate de glycéryle (ou oléine).

On réalise la saponification par une solution d'hydroxyde de potassium ($K^+ + HO^-$) d'une huile que l'on considèrera comme constituée exclusivement d'oléine, de formule semi-développée :



Dans cet exercice, on appelle indifféremment savon, l'oléate de sodium ou de potassium, solide ou en solution.

1.1. Quelle(s) caractéristique(s) différencie(nt) les réactions de saponification (ou hydrolyse basique) et d'hydrolyse d'un ester en termes de cinétique et d'avancement final ?

1.2. Première partie : synthèse du savon

1.2.1. Choisir parmi les 3 montages proposés à la figure 7, celui à utiliser pour réaliser une saponification

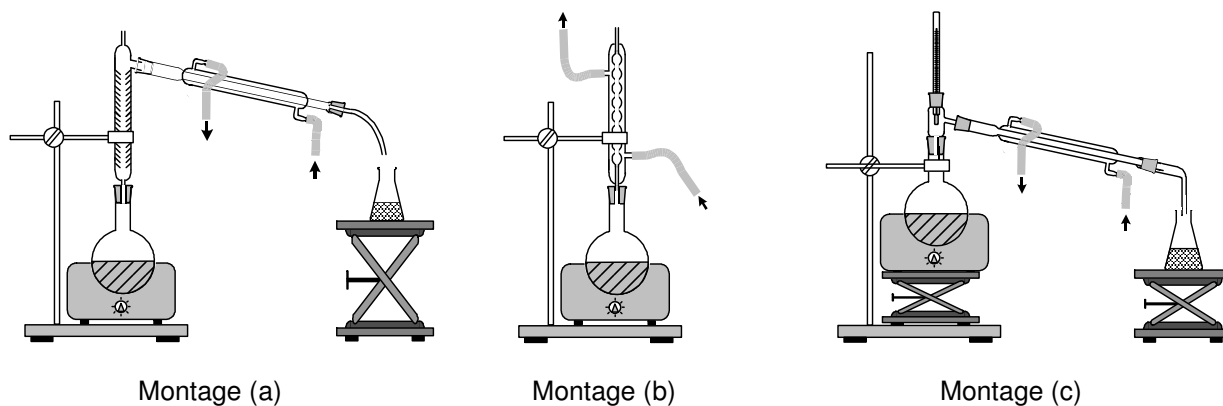


Figure 7 : montage mise en œuvre dans l'étape 1

1.2.2.

Donner son nom.

1.2.3. Quel est l'intérêt d'un tel montage ?

1.3. Deuxième partie : obtention du savon solide

Après la synthèse, on réalise les deux étapes suivantes décrites sur la figure 8 ci-dessous :

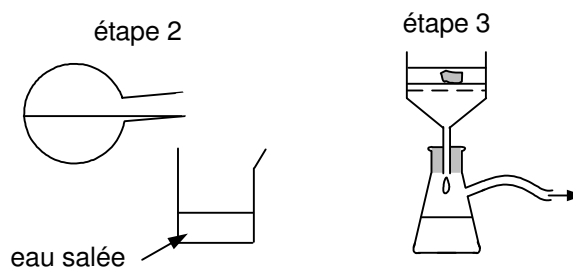


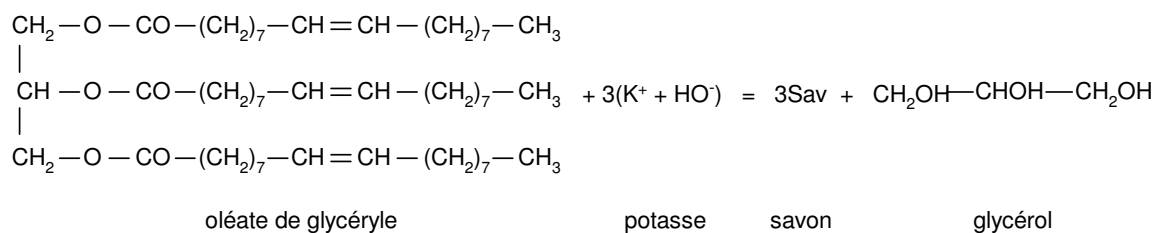
Figure 8

1.3.1. Justifier, à l'aide du tableau des données, l'utilisation d'eau salée dans l'étape 2.

1.3.2. Quel est le nom du dispositif utilisé à l'étape 3 ? Quel est son intérêt ?

1.4. Troisième partie : étude quantitative

On donne l'équation de la réaction de saponification de l'oléate de glycéryle :



- 1.4.1. Écrire une formule semi-développée du savon noté Sav dans l'équation.
 1.4.2. Sachant que l'hydroxyde de potassium a été introduit en excès, calculer la quantité de matière maximale de savon n_{Sav} que l'on peut obtenir lors de la saponification de 884 kg de cette huile végétale.
 1.4.3. Montrer que la masse maximale de savon m_{Sav} susceptible d'être obtenue est 960 kg.
 1.4.4. Quelle est la masse de savon réellement obtenue m_r si le rendement de l'expérience est égal à 90% ?

Aide au calcul		
$\frac{9,6}{9} \approx 3,1$	$9,6 \times 0,9 \approx 8,6$	$\frac{90}{9,6} \approx 9,4$

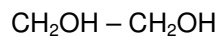
2. Questions relatives à l'histoire des savons

2.1. Le texte utilise les termes « savons » et « graisses de mouton, de bœuf ou de chèvre ». Attribuer à chacun de ces deux termes la famille chimique correspondante choisie parmi les trois suivantes :

triesters d'acides gras, acide carboxylique, carboxylate de potassium

2.2. Quel facteur cinétique a permis d'améliorer la recette de Galien au XV^{ème} siècle ?

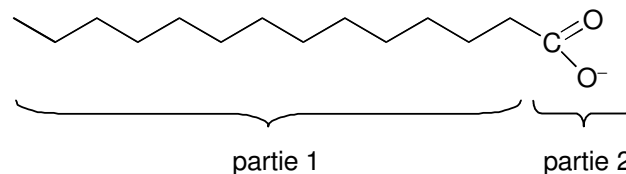
2.3. Le glycol est le plus simple des diols. On donne sa formule semi-développée :



Recopier cette formule, entourer le (ou les) groupe(s) caractéristique(s) et nommer la fonction correspondante.

3. Le pouvoir nettoyant du savon

Un ion carboxylate peut-être schématisé par :



- 3.1. Identifier la partie hydrophile et la partie hydrophobe de l'ion.
 3.2. Que représente la partie 1 de l'ion carboxylate ?

Question 3.5.

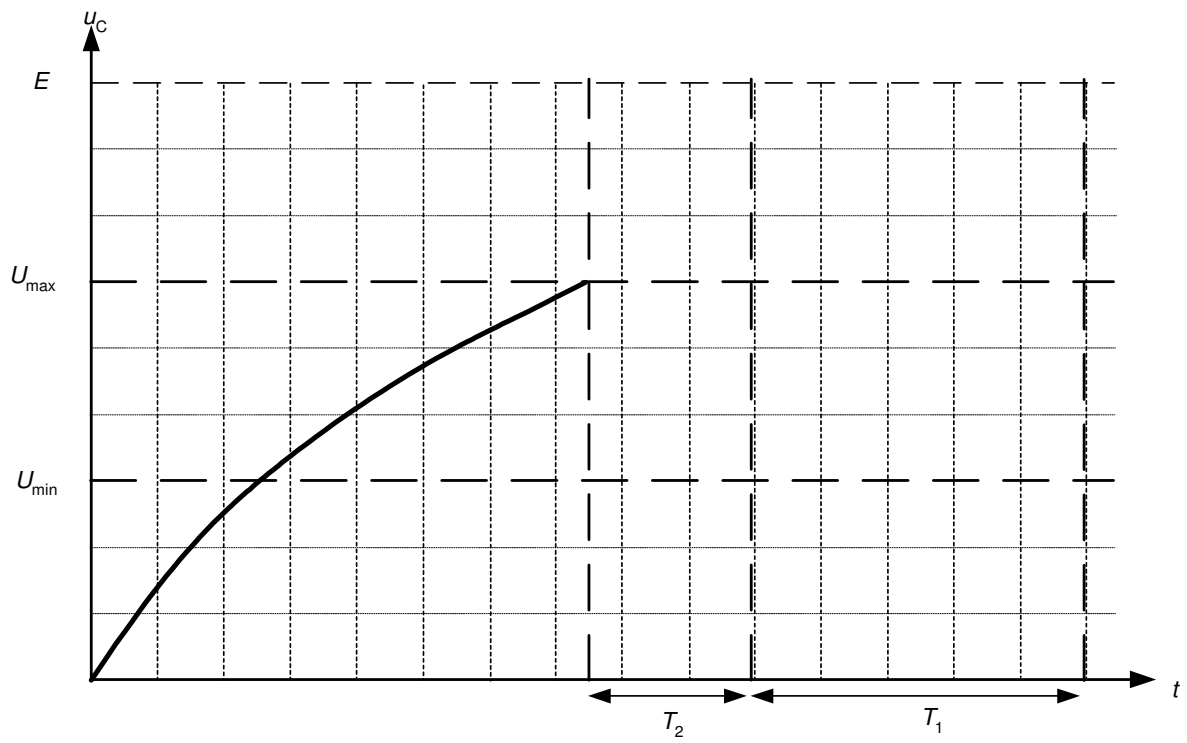


Figure 5

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (OBLIGATOIRE)

- I. Exercice I Piles et appareils nomades (6,5 points)
- II. Exercice II Lancement d'un satellite météorologique (5,5 points)
- III. Exercice III (Obligatoire) Histoire de savons (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, **il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires** (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

Sur la copie, le correcteur porte la note sur 16 arrondie au demi-point.

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

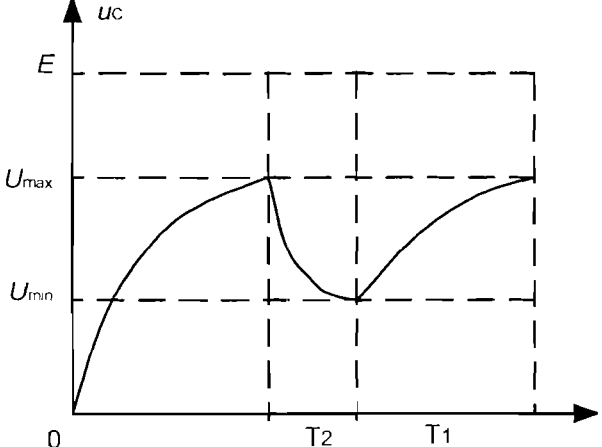
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices **est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.**

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. PILES ET APPAREILS NOMADES (6,5 points)

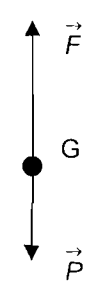
Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

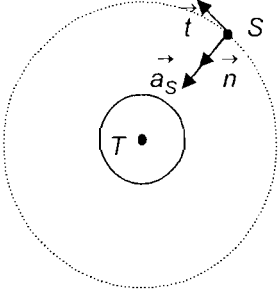
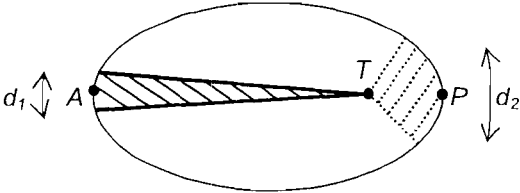
	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Principe d'une pile à hydrogène			
1.1.	$H_2(g) = 2H^+(aq) + 2e^-$	0,25	
1.2.	Dans le circuit extérieur, le courant électrique circule de l'électrode 2 vers l'électrode 1 car les électrons sont issus de l'anode et vont vers la cathode.	0,25	<i>Accepter un schéma. Accepter anode et cathode</i>
1.3.	C'est le dihydrogène $H_2(g)$ qui est le réactif limitant car on peut apporter autant de dioxygène que l'on veut de l'air ambiant.	0,25	<i>Accepter toute autre formulation correcte.</i>
1.4.	D'après la demi-équation, on a $n(e^-) = 2n_i(H_2)$	0,25	
1.5.	On a $I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{n(e^-) \cdot N_A \cdot e}{\Delta t} = \frac{2n_i(H_2) \cdot N_A \cdot e}{\Delta t}$ d'où $n_i(H_2) = \frac{I \cdot \Delta t}{2N_A \cdot e}$	0,5	
1.6.1	$V(H_2) = V_m \times n_i(H_2)$ A.N : $V(H_2) = 1,8 \times 10^4 \text{ L}$.	0,5	
1.6.2	Cela correspond à un encombrement de 18 m^3 ! Ce gaz ne peut pas être stocké dans les conditions usuelles de température et de pression pour une utilisation courante de pile.	0,25	
2. Prototypage de pile miniature			
2.1.	Il s'agit d'une désintégration β^-	0,25	
2.2.	${}^{63}_{28}\text{Ni} = {}^{63}_{29}\text{Cu} + {}^0_{-1}e^-$	0,25	
2.3.			
2.3.1	$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$	0,25	
2.3.2.	La demi-vie est la durée au bout de laquelle, en moyenne la moitié des noyaux se sont désintégrés.	0,25	
2.3.3.	$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 \exp(-\lambda t_{1/2})$ soit $\frac{1}{2} = \exp(-\lambda t_{1/2})$ et $\ln \frac{1}{2} = -\lambda t_{1/2}$ $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$	0,5	
2.3.4.	$t_{1/2} = \frac{6,9 \times 10^{-1}}{6,9 \times 10^{-3}} = 1,0 \times 10^2 \text{ années}$	0,25	
2.3.5.	Comme $t_{1/2}$ est supérieur à 10 années, la pile peut fonctionner plusieurs dizaines d'années.	0,25	<i>Accepter toute réponse juste et cohérente.</i>
3. Principe d'une horloge d'un appareil nomade			
3.1.	$i = \frac{dq}{dt}$; $i = C \frac{du_c}{dt}$	0,5	
3.2.	Loi d'additivité des tensions : $E = Ri + u_c = R \frac{dq}{dt} + u_c$. Comme $q = C u_c$ on a alors $RC \frac{du_c}{dt} + u_c = E$	0,5	<i>Accepter $(R_A + R_B)$ à la place de R</i>

3.3.	Loi d'additivité des tensions : $0 = R_B i + u_C = R_B \frac{dq}{dt} + u_C$. Comme $u_C = \frac{q}{C}$ on a alors $R_B C \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$	0,5	
3.4.	La durée de charge est proportionnelle à RC. La durée de décharge est proportionnelle à $R_B C$. $T_1 > T_2$ car $R > R_B$	0,25	
3.5.		0,5	<i>0,25 pour la partie décroissante</i> <i>0,25 pour la partie croissante.</i>

EXERCICE II. LANCEMENT D'UN SATELLITE MÉTÉOROLOGIQUE
(5,5 points)

Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaire
1. Décollage de la fusée Ariane 5			
1.1.1.	 <p style="text-align: center;">A central point labeled 'G' has two vertical arrows originating from it. The top arrow points upwards and is labeled \vec{F}. The bottom arrow points downwards and is labeled \vec{P}.</p>	0,25	$F > P$ obligatoire
1.1.2.	<p>2ème loi de Newton : $\sum \vec{F}_{EXT} = M \cdot \vec{a}$ soit $\vec{F} + \vec{P} = M \cdot \vec{a}$</p> <p>Selon (O, \vec{j}), $F - P = M \cdot a$ soit $F - M \cdot g = M \cdot a$</p> <p>Finalement, $a = \frac{F}{M} - g$.</p>	0,25	
1.1.3.	<p>$a = \frac{1,16 \times 10^7}{7,3 \times 10^5} - 10 = 1,6 \times 10^{-1} \times 10^2 - 10$</p> <p>$a = 1,6 \times 10^1 - 10 = 6,0 \text{ m.s}^{-2}$</p>	0,25	
1.1.4.	<p>Selon (O, \vec{j}), $a = \frac{dv}{dt}$, on cherche une primitive de a pour trouver $v(t)$, soit $v(t) = a \cdot t + v_0$.</p> <p>Or à $t = 0$, $v_0 = 0$.</p> <p>Finalement, $v(t) = a \cdot t$.</p>	0,25	Accepter $v(t) = 6t$
1.1.5.	<p>Selon (O, \vec{j}), $v = \frac{dy}{dt}$, on cherche une primitive de v pour trouver $y(t)$, soit $y(t) = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + y_0$.</p> <p>Or à $t = 0$, $y_0 = 0$.</p> <p>Finalement, $y(t) = \frac{1}{2} a \cdot t^2$.</p>	0,25	Accepter $y(t) = 3t^2$
1.1.6.	<p>Pour $t_1 = 6,0s$, la distance parcourue est donc</p> <p>$y = \frac{1}{2} \times 6,0 \times 6,0^2 = 3,0 \times 36 = 1,1 \times 10^2 \text{ m}$</p>	0,25	
1.2.	Il existe une force de frottement qui s'oppose au déplacement de la fusée.	0,25	Toute réponse cohérente est acceptée
2. Mise en orbite basse du satellite			
2.1.	$\vec{F}_{T/S} = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \vec{n}$	0,25	On accepte toute formule correcte avec un autre vecteur unitaire bien défini par l'élève
2.2.	<p>2ème loi de Newton : $\sum \vec{F}_{EXT} = m \cdot \vec{a}_S$ soit $\vec{F}_{T/S} = m \cdot \vec{a}_S$</p> <p>$\frac{G \cdot M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \vec{n} = m \cdot \vec{a}_S$</p> <p>Finalement, $\vec{a}_S = \frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \vec{n}$</p>	0,25 0,25	On accepte toute formule correcte avec un autre vecteur unitaire bien défini par l'élève

2.3.		0,25	
2.4.	<p>D'après 2.3., $\vec{a}_S = \frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \vec{n}$.</p> <p>Or par définition, selon \vec{n}, $a_S = \frac{v_S^2}{(R_T + h)}$.</p> <p>Donc $\frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2} = \frac{v_S^2}{(R_T + h)}$</p> <p>Finalement, $v_S = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)}}$.</p> <p>$v_S = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 6,0 \times 10^{24}}{(6,4 + 6,0) \times 10^6}} = \sqrt{\frac{6,67 \times 6,0 \times 10^{13}}{7 \times 10^6}}$</p> <p>$v_S = \sqrt{\frac{4 \times 10^8}{7}} = \sqrt{\frac{4}{7}} \times 10^4 = 7,6 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$</p>	0,25 0,25 0,25	
2.5.	<p>T est la période de révolution du satellite</p> <p>$v_S = \frac{2\pi(R_T + h)}{T}$, soit $T = \frac{2\pi(R_T + h)}{v_S}$</p> <p>$T = \frac{2\pi(R_T + h)}{\sqrt{\frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)}}}$. Finalement, $T^2 = \frac{4\pi^2(R_T + h)^3}{G \cdot M_T}$</p>	0,25	
3. Mise en orbite basse du satellite			
3.1.	<p>Loi des aires : Sur une trajectoire elliptique, les aires balayées par le segment reliant le satellite à la Terre sont égales pendant des durées égales.</p>	0,25	
3.2.	 <p>Les deux aires hachurées étant égales, le satellite parcourt deux distances d_1 et d_2 différentes pendant la même durée : sa vitesse n'est donc pas constante. Elle est maximale au périgée P ($d_2 > d_1$) et minimale à l'apogée A.</p>	0,25 0,25	
3.3.	<p>$AP = h' + 2R_T + h$</p> <p>$AP = 3,6 \times 10^4 + 2 \times 6,4 \times 10^3 + 6,0 \times 10^2 = 4,9 \times 10^7 \text{ m}$</p>	0,25 0,25	
3.4.	<p>La durée minimale Δt du transfert correspond en fait à une demi période de révolution T', soit $\Delta t = \frac{T'}{2} = 5\text{h}21\text{min}$.</p>	0,25	
3.5.	<p>La trajectoire d'un satellite géostationnaire doit se trouver dans le plan équatorial pour que la force de gravitation appartienne au plan de la trajectoire nécessairement perpendiculaire à l'axe des pôles. La base de lancement de Kourou est la plus proche de l'équateur.</p>	0,25	On accepte toute réponse cohérente

EXERCICE III. (Obligatoire) HISTOIRE DE SAVONS (4 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Fabrication du savon			
1.1.	La réaction d'hydrolyse est très lente et limitée alors que la saponification est totale et plus rapide.	0,25	<i>On admet rapide</i>
1.2.1.	Le montage (b) doit être utilisé	0,25	
1.2.2.	C'est un chauffage à reflux.	0,25	
1.2.3.	Il permet d'éviter les pertes de quantités de matière de toutes les espèces.	0,25	
1.3.1.	Le savon est beaucoup moins soluble dans l'eau salée que dans l'eau pure.	0,25	
1.3.2.	C'est un dispositif de filtration sous vide d'air (büchner) qui permet de réaliser une filtration plus rapide.	0,25	
1.4.1.	Le savon Sav est : $K^+ + CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COO^-$	0,25	
1.4.2.	D'après l'équation de la réaction, $n_{Sav} = 3 n(\text{oléine})$ $n_{Sav} = 3,0 \cdot 10^3 \text{ mol} = 3,0 \text{ kmol}$	0,5	<i>0,25 pour l'expression et 0,25 pour le calcul</i>
1.4.3.	La masse théorique : $m_{Sav} = n_{Sav} M_{Sav} = 960 \text{ kg}$	0,25	
1.4.4.	Masse obtenue : $m_r = 0,9 n_{Sav} = 0,9 \times 960 \text{ kg} = 8,6 \times 10^2 \text{ kg}$.	0,25	
2. Questions relatives à l'histoire des savons			
2.1.	- savons : carboxylate de potassium. - graisses de mouton, de bœuf ou de chèvre : triester d'acides gras.	0,25	
2.2.	On porte à ébullition car la température est un facteur cinétique.	0,25	
2.3.	Il y a 2 groupes caractéristiques - OH correspondant à la fonction alcool	0,25	
3. Le pouvoir nettoyant du savon			
3.1.	La partie correspondant au groupe hydrophile est la partie 2 (partie chargée) et celle correspondant au groupe hydrophobe est la partie 1 (longue chaîne carbonée).	0,25	
3.2.	La partie 1 représente la longue chaîne carbonée.	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE-CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci et les annexes.

Les pages d'annexes (pages 11 et 12) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices dans l'ordre qu'il souhaite, ceux-ci étant indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. PILES ET APPAREILS NOMADES (6,5 points)

L'utilisation d'appareils nomades (baladeurs, téléphones, ordinateurs portable...) a fait considérablement augmenter les besoins en sources d'énergie mobiles, notamment en piles électriques.

L'exercice étudie le principe d'une pile à hydrogène, puis un prototype de pile miniature et enfin le principe de l'horloge d'un appareil nomade alimenté par une pile.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.

1. Principe d'une pile à hydrogène

La pile à hydrogène présente des avantages importants en termes d'environnement (rejets non polluants au cours de son utilisation et absence de nuisance sonore). Elle est constituée de deux électrodes à la surface desquelles ont lieu les réactions chimiques d'oxydoréduction et d'un électrolyte dans lequel se déplacent les ions (voir figure 1).

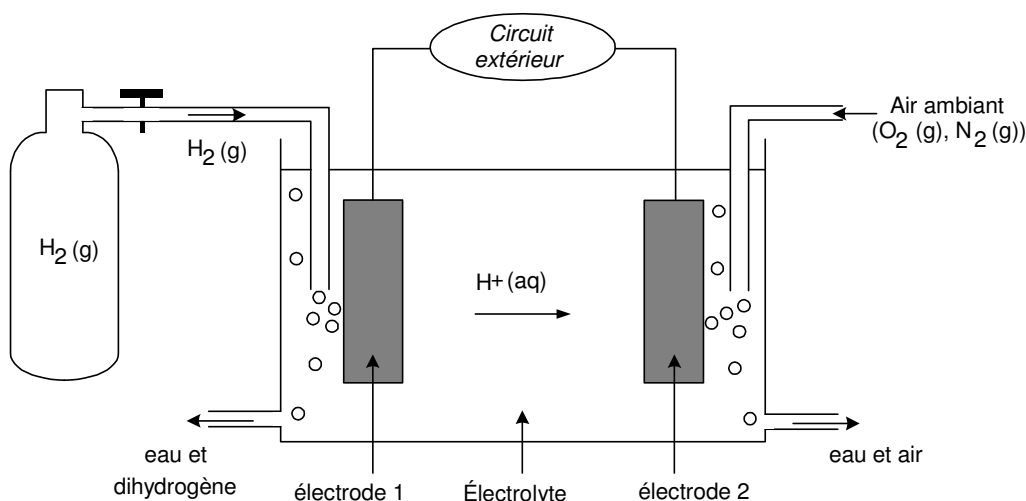


Figure 1

Au niveau de l'électrode 1, les molécules de dihydrogène H_2 , provenant d'un réservoir, sont oxydées en ions H^+ , qui se déplacent dans la solution électrolytique.

Au niveau de l'électrode 2, des électrons, des ions hydrogène H^+ de l'électrolyte et des molécules de dioxygène O_2 , provenant de l'air ambiant, se combinent pour donner de l'eau.

Données :

couples oxydant/réducteur : $H^+(aq)/H_2(g)$ et $O_2(g)/H_2O(\ell)$

Volume molaire d'un gaz V_m dans les conditions d'utilisation de cette pile : $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

1.1. Écrire la demi-équation électronique qui correspond à l'oxydation du dihydrogène.

1.2. Préciser le sens de circulation du courant électrique dans le circuit extérieur.

1.3. Dans la suite de la partie 1, on écrira l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique qui a lieu au sein de la pile lors de son fonctionnement : $O_2(g) + 2 H_2(g) = 2 H_2O(\ell)$.

Expliquer pourquoi le dihydrogène est le réactif limitant.

1.4. On note $n_i(H_2)$ la quantité initiale de dihydrogène.

En exploitant la demi-équation de la question 1.1, donner l'expression de la quantité d'électrons échangés $n(e^-)$ en fonction de $n_i(H_2)$.

1.5. On note I l'intensité moyenne du courant électrique au cours du fonctionnement de la pile. On suppose que la pile s'arrête de fonctionner lorsque le réactif limitant est épuisé au bout d'une durée notée Δt .

Déterminer l'expression littérale de la quantité de matière $n_i(H_2)$ du réactif limitant en fonction de l'intensité I , de la durée Δt , de la constante d'Avogadro N_A et de la charge élémentaire e .

1.6. Réservoir de stockage

Pour une durée de fonctionnement de 200 h et pour une intensité moyenne du courant électrique débité par la pile égale à 200 A, la quantité de matière du réactif limitant est $n_i(H_2) = 7,5 \times 10^2 \text{ mol}$.

1.6.1. Calculer le volume $V(H_2)$ du réservoir de stockage nécessaire dans les conditions usuelles de température et de pression.

Aide au calcul		
$\frac{7,5}{2,4} \approx 3,1$	$\frac{2,4}{7,5} \approx 3,2 \times 10^{-1}$	$2,4 \times 7,5 \approx 1,8 \times 10^1$

1.6.2. Au regard de ce résultat, quel inconvénient peut présenter l'utilisation de la pile à hydrogène dans les conditions usuelles de pression et de température ?

2. Prototype de pile miniature

Des scientifiques de l'université Cornell (USA) ont conçu un prototype de pile miniature constituée de deux lamelles superposées, légèrement espacées : celle du dessous est initialement composée de nickel 63 (^{63}Ni), un matériau radioactif qui émet des électrons ; celle du dessus est en cuivre. Lorsque des électrons qui s'échappent du nickel atteignent la lamelle de cuivre, elle se charge négativement. Attirée par la lamelle de dessous, dont la charge devient positive, elle se plie, se décharge par contact et revient à l'état initial. L'énergie mécanique de ce mouvement est transformée en énergie électrique à l'aide d'un système piézo-électrique qui génère de l'électricité quand il est déformé. Si le rendement électrique d'un tel dispositif est faible, son encombrement est particulièrement réduit (les scientifiques espèrent parvenir à construire une pile de 1 cm^3) et sa durée de fonctionnement devrait dépasser plusieurs dizaines d'années.

D'après un extrait de « Ordinateur individuel »

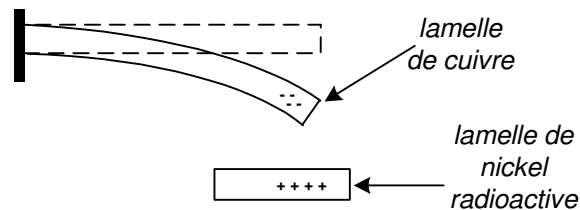


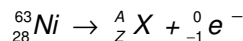
Figure 2

Extrait de la classification périodique :

$_{27}\text{Co}$	$_{28}\text{Ni}$	$_{29}\text{Cu}$
------------------	------------------	------------------

2.1. Quel est le type de transformation radioactive du nickel 63 évoqué dans le texte ?

2.2. Compléter l'équation de désintégration radioactive du nickel 63 ci-dessous en précisant la nature (symbole, nombre de nucléons et nombre de charges) du noyau formé.



2.3. On note $N(t)$ le nombre de noyaux radioactifs de nickel présents dans la pile à l'instant t et N_0 le nombre de ces noyaux présents à un instant $t_0 = 0$ pris comme origine des dates.

La constante radioactive du nickel 63 vaut $\lambda = 6,9 \times 10^{-3} \text{ an}^{-1}$.

2.3.1. Rappeler la loi de décroissance radioactive $N(t)$ en fonction N_0 et λ .

2.3.2. Donner la définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$ d'une source radioactive.

2.3.3. Montrer que $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

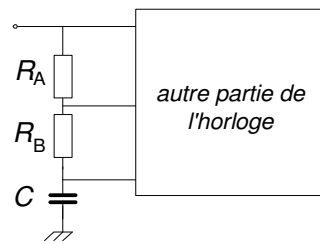
2.3.4. Calculer $t_{1/2}$.

Aide au calcul : $\ln 2 \approx 6,9 \times 10^{-1}$

2.3.5. Ce résultat est-il en accord avec la durée de fonctionnement de la pile indiquée dans le document ?

3. Principe de l'horloge d'un appareil nomade

Tous les appareils nomades ont besoin d'une horloge (alimentée par une pile). Dans ce paragraphe on va étudier l'évolution temporelle d'un circuit (R,C) qui fait partie de l'horloge.



Dans un premier temps le condensateur, initialement déchargé, de capacité C est chargé à travers les conducteurs ohmiques de résistances R_A et R_B . On note E la tension aux bornes du générateur. Lors de cette étape, on considère que les conducteurs ohmiques et le condensateur de capacité $C = 22 \mu\text{F}$ sont branchés en série. Le circuit équivaut alors à celui qui est schématisé figure 3 avec $R = R_A + R_B = 66 \text{ k}\Omega$.

3.1. Donner la relation qui lie l'intensité instantanée $i(t)$ du courant électrique qui circule dans le dipôle (R,C) à la charge instantanée $q(t)$ de l'armature du condensateur notée sur la figure 3, puis à la tension $u_C(t)$.

3.2. Déterminer, en justifiant la réponse, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de sa charge.

3.3. Dès que la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur atteint une valeur de référence $U_{\max} = \frac{2}{3}E$, le reste de l'horloge change d'état électrique et fait décharger le condensateur à travers le seul conducteur ohmique de résistance $R_B = 33 \text{ k}\Omega$. Le circuit équivaut alors à celui qui est représenté figure 4.

Déterminer, en justifiant la réponse, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de sa décharge dans le conducteur ohmique de résistance R_B .

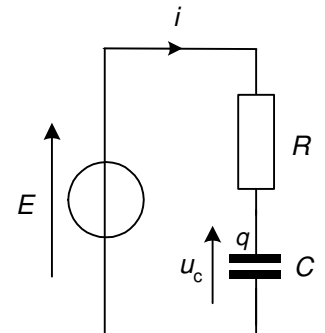


Figure 3

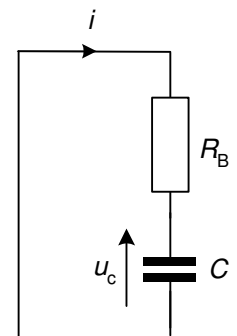


Figure 4

3.4. Dès que la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur atteint une autre valeur de référence $U_{\min} = \frac{1}{3}E$, le reste de l'horloge change d'état et impose un nouveau cycle de charge du condensateur puis de décharge, etc. La durée de charge du condensateur, entre U_{\min} et U_{\max} , est notée T_1 et celle de la décharge, jusqu'à U_{\min} , notée T_2 .

Sachant que les durées de charge et de décharge sont proportionnelles aux constantes de temps du circuit, expliquer, sans calcul, pourquoi la valeur de T_1 est supérieure à celle de T_2 .

3.5. Compléter, sur **LA FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, l'allure générale de l'évolution au cours du temps de la tension $u_C(t)$ lors des différentes phases de charge et de décharge.

EXERCICE II. LANCEMENT D'UN SATELLITE MÉTÉOROLOGIQUE (5,5 points)

Le centre spatial de Kourou a lancé le 21 décembre 2005, avec une fusée Ariane 5, un satellite de météorologie de seconde génération baptisé MSG-2. Tout comme ses prédécesseurs, il est placé sur une orbite géostationnaire à 36000 km d'altitude. Opérationnel depuis juillet 2006, il porte maintenant le nom de Météosat 9.

Les satellites de seconde génération sont actuellement les plus performants au monde dans le domaine de l'imagerie météorologique. Ils assureront jusqu'en 2018 la fourniture de données météorologiques, climatiques et environnementales.

D'après plusieurs sites Internet.

L'objectif de cet exercice est d'étudier plusieurs étapes de la mise en orbite de ce satellite.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.

Certaines aides au calcul peuvent comporter des résultats ne correspondant pas au calcul à effectuer.

Partie 1. Décollage de la fusée Ariane 5

Pour ce lancement, la fusée Ariane 5 a une masse totale M . Sa propulsion est assurée par un

ensemble de dispositifs fournissant une force de poussée verticale constante \vec{F} . Tout au long du décollage, on admet que la valeur du champ de pesanteur g est également constante. On étudie le mouvement du système { fusée } dans le référentiel terrestre supposé galiléen et on choisit un repère (O, \vec{j}) dans lequel \vec{j} est un vecteur unitaire vertical dirigé vers le haut et porté par l'axe Oy.

À l'instant $t_0 = 0$ s, Ariane 5 est immobile et son centre d'inertie G est confondu avec l'origine O .

On utilise les notations :

a valeur de l'accélération du centre d'inertie de la fusée, avec $\vec{a} = a_y \vec{j} = a \vec{j}$

v valeur de la vitesse de son centre d'inertie, avec $\vec{v} = v_y \vec{j} = v \vec{j}$

y valeur de la position de son centre d'inertie, avec $\vec{OG} = y \vec{j}$

Données :

Masse totale de la fusée $M = 7,3 \times 10^5$ kg

Force de poussée $F = 1,16 \times 10^7$ N

Intensité de pesanteur $g = 10$ m.s⁻²

1.1. Cas idéal

Dans ce cas, on supposera que seuls le poids \vec{P} et la force de poussée \vec{F} agissent sur la fusée. Pendant la durée de fonctionnement, on admettra que la masse de la fusée reste constante.

1.1.1. Sans faire de calcul, représenter ces forces sur un schéma pendant le décollage.

1.1.2. En appliquant une loi de Newton au système { fusée }, trouver l'expression littérale de la valeur a de l'accélération dès que la fusée a quitté le sol.

1.1.3. Calculer la valeur de cette accélération a .

1.1.4. Pendant le lancement, on suppose que la valeur de l'accélération reste constante.

Déterminer l'équation horaire de la valeur $v(t)$ de la vitesse.

1.1.5. En déduire l'équation horaire de la valeur $y(t)$ de la position.

1.1.6. La trajectoire ascensionnelle de la fusée reste verticale jusqu'à la date $t_1 = 6,0$ s.

Quelle distance la fusée a-t-elle parcourue depuis son décollage ?

Aide au calcul	
$1,16 \times 7,3 \approx 8,5$	
$\frac{1,16}{7,3} \approx 1,6 \times 10^{-1}$	$\frac{7,3}{1,16} \approx 6,3$

1.2. Cas réel

Au cours de ce lancement, Ariane 5 a en fait parcouru un peu moins de 90 m pendant les 6 premières secondes.

Citer un phénomène permettant d'interpréter cette donnée.

Dans la suite de l'exercice, on suppose que la Terre est une sphère de centre T , de masse M_T , de rayon R_T et qu'elle présente une répartition de masse à symétrie sphérique. On assimile par ailleurs le satellite à son centre d'inertie S . L'étude de son mouvement se fait dans un référentiel géocentrique supposé galiléen.

Données :

Masse de la Terre : $M_T = 6,0 \times 10^{24}$ kg

Rayon de la Terre : $R_T = 6,4 \times 10^3$ km

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ kg⁻¹ . m³ . s⁻²

Partie 2. Mise en orbite basse du satellite

La mise en orbite complète du satellite MSG-2 de masse $m = 2,0 \times 10^3$ kg s'accomplit en deux étapes. Dans un premier temps, il est placé sur une orbite circulaire à vitesse constante v_S à basse altitude $h = 6,0 \times 10^2$ km autour de la Terre et il n'est soumis qu'à la force gravitationnelle exercée par la Terre.

On choisit un repère (S, \vec{t}, \vec{n}) dans lequel \vec{t} est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement et \vec{n} un vecteur unitaire perpendiculaire à la trajectoire orienté vers le centre de la Terre.

2.1. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre sur le satellite en fonction des données.

2.2. En appliquant une loi de Newton, trouver l'expression du vecteur accélération \vec{a}_S du centre d'inertie du satellite.

2.3. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma, à un instant de date t quelconque, la Terre, le satellite, le repère (S, \vec{t}, \vec{n}) ainsi que le vecteur accélération \vec{a}_S .

2.4. Déterminer l'expression de la vitesse v_S du centre d'inertie du satellite. Vérifier que sa valeur est de l'ordre de $7,6 \times 10^3$ m.s⁻¹ sur son orbite basse.

Aide au calcul			
$1,24 \times 6,1 \approx 7,6$	$6,67 \times 6,0 \approx 4,0 \times 10^1$	$\sqrt{\frac{6,0}{4,0}} \approx 1,2$	$\sqrt{\frac{4,0}{7,0}} \approx 7,6 \times 10^{-1}$

2.5. On note T le temps mis par le satellite pour faire un tour autour de la Terre.

Comment appelle t-on cette grandeur ? Montrer qu'elle vérifie la relation $T^2 = \frac{4\pi^2 (R_T + h)^3}{G.M_T}$.

Partie 3. Transfert du satellite en orbite géostationnaire

Une fois le satellite MSG-2 placé sur son orbite circulaire basse, on le fait passer sur une orbite géostationnaire à l'altitude $h' = 3,6 \times 10^4$ km. Ce transit s'opère sur une orbite de transfert qui est elliptique. Le schéma de principe est représenté sur la figure 6 page 7.

Le périhélie P est sur l'orbite circulaire basse et l'apogée A est sur l'orbite définitive géostationnaire. À un moment convenu, lorsque le satellite est au point P de son orbite circulaire basse, on augmente sa vitesse de façon bien précise : il décrit ainsi une orbite elliptique de transfert afin que l'apogée A de l'ellipse soit sur l'orbite géostationnaire définitive. On utilise pour cela un petit réacteur qui émet en P , pendant un très court instant, un jet de gaz donnant au satellite l'impulsion nécessaire.

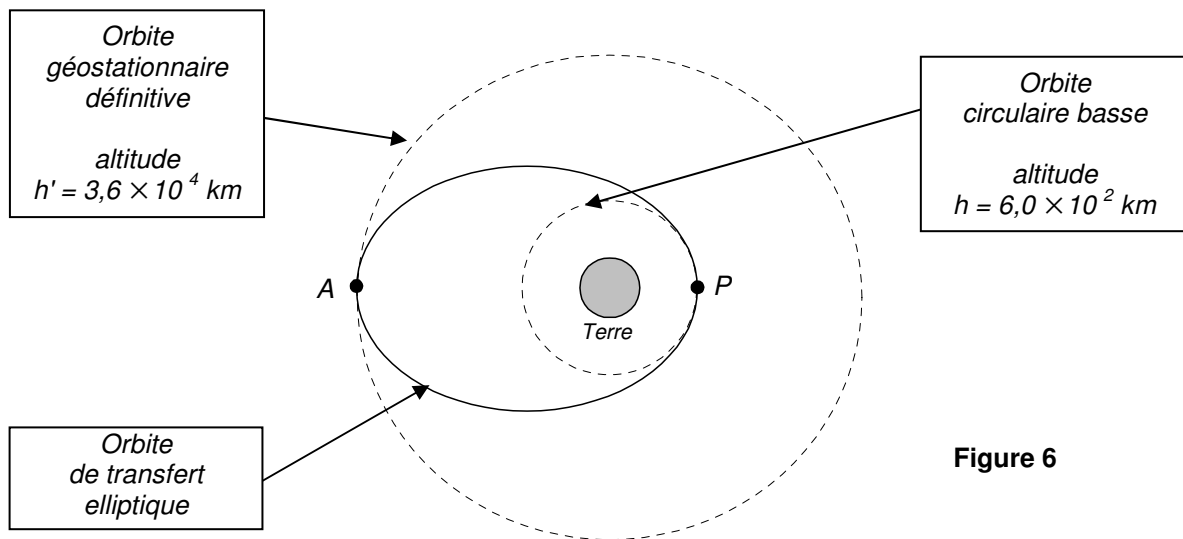


Figure 6

3.1. Énoncer la deuxième loi de Kepler, ou "loi des aires".

3.2. Montrer, en s'aidant éventuellement d'un schéma, que la vitesse du satellite MSG-2 n'est pas constante sur son orbite de transfert. Préciser en quels points de son orbite de transfert sa vitesse est :

- maximale ;
- minimale.

3.3. Exprimer la distance AP en fonction de R_T , h et h' . Montrer que $AP = 4,9 \times 10^7 \text{ m}$.

3.4. Dans le cas de cette orbite elliptique, la durée de révolution pour faire un tour complet de l'orbite vaut $T' = 10\text{h } 42\text{min}$.

Déterminer la durée minimale Δt du transfert du satellite MSG-2 du point P de son orbite basse au point A de son orbite géostationnaire définitive.

3.5. Le satellite étant arrivé au point A, on augmente à nouveau sa vitesse pour qu'il décrive ensuite son orbite géostationnaire définitive. Le lancement complet du satellite est alors achevé et le processus permettant de le rendre opérationnel peut débuter.

Expliquer pourquoi il est judicieux de lancer les satellites géostationnaires d'un lieu proche de l'équateur comme Kourou en Guyane.

EXERCICE III. SIROP DE MENTHE (4 points)

Sur l'étiquette d'une bouteille de sirop de menthe, on peut lire les indications suivantes :

Sucre, eau, sirop de glucose-fructose, arôme naturel de menthe, colorants : E102- E131.

L'objectif de cet exercice est d'étudier une méthode d'extraction d'un arôme naturel de menthe puis d'analyser les colorants contenus de ce sirop.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Extraction de l'arôme naturel de menthe

L'arôme naturel de menthe est principalement dû à deux molécules : le menthol et la menthone que l'on trouve dans l'huile essentielle de menthe. Cette dernière est extraite à partir des feuilles de menthe.

On donne quelques caractéristiques physiques :

	Huile essentielle de menthe	Dichlorométhane	Eau salée saturée
Densité par rapport à l'eau	0,9	1,3	1,1
Solubilité dans l'eau	faible	quasi nulle	-
Solubilité dans l'eau salée	très faible	quasi nulle	-
Solubilité dans le dichlorométhane	importante	-	quasi nulle

	menthol	dichlorométhane	menthone
Température d'ébullition	212 °C	40 °C	207 °C

1.1. Pour extraire l'arôme naturel de menthe au laboratoire, on utilise le montage schématisé ci-dessous (figure 7).

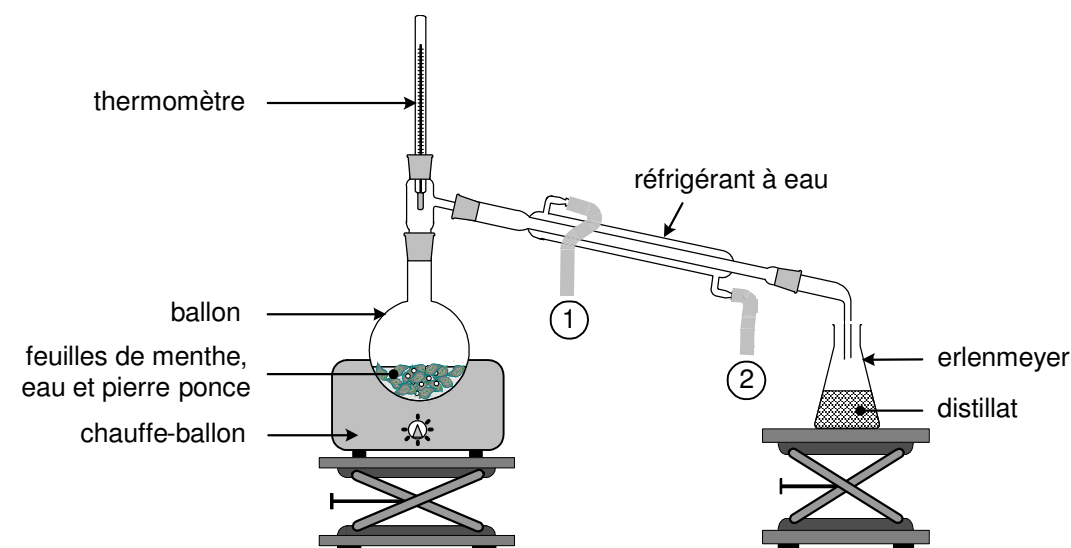


Figure 7

1.1.1. Quel est le nom du procédé d'extraction correspondant à ce montage ?

1.1.2. Sur la figure 7, la légende ① correspond-elle à l'entrée ou à la sortie de l'eau ? Préciser le rôle du réfrigérant.

1.2. Le distillat obtenu est trouble car il contient deux phases mal séparées : l'huile essentielle de menthe et l'eau. Afin de faciliter leur séparation, on ajoute une solution aqueuse saturée de chlorure de sodium dans le distillat recueilli. On place ensuite le contenu de l'erenmeyer dans une ampoule à décanter. On verse du dichlorométhane dans l'ampoule puis après agitation et décantation, on recueille la phase organique. On ajoute du sulfate de magnésium anhydre à la phase organique afin de la sécher. Après filtration, on procède à l'évaporation du solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif afin d'isoler l'huile essentielle de menthe.

1.2.1. À l'aide du tableau des caractéristiques physiques, justifier l'ajout de chlorure de sodium dans le distillat.

1.2.2. Citer deux raisons qui justifient le choix du dichlorométhane comme solvant extracteur.

1.2.3. Faire un schéma de l'ampoule à décanter en indiquant la position des phases aqueuse et organique obtenues. Justifier.

2. Analyses qualitative et quantitative des colorants contenus dans le sirop

2.1. Chromatographie des colorants

On ne peut pas réaliser directement la chromatographie du sirop de menthe à cause de la présence des sucres. On procède alors en deux étapes.

Étape 1 : extraction des colorants.

Des brins de laine écrue (c'est-à-dire non teintée) sont trempés dans une solution d'ammoniac pendant quelques minutes puis ils sont rincés et séchés. Ils sont ensuite placés dans un bécher contenant du sirop de menthe. Les colorants contenus dans le sirop se fixent, à chaud et en présence d'acide éthanoïque, sur les brins de laine. Après rinçage et essorage, les brins de laine teints en vert sont placés dans une solution d'ammoniac où ils se décolorent. La solution verte obtenue est portée à ébullition afin de la concentrer par évaporation d'eau. Cette solution est ensuite analysée par chromatographie.

Étape 2 : chromatographie.

Sur un papier filtre, on réalise les trois dépôts suivants :

- colorant alimentaire E102 (tartrazine)
- colorant alimentaire E131 (bleu patenté V)
- solution verte obtenue S

L'éluant utilisé est une solution de chlorure de sodium de concentration égale à 20 g.L^{-1} .

Le chromatogramme obtenu est schématisé ci-contre (figure 8).

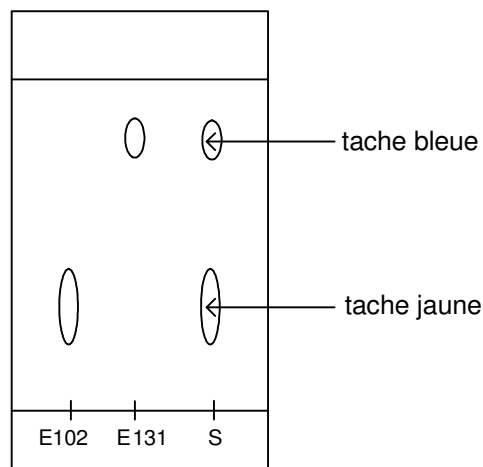


Figure 8

Données :

	E102	E131
Solubilité dans une solution de chlorure de sodium	faible	importante

2.1.1. Une révélation du chromatogramme est-elle nécessaire ? Pourquoi ?

2.1.2. Le chromatogramme est-il en accord avec les indications portées sur la bouteille de sirop ? Justifier la réponse.

2.1.3. À partir des données, proposer une interprétation de la disposition relative des taches sur le chromatogramme.

2.2. Détermination de la concentration de chaque colorant dans le sirop par spectrophotométrie

Pour déterminer la concentration en colorant jaune et en colorant bleu dans le sirop, on réalise les expériences suivantes à partir du sirop de menthe dilué dix fois, d'une solution de tartrazine à $2,00 \times 10^{-2} \text{ g.L}^{-1}$ et d'une solution de bleu patenté V à $1,00 \times 10^{-2} \text{ g.L}^{-1}$.

À l'aide d'un spectrophotomètre, on obtient les courbes donnant l'absorbance A en fonction de la longueur d'onde λ pour les trois solutions. Les courbes obtenues pour les colorants sont représentées sur la figure 9 ci-dessous et celle obtenue pour le sirop de menthe dilué est représentée sur la figure 10 DE L'ANNEXE PAGE 12.

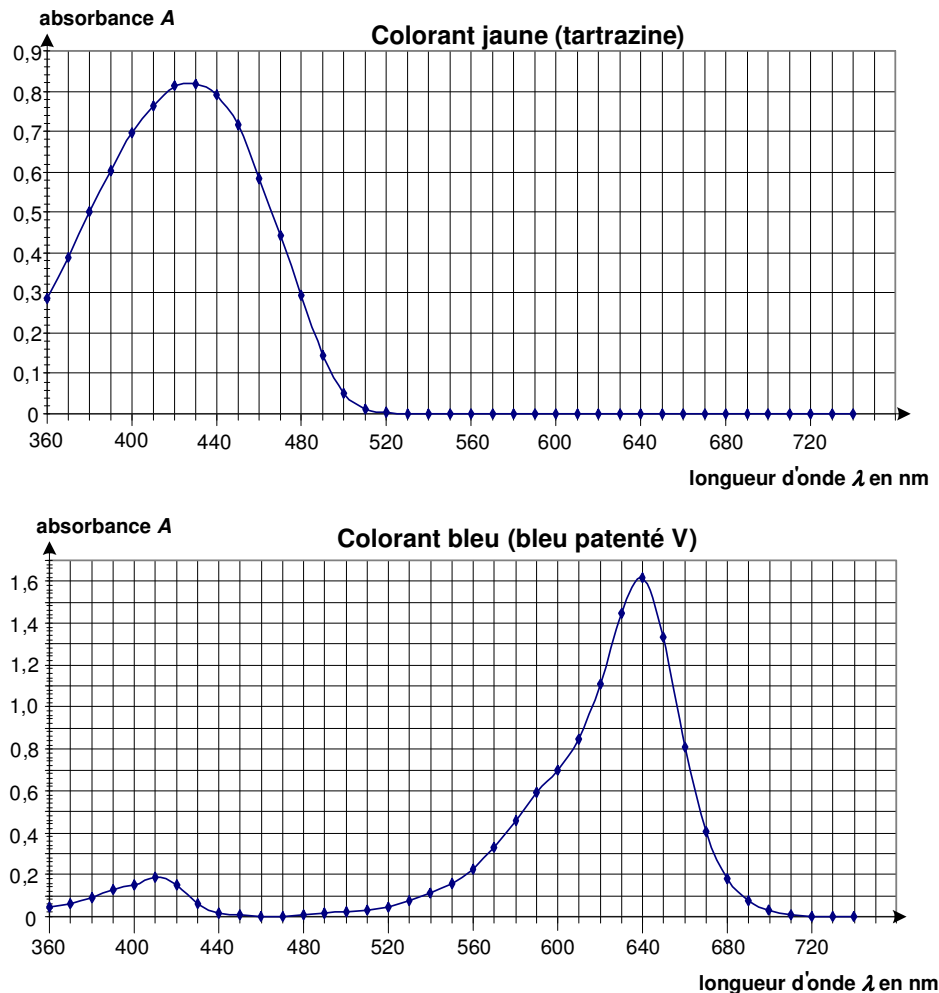


Figure 9

On réalise ensuite une échelle de teintes à partir des solutions de colorants. On mesure l'absorbance de chaque solution à l'aide du spectrophotomètre en se plaçant à la longueur d'onde $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$ pour la tartrazine et à la longueur d'onde $\lambda_2 = 640 \text{ nm}$ pour le bleu patenté V.

On obtient (figure 11 DE L'ANNEXE PAGE 12) les graphiques $A = f(c)$ pour chaque colorant alimentaire, c étant exprimée en mg.L^{-1}

2.2.1. Pourquoi choisit-on de se placer à la longueur d'onde $\lambda = 450 \text{ nm}$ plutôt que 420 nm pour réaliser le dosage par étalonnage de la tartrazine dans le mélange?

2.2.2. À partir des figures 10 et 11, déterminer graphiquement la concentration massique en colorants jaune et bleu dans le sirop dilué. On fera apparaître clairement les constructions sur les figures 10 et 11 DE L'ANNEXE PAGE 12.

2.2.3. En déduire les concentrations massiques en colorant tartrazine c_{mT} et en colorant bleu patenté c_{mB} dans le sirop.

Question 3.5.

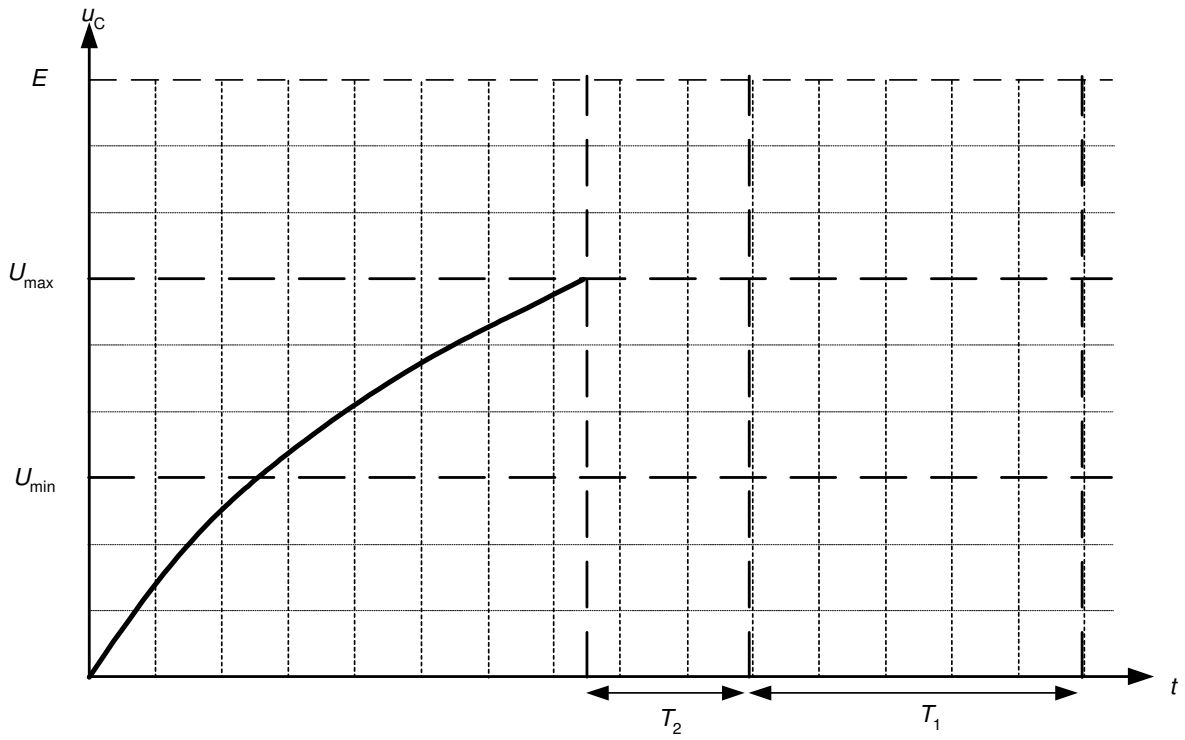


Figure 5

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE EXERCICE III

Question 2.2.2.

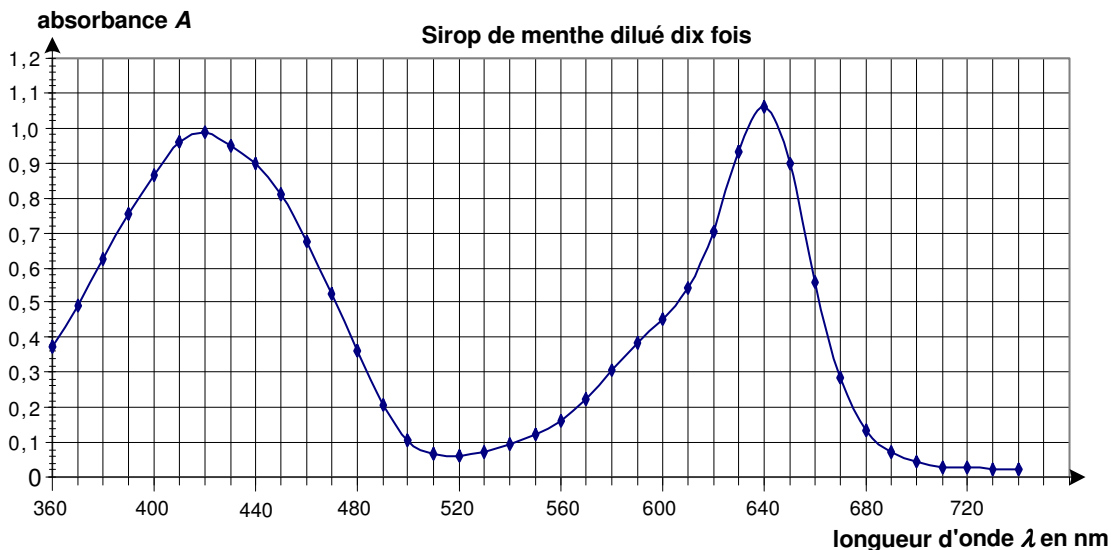


Figure 10

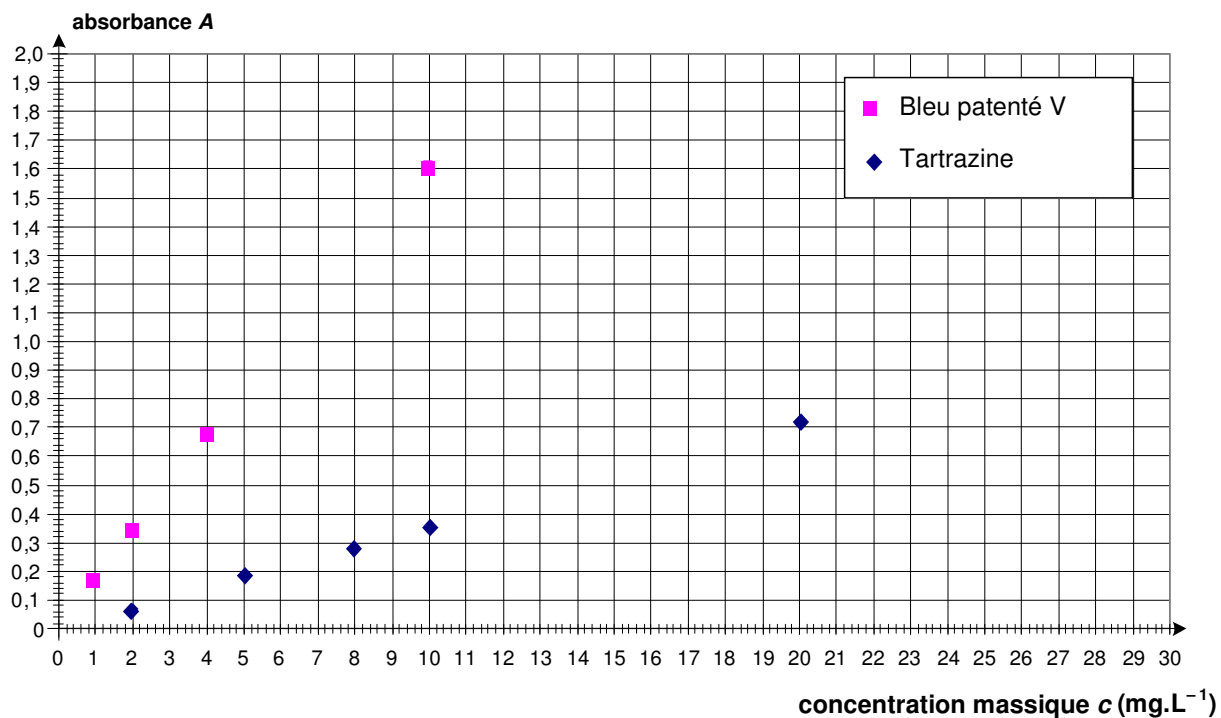


Figure 11

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (SPÉCIALITÉ)

- I. Exercice I Piles et appareils nomades (6,5 points)
- II. Exercice II Lancement d'un satellite météorologique (5,5 points)
- III. Exercice III (Spécialité) Sirop de menthe (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, **il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires** (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

Sur la copie, le correcteur porte la note sur 16 arrondie au demi-point.

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

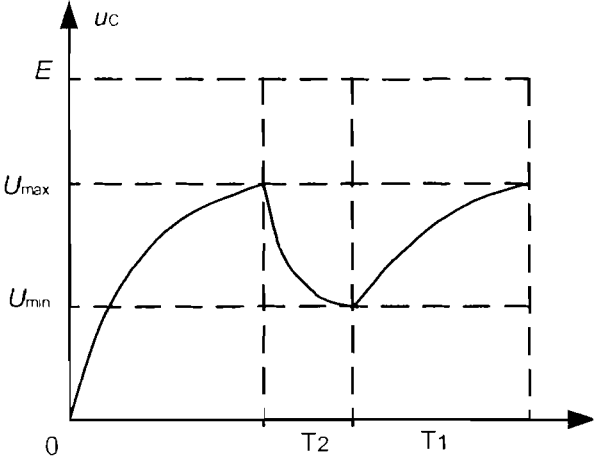
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices **est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.**

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. PILES ET APPAREILS NOMADES (6,5 points)


Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses attendues	Barème	Commentaires
1. Principe d'une pile à hydrogène			
1.1.	$H_2(g) = 2H^+(aq) + 2e^-$	0,25	
1.2.	Dans le circuit extérieur, le courant électrique circule de l'électrode 2 vers l'électrode 1 car les électrons sont issus de l'anode et vont vers la cathode.	0,25	Accepter un schéma. Accepter anode et cathode
1.3.	C'est le dihydrogène $H_2(g)$ qui est le réactif limitant car on peut apporter autant de dioxygène que l'on veut de l'air ambiant.	0,25	Accepter toute autre formulation correcte.
1.4.	D'après la demi-équation, on a $n(e^-) = 2n_i(H_2)$	0,25	
1.5.	On a $I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{n(e^-) \cdot N_A \cdot e}{\Delta t} = \frac{2n_i(H_2) \cdot N_A \cdot e}{\Delta t}$ d'où $n_i(H_2) = \frac{I \cdot \Delta t}{2N_A \cdot e}$	0,5	
1.6.1	$V(H_2) = V_m \times n_i(H_2)$ A.N : $V(H_2) = 1,8 \times 10^4 \text{ L.}$	0,5	
1.6.2	Cela correspond à un encombrement de 18 m^3 ! Ce gaz ne peut pas être stocké dans les conditions usuelles de température et de pression pour une utilisation courante de pile.	0,25	
2. Prototype de pile miniature			
2.1.	Il s'agit d'une désintégration β^-	0,25	
2.2.	${}^{63}_{28}\text{Ni} = {}^{63}_{29}\text{Cu} + {}^0_{-1}e^-$	0,25	
2.3.			
2.3.1	$N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$	0,25	
2.3.2.	La demi-vie est la durée au bout de laquelle, en moyenne la moitié des noyaux se sont désintégrés.	0,25	
2.3.3.	$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 \exp(-\lambda t_{1/2})$ soit $\frac{1}{2} = \exp(-\lambda t_{1/2})$ et $\ln \frac{1}{2} = -\lambda t_{1/2}$ $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$	0,5	
2.3.4.	$t_{1/2} = \frac{6,9 \times 10^{-1}}{6,9 \times 10^{-3}} = 1,0 \times 10^2 \text{ années}$	0,25	
2.3.5.	Comme $t_{1/2}$ est supérieur à 10 années, la pile peut fonctionner plusieurs dizaines d'années.	0,25	Accepter toute réponse juste et cohérente.
3. Principe d'une horloge d'un appareil nomade			
3.1.	$i = \frac{dq}{dt}$; $i = C \frac{du_C}{dt}$	0,5	
3.2.	Loi d'additivité des tensions : $E = Ri + u_C = R \frac{dq}{dt} + u_C$. Comme $q = Cu_C$ on a alors $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$	0,5	Accepter $(R_A + R_B)$ à la place de R

3.3.	Loi d'additivité des tensions : $0 = R_B i + u_C = R_B \frac{dq}{dt} + u_C$. Comme $u_C = \frac{q}{C}$ on a alors $R_B C \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$	0,5	
3.4.	La durée de charge est proportionnelle à RC. La durée de décharge est proportionnelle à $R_B C$. $T_1 > T_2$ car $R > R_B$	0,25	
3.5.		0,5	<i>0,25 pour la partie décroissante</i> <i>0,25 pour la partie croissante.</i>

EXERCICE II. LANCEMENT D'UN SATELLITE MÉTÉOROLOGIQUE (5,5 points)

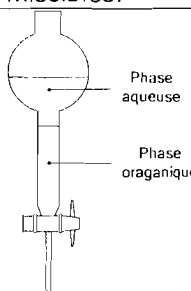
Remarque générale : retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Questions	Réponses attendues	Barème	Commentaire
1. Décollage de la fusée Ariane 5			
1.1.1.		0,25	$F > P$ obligatoire
1.1.2.	<p>2ème loi de Newton : $\sum \vec{F}_{EXT} = M \cdot \vec{a}$ soit $\vec{F} + \vec{P} = M \cdot \vec{a}$</p> <p>Selon (O, \vec{j}), $F - P = M \cdot a$ soit $F - M \cdot g = M \cdot a$</p> <p>Finalement, $a = \frac{F}{M} - g$.</p>	0,25	
1.1.3.	$a = \frac{1,16 \times 10^7}{7,3 \times 10^5} - 10 = 1,6 \times 10^{-1} \times 10^2 - 10$ $a = 1,6 \times 10^1 - 10 = 6,0 \text{ m.s}^{-2}$	0,25	
1.1.4.	<p>Selon (O, \vec{j}), $a = \frac{dv}{dt}$, on cherche une primitive de a pour trouver $v(t)$, soit $v(t) = a \cdot t + v_0$.</p> <p>Or à $t = 0$, $v_0 = 0$.</p> <p>Finalement, $v(t) = a \cdot t$.</p>	0,25	<i>Accepter $v(t) = 6t$</i>
1.1.5.	<p>Selon (O, \vec{j}), $v = \frac{dy}{dt}$, on cherche une primitive de v pour trouver $y(t)$, soit $y(t) = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + y_0$.</p> <p>Or à $t = 0$, $y_0 = 0$.</p> <p>Finalement, $y(t) = \frac{1}{2} a \cdot t^2$.</p>	0,25	<i>Accepter $y(t) = 3t^2$</i>
1.1.6.	<p>Pour $t_1 = 6,0s$, la distance parcourue est donc</p> $y = \frac{1}{2} \times 6,0 \times 6,0^2 = 3,0 \times 36 = 1,1 \times 10^2 \text{ m}$	0,25	
1.2.	Il existe une force de frottement qui s'oppose au déplacement de la fusée.	0,25	<i>Toute réponse cohérente est acceptée</i>
2. Mise en orbite basse du satellite			
2.1.	$\vec{F}_{T/S} = \frac{G \cdot M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \vec{n}$	0,25	<i>On accepte toute formule correcte avec un autre vecteur unitaire bien défini par l'élève</i>
2.2.	<p>2ème loi de Newton : $\sum \vec{F}_{EXT} = m \cdot \vec{a}_S$ soit $\vec{F}_{T/S} = m \cdot \vec{a}_S$</p> $\frac{G \cdot M_T \cdot m}{(R_T + h)^2} \vec{n} = m \cdot \vec{a}_S$ <p>Finalement, $\vec{a}_S = \frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \vec{n}$</p>	0,25 0,25	<i>On accepte toute formule correcte avec un autre vecteur unitaire bien défini par l'élève</i>

2.3.		0,25	
2.4.	<p>D'après 2.3., $\vec{a}_S = \frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \vec{n}$.</p> <p>Or par définition, selon \vec{n}, $a_S = \frac{v_S^2}{(R_T + h)}$.</p> <p>Donc $\frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2} = \frac{v_S^2}{(R_T + h)}$</p> <p>Finalement, $v_S = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)}}$.</p> <p>$v_S = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 6,0 \times 10^{24}}{(6,4 + 6,0) \times 10^6}} = \sqrt{\frac{6,67 \times 6,0 \times 10^{13}}{7 \times 10^6}}$</p> <p>$v_S = \sqrt{\frac{4 \times 10^8}{7}} = \sqrt{\frac{4}{7}} \times 10^4 = 7,6 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$</p>	0,25	0,25
2.5.	<p>T est la période de révolution du satellite</p> <p>$v_S = \frac{2\pi(R_T + h)}{T}$, soit $T = \frac{2\pi(R_T + h)}{v_S}$</p> <p>$T = \frac{2\pi(R_T + h)}{\sqrt{\frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)}}}$. Finalement, $T^2 = \frac{4\pi^2(R_T + h)^3}{G \cdot M_T}$</p>	0,25	
3. Mise en orbite basse du satellite			
3.1.	Loi des aires : Sur une trajectoire elliptique, les aires balayées par le segment reliant le satellite à la Terre sont égales pendant des durées égales.	0,25	
3.2.	<p>Les deux aires hachurées étant égales, le satellite parcourt deux distances d_1 et d_2 différentes pendant la même durée : sa vitesse n'est donc pas constante. Elle est maximale au périégée P ($d_2 > d_1$) et minimale à l'apogée A.</p>	0,25	0,25
3.3.	<p>$AP = h' + 2R_T + h$</p> <p>$AP = 3,6 \times 10^4 + 2 \times 6,4 \times 10^3 + 6,0 \times 10^2 = 4,9 \times 10^7 \text{ m}$</p>	0,25	0,25
3.4.	La durée minimale Δt du transfert correspond en fait à une demi période de révolution T' , soit $\Delta t = \frac{T'}{2} = 5\text{h}21\text{min}$.	0,25	
3.5.	La trajectoire d'un satellite géostationnaire doit se trouver dans le plan équatorial pour que la force de gravitation appartienne au plan de la trajectoire nécessairement perpendiculaire à l'axe des pôles. La base de lancement de Kourou est la plus proche de l'équateur.	0,25	On accepte toute réponse cohérente

EXERCICE III. (Spécialité) SIROP DE MENTHE (4 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues		Barème	Commentaires
1. Extraction de l'arôme naturel de menthe			
1.1.1.	Hydrodistillation	0,25	
1.1.2.	Le ① correspond à la sortie d'eau. Le réfrigérant à eau permet de liquéfier (ou condenser) les vapeurs en les refroidissant.	0,25	<i>Tout ou rien</i>
1.2.1.	L'huile essentielle de menthe étant moins soluble dans l'eau salée que dans l'eau, le fait d'ajouter du chlorure de sodium dans le distillat va favoriser la séparation des deux phases.	0,25 0,25	
1.2.2.	L'huile essentielle de menthe est très soluble dans le dichlorométhane. L'eau et le dichlorométhane ne sont pas miscibles.	0,5	
1.2.3.	 <p>La phase organique contient l'huile essentielle soluble dans le dichlorométhane. La densité du dichlorométhane est supérieure à celle de l'eau salée donc la phase organique est située en dessous.</p>	0,5	<i>0,25 : ampoule et robinet</i> <i>0,25 : position des 2 phases avec justification</i>
2. Analyse des colorants contenus dans le sirop			
2.1.1.	Une révélation n'est pas nécessaire puisque les espèces sont colorées.	0,25	
2.1.2.	Le chromatogramme obtenu est bien en accord avec l'étiquette du sirop ; seuls les colorants E102 et E131 sont présents dans le sirop : les deux taches issues de la solution verte ont la même hauteur que celle des colorants E102 et E131.	0,25 0,25	
2.1.3.	Interprétation possible : plus une espèce est soluble dans l'éluant plus sa hauteur de migration est grande.	0,25	
2.2.1.	On devrait se placer au maximum d'absorption soit 425 nm pour le colorant jaune mais à cette longueur d'onde le colorant bleu absorbe aussi donc on choisit 450 nm où seul le colorant jaune absorbe.	0,25	
2.2.2.	<p>Bleu patenté V : $6,5 \text{ mg.L}^{-1}$</p> <p>Tartrazine : $22,5 \text{ mg.L}^{-1}$</p>	0,5	<i>0,25 pour les valeurs des concentrations</i> <i>Accepter entre 6,2 et 6,6 mg.L^{-1}</i> <i>Accepter entre 22 et 23 mg.L^{-1}</i> <i>0,25 pour la construction graphique (droite passant par 0)</i>
2.2.3.	<p>Dans le sirop on a donc une concentration massique 10 fois plus grande :</p> <p>Bleu patenté V : $c_{mB} = 6,5 \times 10^1 \text{ mg.L}^{-1}$</p> <p>Tartrazine : $c_{mT} = 2,25 \times 10^2 \text{ mg.L}^{-1}$</p>	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 9 et 10) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. LE SYNTHOL® (6,5 points)

Médicament créé en 1925 par M. Roger, pharmacien à Orléans, le Synthol® est une solution alcoolisée utilisée en application locale pour calmer les douleurs, décongestionner et désinfecter.

La notice donne la composition du médicament :

Pour 100 g de solution, la composition en substance active est :

Levomenthol.....	0,2600 g
Vératrole.....	0,2600 g
Résorcinol.....	0,0210 g
Acide salicylique.....	0,0105 g

Les autres composants sont l'huile essentielle de géranium, l'huile essentielle de cédrat, le jaune de quinquina (E104).

Toutes les espèces chimiques présentes dans le Synthol® sont solubilisées dans un solvant à base d'éthanol à 96% et d'eau purifiée (titre alcoolique 34,5% en volume).

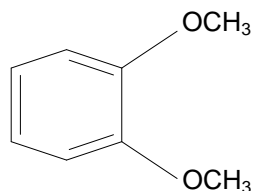
Après une étude de quelques composés du Synthol®, on vérifiera par un dosage la teneur en acide salicylique de la solution commerciale.

Les deux parties sont indépendantes.

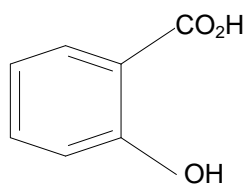
1. Quelques composés du Synthol®

1.1. On veut identifier les formules de l'acide salicylique, du résorcinol et du vératrole qui entrent dans la composition du Synthol®.

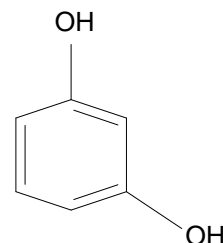
Sachant que l'acide salicylique est un acide carboxylique et que le résorcinol possède deux groupements hydroxyle, identifier les trois molécules en leur attribuant leur numéro.



molécule N°1



molécule N°2



molécule N°3

1.2. Étude de l'acidité d'une solution d'acide salicylique

On note AH la molécule d'acide salicylique. On introduit une quantité de matière $n_0 = 7,20 \times 10^{-4}$ mol de l'acide AH dans un volume $V_0 = 100,0$ mL d'eau distillée de façon à obtenir une solution de concentration c_0 .

Après agitation la valeur du pH mesuré est 2,6.

- 1.2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide avec l'eau.
- 1.2.2. Construire le tableau descriptif de l'évolution du système et le compléter en utilisant des expressions littérales.
- 1.2.3. Donner la relation entre l'avancement à l'équilibre $x_{\text{éq}}$, V_0 et le pH de la solution.
- 1.2.4. Pour la solution préparée, calculer l'avancement à l'équilibre $x_{\text{éq}}$.
- 1.2.5. Définir le taux d'avancement à l'équilibre. Calculer sa valeur. La transformation est-elle totale ?

2. Dosage de l'acide salicylique dans le Synthol®

Données :

Formule brute de l'acide salicylique : $C_7H_6O_3$

Masse molaire de l'acide salicylique : $M_A = 138 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse volumique de la solution pharmaceutique : $\rho = 0,950 \text{ g.mL}^{-1}$

On admet que l'acide salicylique est le seul composé acide dans la solution pharmaceutique.

2.1. Calcul de la concentration de l'acide salicylique dans la solution pharmaceutique.

À l'aide des informations fournies sur la notice et des données ci-dessus, calculer la quantité de matière d'acide salicylique contenu dans un volume $V_A = 100,0 \text{ mL}$ de Synthol®.

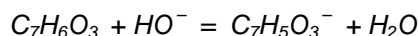
Vérifier que sa concentration est $c_A = 7,23 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

2.2. Préparation du dosage

Pour vérifier cette valeur, on souhaite effectuer un dosage acido-basique avec une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$). Le volume de Synthol® dosé est $V_A = 100,0 \text{ mL}$.

On admet que les calculs de concentration se conduisent pour la solution pharmaceutique de la même manière qu'en solution aqueuse.

On écrit l'équation de la réaction support du dosage de la manière suivante :



2.2.1. Après avoir donné la définition de l'équivalence, écrire la relation entre la quantité de matière d'acide salicylique $n_i(C_7H_6O_3)$ et la quantité de matière d'ions hydroxyde $n(\text{HO}^-)$, qui permet d'atteindre cette équivalence. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

2.2.2. On souhaite obtenir un volume équivalent V_{BE} compris entre $5,0 \text{ mL}$ et $20,0 \text{ mL}$.

Donner un encadrement de la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium à utiliser.

2.2.3. Au laboratoire on ne dispose que d'une solution S_0 d'hydroxyde de sodium de concentration $c_0 = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

En justifiant, décrire le protocole pour fabriquer à partir de S_0 , un volume de $50,0 \text{ mL}$ d'une solution de concentration $c_B = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On précisera la verrerie utilisée.

2.3. Choix du type de dosage

2.3.1. Dosage colorimétrique

a. Grâce à un logiciel de simulation, on détermine que le pH à l'équivalence lors du dosage est d'environ 7.

Choisir, en le justifiant, l'indicateur coloré approprié pour le dosage, dans la liste ci-dessous.

Nom de l'indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
hélianthine	rouge	3,1 – 4,4	jaune
bleu de bromothymol	jaune	6,0 – 7,6	bleu
phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10,0	rose

b. Quel composé, entrant dans la composition du Synthol®, peut empêcher de bien observer le changement de couleur de l'indicateur coloré ? Justifier.

2.3.2. Dosage suivi à l'aide d'un pH-mètre

Les électrodes pH-métriques utilisées en terminale sont adaptées uniquement à des mesures en solution aqueuse.

D'après le texte introductif, quelle espèce chimique présente en quantité relativement importante dans le Synthol® ne permet pas de recommander un dosage pH-métrique ?

2.4. Réalisation du dosage conductimétrique

On opte finalement pour un dosage suivi par conductimétrie. On ajoute progressivement au volume V_A de Synthol®, à l'aide d'une burette graduée, une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration $c_B = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On mesure la conductivité et on obtient la courbe **DE LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE EN PAGE 9**. Le volume de solution dosée étant grand devant l'ajout de solution titrante, on peut considérer le volume de solution dans le bécher constant.

Faire un schéma légendé du dispositif de titrage.

2.5. Exploitation de la courbe

On rappelle que la conductivité σ d'une solution s'exprime selon la loi :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$$

où $[X_i]$ représente la concentration d'une espèce ionique en solution et λ_i la conductivité molaire ionique de cette espèce.

2.5.1. Expliquer pourquoi la conductivité augmente après l'équivalence.

2.5.2. Dans les conditions de l'expérience, on observe que les deux portions de courbe (avant et après l'équivalence) ne sont pas rectilignes. Pour déterminer le volume versé à l'équivalence, on utilise alors les tangentes aux portions de courbe dans la zone proche de l'équivalence.

Déterminer graphiquement le volume V_{BE} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

2.5.3. Calculer la concentration en acide salicylique de la solution dosée. Comparer cette valeur à celle trouvée dans la question 2.1.

EXERCICE II. FROTTEMENTS AVEC L'AIR : QU'EN DIT LA NASA ? (5,5 points)

La question 6 est indépendante des précédentes.

Intrigué par la notion de frottement fluide introduite en classe, un élève recherche des informations sur la notion de force de traînée. Sur le site de la NASA, "National Aeronautics and Space Administration", dont l'activité se partage entre domaine spatial et aéronautisme, l'élève trouve :

"La force de traînée sur un avion ou une navette dépend de la densité de l'air, du carré de la vitesse, de la viscosité et de la compressibilité de l'air, de la taille et de la forme de l'objet ainsi que de son inclinaison par rapport à l'écoulement d'air. En général, la dépendance à l'égard de la forme du corps, de l'inclinaison, de la viscosité et de la compressibilité de l'air est très complexe." (d'après www.nasa.gov)

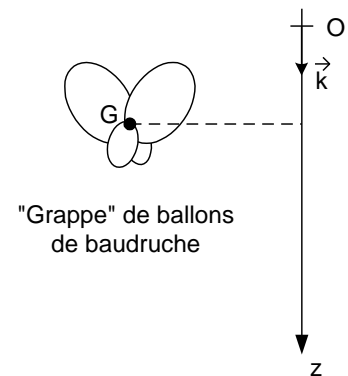
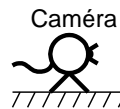
A l'issue de cette recherche, l'élève dégage deux modèles pour rendre compte des frottements exercés par l'air sur les objets.

- modèle 1 : les frottements dépendent, entre autres, de la viscosité de l'air η_{air} et de la valeur v de la vitesse du centre de gravité G du système. On exprime alors la force sous la forme : $\vec{f}_1 = -A\eta_{\text{air}} \cdot v \cdot \vec{k}$ où A est une constante.

- modèle 2 : les frottements dépendent, entre autres, de la masse volumique de l'air ρ_{air} et du carré de v . On écrit alors la force sous la forme : $\vec{f}_2 = -B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2 \cdot \vec{k}$ où B est une constante.

Les constantes A et B sont liées à la forme du corps et à son inclinaison.

Le choix entre ces deux modèles est lié à l'expérience. Son professeur lui conseille de les appliquer à la chute verticale d'une grappe de ballons de baudruche dont il peut lui fournir le film. Il lui donne également les valeurs approchées des constantes A et B .



Un logiciel adapté permet d'obtenir la courbe d'évolution temporelle de la valeur v de la vitesse du centre d'inertie G du système **DE LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 9**.

Le système fourni par l'ensemble des ballons de baudruche, de masse m et de volume total V , est lâché sans vitesse initiale, dans le champ de pesanteur \vec{g} uniforme et vertical.

Toute l'étude de cet exercice est faite dans le référentiel terrestre supposé galiléen, muni d'un repère $(O ; \vec{k})$ dont l'axe Oz vertical est orienté vers le bas. On pose $v_z = v$, valeur de la vitesse du centre d'inertie G du système.

Données pour l'objet étudié :

Valeurs approchées de A et B calculées à partir de la géométrie de l'objet :

$$A \approx 1 \times 10^1 \text{ m}$$

$$B \approx 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

masse du système : $m = 22 \text{ g}$	masse du système : $m = 22 \text{ g}$
valeur du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$	valeur du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$	masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
viscosité dynamique de l'air : $\eta_{\text{air}} = 2 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	viscosité dynamique de l'air : $\eta_{\text{air}} = 2 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

1. Rappeler ce que signifie le caractère uniforme du champ de pesanteur.

2. Le système est soumis à trois forces, son poids \vec{P} , les frottements (\vec{f}_1 ou \vec{f}_2) et la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.

Donner les caractéristiques de la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.

3. Si l'on choisit le modèle 1, montrer que dans le référentiel terrestre (supposé galiléen), la vitesse v vérifie l'équation différentielle :

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - A \cdot \eta_{\text{air}} \cdot v \quad (1)$$

De la même façon, montrer que pour le modèle 2 on obtient l'équation suivante :

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2 \quad (2)$$

4. Accélération initiale

4.1. Dédire des équations différentielles l'expression littérale de a_0 , valeur de l'accélération à la date $t = 0$, en fonction de m , V , g et ρ_{air} . (On pourra prendre indifféremment l'une ou l'autre des deux équations différentielles pour trouver l'expression littérale de a_0).

4.2. Vérifier par une méthode graphique, sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 9**, que la valeur de l'accélération initiale a_0 est de l'ordre de : $a_0 = 6 \text{ m.s}^{-2}$.

4.3. Retrouver cette valeur par un calcul sachant que le volume V du système est de l'ordre de 7 L.

5. Vitesse limite

5.1. Déterminer graphiquement sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 9**, la valeur de la vitesse limite v_{lim} . La construction graphique devra apparaître sur la figure.

5.2. À l'aide de l'équation différentielle, démontrer dans le cas du modèle 1 que l'expression de cette vitesse limite est :

$$v_{\text{lim},1} = \frac{m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right)}{A \cdot \eta_{\text{air}}}$$

On admet également dans le cas du modèle 2 que :

$$v_{\text{lim},2} = \sqrt{\frac{m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right)}{B \cdot \rho_{\text{air}}}} \quad (\text{Ne pas démontrer cette relation})$$

5.3. Calculer la valeur approchée de $v_{\text{lim},1}$ en utilisant les données fournies en début d'énoncé. On rappelle que le volume V du système est de l'ordre de 7 L.

5.4. Sachant que $v_{\text{lim},2} = 2 \text{ m.s}^{-1}$, comparer ces deux vitesses limites avec la valeur v_{lim} trouvée expérimentalement. En déduire lequel des deux modèles est le plus adapté à l'étude réalisée.

6. Force de frottement et énergie : retour de la navette spatiale

Le travail de la force de frottement est dissipé sous forme de chaleur ; le bouclier thermique des navettes spatiales est destiné à les protéger lors de leur entrée dans l'atmosphère.

Pour l'expliquer sur un forum, l'élève a rédigé le texte suivant :

« La navette pèse 70 tonnes ; elle quitte une orbite basse (250 km) autour de la Terre et se déplace à environ 28 000 km/h par rapport à la Terre lorsqu'elle amorce sa descente. Le plus problématique avant l'atterrissage n'est pas de descendre de 250 km, mais de ralentir afin que la vitesse soit d'environ 400 km/h. Pour cela il faut dissiper environ 2 térajoules en 2 000 secondes, soit 1 mégawatt moyen ! Actuellement, cette énergie est dissipée sous forme de chaleur lors du frottement de la Navette avec l'air de l'atmosphère ; l'énergie cinétique de la navette diminue, la navette ralentit et se réchauffe ».

6.1. Citer les noms des formes d'énergie que possède la navette en orbite autour de la Terre.

6.2. Dans la phrase : « ... il faut dissiper 2 térajoules en 2000 secondes, soit 1 mégawatt moyen », donner le nom des deux grandeurs physiques dont les valeurs numériques sont soulignées.

6.3. En ne prenant en compte que la variation de vitesse comme le suggère l'élève, calculer la valeur des deux grandeurs citées dans la question précédente, à partir des données fournies dans le texte. Vos résultats sont-ils en accord avec ceux de l'élève ?

Rappels : 1 térajoule = 1 TJ = 10^{12} J

1 mégawatt = 1 MW = 10^6 W

EXERCICE III. AIRBAG ET CONDENSATEUR, QUEL RAPPORT ? (4 points)

Les technologies développées dans l'industrie microélectronique ont été transposées avec succès pour fabriquer des microsystèmes électromécaniques, c'est-à-dire des systèmes miniaturisés qui intègrent sur une même puce des parties mécaniques (capteurs d'accélération ou de pression, miroirs, micromoteurs) et des circuits électroniques associés.

Un des premiers microsystèmes à avoir été développé est l'accéléromètre. Il est entre autres utilisé pour déclencher le gonflage des airbags des véhicules en cas de choc brutal.

L'accéléromètre est constitué de deux pièces en forme de peignes complémentaires. L'une est fixe et constitue le cadre, l'autre est mobile à l'intérieur de ce cadre, suspendue par une lamelle flexible, sans contact entre les deux parties. L'ensemble constitue un condensateur. En cas de choc brutal du véhicule, la partie mobile se déplace par inertie dans le sens opposé au mouvement, comme le passager d'un bus qui est debout et se trouve projeté en avant quand le bus freine (voir **figure 3**). Ce changement de distance entre le peigne mobile et le cadre modifie la capacité du condensateur. Dès que le circuit intégré détecte ce changement de capacité, il commande le gonflage de l'airbag, avant même que le conducteur et les passagers du véhicule ne soient projetés en avant.



D'après « À la découverte du nanomonde » (www.nanomicro.recherche.gouv.fr)
défis CEA et Internet.

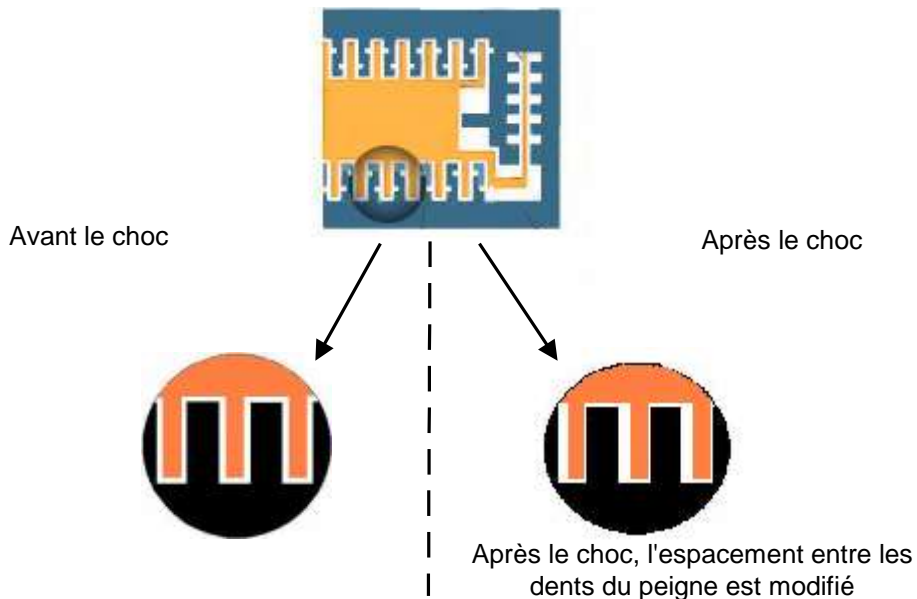


Figure 3 : Fonctionnement de l'accéléromètre et déclenchement d'airbag

Nous allons nous intéresser au principe de fonctionnement de ce dispositif. Le peigne mobile et le cadre constituent un condensateur de capacité C . Il est branché aux bornes d'une pile de résistance interne R et de force électromotrice E . Le circuit est modélisé par le schéma de la **figure 4**.

Données :

$C = 100 \text{ pF}$ ($1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$).

$E = 5,0 \text{ V}$

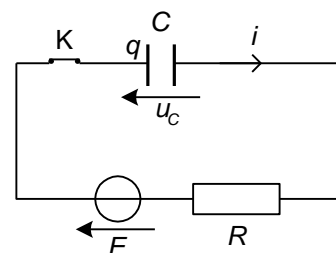


Figure 4

1. Comportement de l'accéléromètre en dehors de chocs

La mise sous tension de l'accéléromètre revient à fermer l'interrupteur K du montage modélisant le dispositif représenté sur la **figure 4**.

Le condensateur est déchargé avant la fermeture de l'interrupteur.

A l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

Les courbes représentant les variations de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en fonction du temps sont données sur la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**.

1.1. Sur cette figure, identifier en justifiant qualitativement la courbe correspondant à la tension et celle correspondant à l'intensité.

1.2. Délimiter de façon approximative et qualifier, sur la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 10** les deux régimes de fonctionnement du circuit.

1.3. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps du dipôle RC.

Comparer cette valeur à la durée d'un choc de l'ordre de 200 ms.

1.4. Donner l'expression littérale de cette constante de temps.

En déduire un ordre de grandeur de la valeur de la résistance R .

1.5. Charge du condensateur.

1.5.1. Déterminer graphiquement sur la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 10** les valeurs de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en régime permanent.

1.5.2. En déduire, en régime permanent, la valeur de la charge q du condensateur définie sur la **figure 4**.

2. Déclenchement de l'airbag

2.1. D'après le texte encadré, comment se nomment les parties de l'accéléromètre correspondant aux armatures mobile et fixe ?

2.2. Le rapprochement des deux armatures provoqué par un choc entraîne une augmentation de la capacité du condensateur (**FIGURE 6 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**). Il s'agit de comprendre les conséquences de cette variation.

En tenant compte du fait que la constante de temps est très faible, on considérera que la valeur de la résistance est nulle.

2.2.1. Parmi les deux propositions suivantes donnant l'expression de la capacité C en fonction de la distance d entre les armatures du condensateur, choisir en justifiant celle qui peut convenir :

$$\text{a) } C = k \cdot d ; \quad \text{b) } C = \frac{k}{d}$$

2.2.2. Donner l'expression de la tension aux bornes du condensateur u_C et de la charge q du condensateur avant le choc, en fonction de E (on pourra s'aider d'un schéma du circuit).

2.2.3. Justifier que la tension aux bornes du condensateur n'est pas modifiée par le choc. En déduire que le choc a pour effet de faire augmenter la charge q du condensateur.

2.3. Sur le schéma de **LA FIGURE 6 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**, indiquer le sens de déplacement des électrons dans le circuit engendré par la variation de charge q du condensateur.

2.4. Donner la relation entre l'intensité i du courant et la charge q du condensateur.

Choisir parmi ces affirmations celle qui convient :

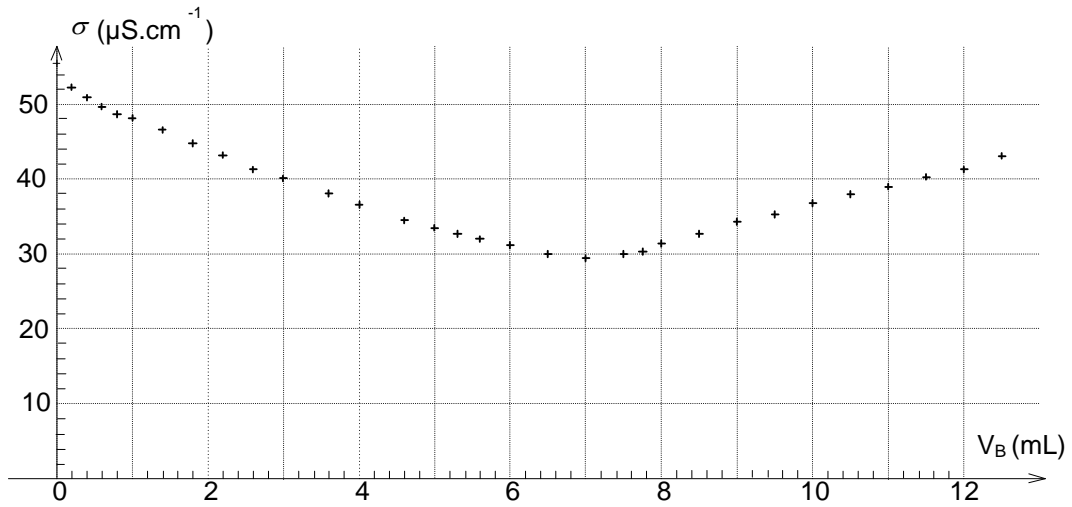
Le déclenchement du gonflage de l'airbag est commandé par la détection d'une variation :

- a) de tension aux bornes du condensateur
- b) d'intensité du courant dans le circuit
- c) de tension aux bornes du générateur.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

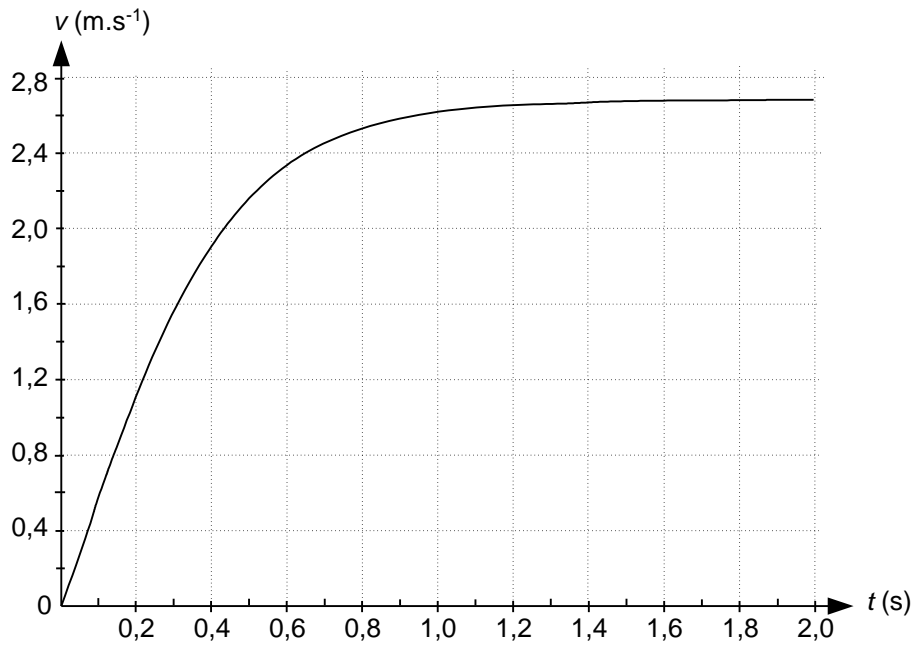
ANNEXE DE L'EXERCICE I

Figure 1 : courbe d'évolution de la conductivité de la solution au cours du dosage



ANNEXE DE L'EXERCICE II

Figure 2 : courbe d'évolution temporelle de la valeur v de la vitesse du centre d'inertie G du système



ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Figure 5 : courbes d'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant

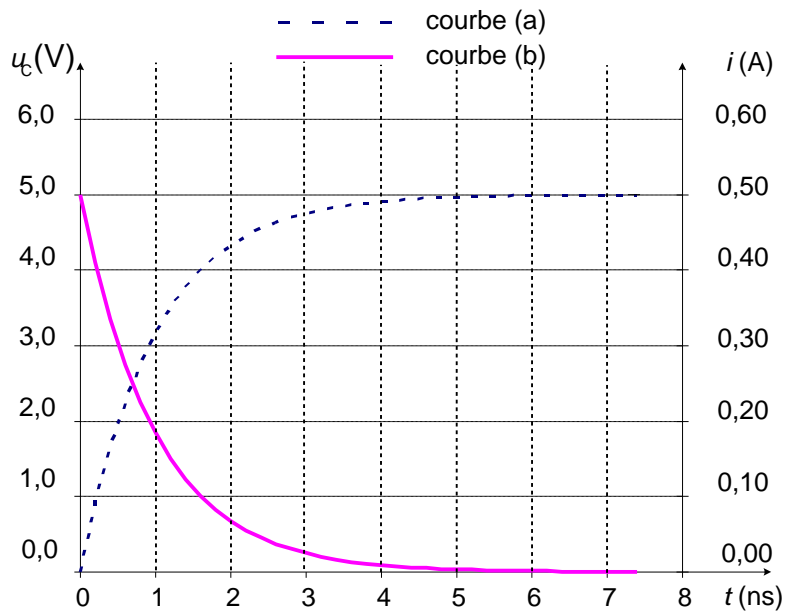
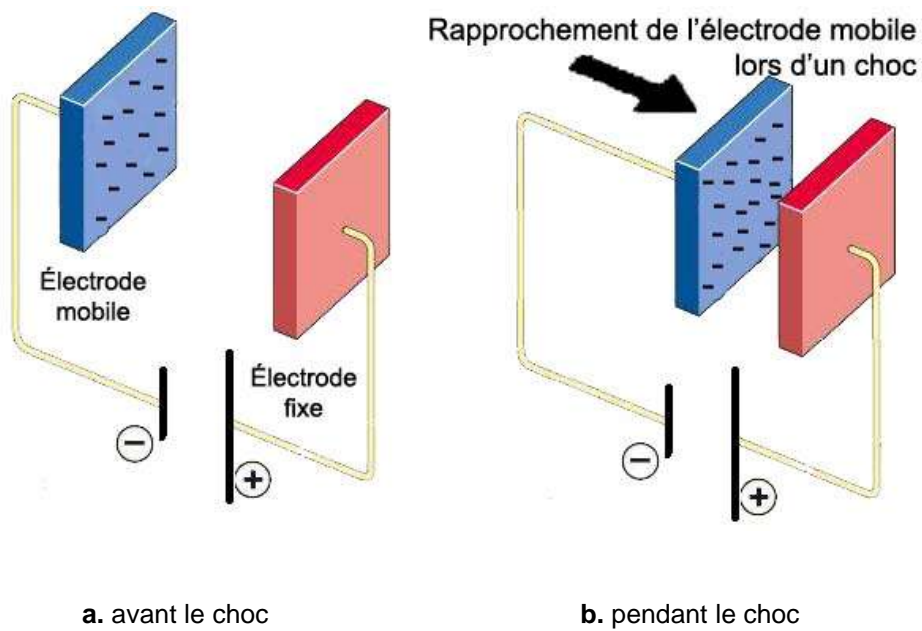


Figure 6 : rapprochement des deux armatures du condensateur lors d'un choc



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (OBLIGATOIRE)

- I. Le synthol (6,5 points)
- II. Frottements avec l'air : qu'en dit la NASA ? (5,5 points)
- III. Airbag et condensateur, quel rapport ? (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au **B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

Sur la copie le correcteur porte la note sur 16 arrondie au demi-point.

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I : Le synthol®

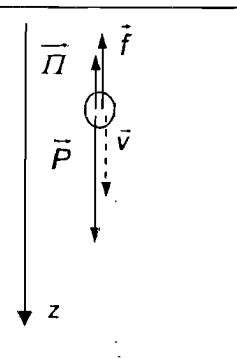
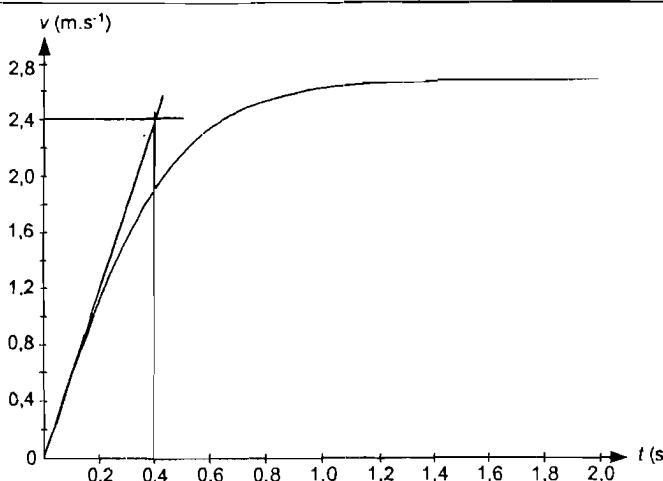
Remarque générale: Retirez une seule fois, pour tout l'exercice, 0.25 points si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

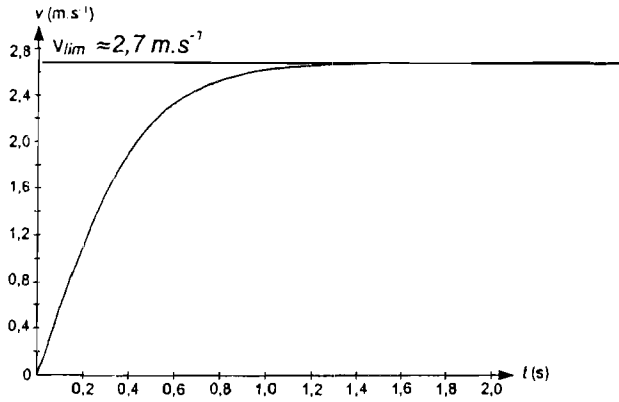
Réponses		Barème	Commentaires																								
1. Quelques composés du Synthol®																											
1.1.	Vératrole = molécule 1 Acide salicylique = molécule 2 Résorcinol = molécule 3	0,25	Tout ou rien, pas de justification exigée.																								
1.2.1.	$AH(aq) + H_2O(l) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$	0,25	aq et l non exigés																								
1.2.2.	Equation $AH(aq) + H_2O(l) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Etat du système</td> <td>avance ment en mol</td> <td colspan="4">Quantités de matières en mol</td> </tr> <tr> <td>initial</td> <td>x = 0</td> <td>n₀</td> <td>solvant</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>intermédiaire</td> <td>x</td> <td>n₀ - x</td> <td>solvant</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>final</td> <td>x_{éq}</td> <td>n₀ - x_{éq}</td> <td>solvant</td> <td>x_{éq}</td> <td>x_{éq}</td> </tr> </table>	Etat du système	avance ment en mol	Quantités de matières en mol				initial	x = 0	n ₀	solvant	0	0	intermédiaire	x	n ₀ - x	solvant	x	x	final	x _{éq}	n ₀ - x _{éq}	solvant	x _{éq}	x _{éq}	0,25	Tout ou rien Accepter c ₀ V ₀ à la place de n ₀
Etat du système	avance ment en mol	Quantités de matières en mol																									
initial	x = 0	n ₀	solvant	0	0																						
intermédiaire	x	n ₀ - x	solvant	x	x																						
final	x _{éq}	n ₀ - x _{éq}	solvant	x _{éq}	x _{éq}																						
1.2.3.	D'après le tableau d'avancement $[H_3O^+]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V_0}$ Par définition $[H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$ donc $x_{éq} = V_0 \cdot 10^{-pH}$	0,25 0,25																									
1.2.4.	$x_{éq} = 0,100 \times 10^{-2,6} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$	0,25																									
1.2.5.	Le taux d'avancement à l'équilibre est, par définition, $\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}} = \frac{x_{éq}}{n_0} = \frac{2,5 \times 10^{-4}}{7,2 \times 10^{-4}} = 0,35$ La réaction n'est pas totale car $\tau < 1$.	0,25 0,25	Tout ou rien																								
2. Dosage du synthol®																											
2.1. Calcul de la concentration																											
	Masse des 100mL de solution : $m = \rho V_A = 95,0g$ Masse d'acide salicylique : $m_A = \frac{10,5 \times 95,0}{100} = 9,98mg$ Quantité de matière : $n(C_7H_6O_3) = \frac{m(C_7H_6O_3)}{M_A} = \frac{9,98 \times 10^{-3}}{138} = 7,23 \times 10^{-5} mol$ Concentration : $c_A = \frac{n(C_7H_6O_3)}{V_A} = 7,23 \times 10^{-4} mol.L^{-1}$	0,25 0,25	On admettra tout raisonnement cohérent. Accepter les résultats entre 7,24 et 7,25																								
2.2. Préparation du dosage																											
2.2.1.	À l'équivalence les réactifs ont été mélangés dans les proportions de la réaction (ou on change de réactif limitant) $n_i(C_7H_6O_3) = n(HO^-)$	0,25 0,25																									
2.2.2.	D'après la relation précédente $n_i(C_7H_6O_3) = c_B \cdot V_{BE}$ $c_B = \frac{n_i(C_7H_6O_3)}{V_{BE}}$ Si $V_{BE} = 5,0mL$ il faut $c_B = (7,23 \times 10^{-5}) / 5 \cdot 10^{-3} = 1,4 \times 10^{-2} mol.L^{-1}$ Si $V_{BE} = 20,0mL$ il faut $c_B = (7,23 \times 10^{-5}) / 20 \cdot 10^{-3} = 3,6 \times 10^{-3} mol.L^{-1}$	0,25 0,25 0,25																									

2.2.3	La quantité de matière est conservée. Il faut faire une dilution par 10. On prélève à la pipette jaugée 5,0mL de la solution S_0 qu'on verse dans une fiole jaugée de 50 mL , on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on agite.	0,25 0,25	Pour les valeurs numériques Pour la description de la manipulation
2.3. Choix du type de dosage			
2.3.1.a.	L'indicateur coloré approprié est le bleu de bromothymol dont la zone de virage encadre le pH à l'équivalence:	0,25	
2.3.1.b.	Le Synthol® est déjà coloré en jaune par le jaune de quinoléine.	0,25	
2.3.2.	Le solvant est un mélange eau-alcool. L'alcool empêche le dosage pH-métrique.	0,25	Accepter : « on lit éthanol sur l'étiquette »
2.4. Réalisation du dosage conductimétrique			
		0,50	Retirer 0,25 par erreur ou oubli
2.5. Exploitation de la courbe			
2.5.1.	Après l'équivalence, les ions HO^- ne réagissent plus. Les ions Na^+ et HO^- ajoutés restent en solution, leur concentrations augmentent donc la conductivité augmente.	0,25	
2.5.2.	Accepter une valeur comprise entre 6,5 mL et 7,5 mL	0,25	
2.5.3.	$C_{\text{salicylique dosé}} = \frac{n_{\text{salicylique dosé}}}{V_A} = \frac{C_b \cdot V_{BE}}{V_A}$ Accepter tout résultat, avec son unité, cohérent avec la réponse précédente L'ordre de grandeur du résultat est celui trouvé à la question 2.1.	0,25 0,25	

Exercice II. Frottements avec l'air : qu'en dit la NASA ? (5,5 points)

Remarque générale: Retirez une seule fois, pour tout l'exercice, 0.25 points si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1.	Identique en tout point de l'espace (ou de la zone d'étude)	0,25	
2.	Direction : verticale (ou même direction que le poids) ; Sens : vers le haut (ou opposé au sens du poids) ; Valeur : $m_{\text{air déplacé}} \cdot g = V \cdot \rho_{\text{air}} \cdot g$ (ou une phrase parlant du poids de l'air déplacé par l'objet)	0,5	2 éléments sur 3 : 0,25 1 seul ou rien : 0
3.	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">  </div> <div> <p>En appliquant la deuxième loi de Newton puis en projetant sur un axe vertical orienté vers le bas, on obtient :</p> $\vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}_G$ <p>On projette sur (Oz) :</p> $P - \pi - f = m \cdot a_z$ <p>Pour le modèle 1 :</p> $m \cdot g - V \cdot \rho_{\text{air}} \cdot g - A \cdot \eta_{\text{air}} \cdot v = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad \text{soit}$ $m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - A \cdot \eta_{\text{air}} \cdot v$ <p>Pour le modèle 2 :</p> $m \cdot g - V \cdot \rho_{\text{air}} \cdot g - B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2 = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad \text{soit}$ $m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2$ </div> </div>	<p>0,25</p> <p>0,25</p> <p>0,25</p> <p>0,25</p>	<p>Relation vectorielle</p> <p>Projection sur l'axe</p>
4.1.	$a_0 = \frac{dv}{dt}(t=0)$ et à $t=0, v=0$, d'où $a_0 = g \left(1 - \frac{\rho_{\text{air}} V}{m} \right)$	0,5	
4.2.	<div style="text-align: center;">  </div> <p>On trace la tangente à la courbe en $t=0$ et on détermine son coefficient directeur qui est égal à la valeur de l'accélération a_0 ($a_0 = 2,4/0,4 = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)</p> <p>Relation $a_0 = \left(\frac{dv}{dt} \right)_{t=0}$ d'où $a_0 \approx 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.</p>	0,5	<p>0,25 pour la tangente et son coef. dir.</p> <p>0,25 pour le lien avec a_0.</p> <p>Accepter les résultats compris entre 5,9 et 6,1.</p>
4.3.	$a_0 = g \left(1 - \frac{\rho_{\text{air}} V}{m} \right) = 9,8 \left(1 - \frac{1,2 \times 7 \cdot 10^{-3}}{22 \times 10^{-3}} \right) \approx 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$	0,25	

5.1.		0,25	Tolérer une imprécision sur les valeurs liée à la lecture graphique.
5.2.	<p>Lorsque v tend vers $v_{lim,1}$, alors dv/dt tend vers zéro (asymptote horizontale). L'équation différentielle (1) permet d'écrire alors :</p> $0 = mg \left(1 - \frac{V\rho_{air}}{m} \right) - A\eta_{air}v_{lim,1} \text{ soit } v_{lim,1} = \frac{mg \left(1 - \frac{V\rho_{air}}{m} \right)}{A\eta_{air}}$	0,5	
5.3.	$v_{lim,1} \approx 7 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	On ne cherche que des valeurs approchées, les résultats doivent avoir peu de chiffres significatifs
5.4.	$v_{lim,2} \approx 2 \text{ m.s}^{-1}$ La valeur expérimentale de $v_{lim} \approx 2,7 \text{ m.s}^{-1}$ (question 5.1.). Le résultat le plus approchant correspond au modèle 2.	0,25	
6.1.	La navette possède de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur	0,25	Énergie potentielle de gravitation admise.
6.2.	2 térajoules correspondent à une énergie et 1 mégawatt à une puissance.	0,25	
6.3.	$ \Delta E_c = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2)$ AN : $ \Delta E_c = 2,1 \cdot 10^{12} \text{ J}$ $P = \frac{ \Delta E_c }{\Delta t}$ AN : $P = 10^9 \text{ W} = 1 \text{ GW}$ Donc la proposition d'1 mégawatt est fausse	0,25 0,25 0,25	Résultat sans valeur absolue possible : $\Delta E_c < 0$

EXERCICE III. Airbag et condensateur, quel rapport ? (4 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1. Comportement de l'accéléromètre en dehors des chocs			
1.1.	u_C : courbe(a) et i : courbe(b) + justifications	0,25 0,25	Toutes justifications correctes acceptées
1.2.	Régime transitoire de 0 à 5 ns et ensuite régime permanent	0,25	
1.3	Graphiquement $\tau = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 1,0 \text{ ns}$ Le rapport de la durée caractéristique d'un choc sur τ est égal à 200 millions.	0,25 0,25	Toutes méthodes correctes acceptées $0,8 < \tau < 1,1 \text{ ns}$
1.4	$\tau = RC$ d'où $R = 10 \Omega$.	0,25	
1.5.1	En régime permanent, $u_C = E = 5,0 \text{ V}$ et $i = 0 \text{ A}$	0,25	
1.5.2.	En régime permanent, $q = C u_C = CE = 5,0 \cdot 10^{-10} \text{ C} = 0,5 \text{ nC}$	0,25	
2. Déclenchement de l'airbag			
2.1.	Peigne et cadre	0,25	
2.2.1.	La proposition b) $C = \frac{k}{d}$ est la seule qui convient car C augmente quand d diminue.	0,25	
2.2.2.	Avant le choc, $u_C = E$ et la charge du condensateur est donnée par $q = CE$.	0,25	
2.2.3.	La f.e.m E n'est pas modifiée donc u_C reste constante et égale à E ; Comme C augmente, alors q augmente car $q = CE$.	0,25 0,25	
2.3.	La charge augmentant, il y a circulation d'électrons qui arrivent sur l'armature négative du condensateur d'où le sens de circulation des électrons sur la figure : <div style="text-align: center;"> </div>	0,25	Accepter le sens des électrons sur la figure a ou b
2.4.	$i = dq/dt$ donc la proposition b) convient.	0,25 0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 10 et 11) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. LE SYNTHOL® (6,5 points)

Médicament créé en 1925 par M. Roger, pharmacien à Orléans, le Synthol® est une solution alcoolisée utilisée en application locale pour calmer les douleurs, décongestionner et désinfecter.

La notice donne la composition du médicament :

Pour 100 g de solution, la composition en substance active est :

Levomenthol.....	0,2600 g
Vératrole.....	0,2600 g
Résorcinol.....	0,0210 g
Acide salicylique.....	0,0105 g

Les autres composants sont l'huile essentielle de géranium, l'huile essentielle de cédrat, le jaune de quinquina (E104).

Toutes les espèces chimiques présentes dans le Synthol® sont solubilisées dans un solvant à base d'éthanol à 96% et d'eau purifiée (titre alcoolique 34,5% en volume).

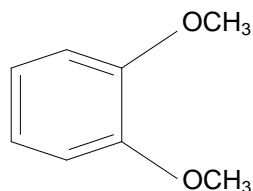
Après une étude de quelques composés du Synthol®, on vérifiera par un dosage la teneur en acide salicylique de la solution commerciale.

Les deux parties sont indépendantes.

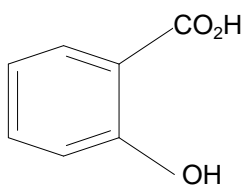
1. Quelques composés du Synthol®

1.1. On veut identifier les formules de l'acide salicylique, du résorcinol et du vératrole qui entrent dans la composition du Synthol®.

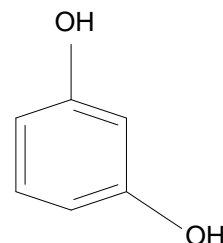
Sachant que l'acide salicylique est un acide carboxylique et que le résorcinol possède deux groupements hydroxyle, identifier les trois molécules en leur attribuant leur numéro.



molécule N°1



molécule N°2



molécule N°3

1.2. Étude de l'acidité d'une solution d'acide salicylique

On note AH la molécule d'acide salicylique. On introduit une quantité de matière $n_0 = 7,20 \times 10^{-4}$ mol de l'acide AH dans un volume $V_0 = 100,0$ mL d'eau distillée de façon à obtenir une solution de concentration c_0 .

Après agitation la valeur du pH mesuré est 2,6.

1.2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide avec l'eau.

1.2.2. Construire le tableau descriptif de l'évolution du système et le compléter en utilisant des expressions littérales.

1.2.3. Donner la relation entre l'avancement à l'équilibre $x_{\text{éq}}$, V_0 et le pH de la solution.

1.2.4. Pour la solution préparée, calculer l'avancement à l'équilibre $x_{\text{éq}}$.

1.2.5. Définir le taux d'avancement à l'équilibre. Calculer sa valeur. La transformation est-elle totale ?

2. Dosage de l'acide salicylique dans le Synthol®

Données :

Formule brute de l'acide salicylique : $C_7H_6O_3$

Masse molaire de l'acide salicylique : $M_A = 138 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse volumique de la solution pharmaceutique : $\rho = 0,950 \text{ g.mL}^{-1}$

On admet que l'acide salicylique est le seul composé acide dans la solution pharmaceutique.

2.1. Calcul de la concentration de l'acide salicylique dans la solution pharmaceutique.

À l'aide des informations fournies sur la notice et des données ci-dessus, calculer la quantité de matière d'acide salicylique contenu dans un volume $V_A = 100,0 \text{ mL}$ de Synthol®.

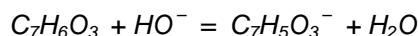
Vérifier que sa concentration est $c_A = 7,23 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

2.2. Préparation du dosage

Pour vérifier cette valeur, on souhaite effectuer un dosage acido-basique avec une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$). Le volume de Synthol® dosé est $V_A = 100,0 \text{ mL}$.

On admet que les calculs de concentration se conduisent pour la solution pharmaceutique de la même manière qu'en solution aqueuse.

On écrit l'équation de la réaction support du dosage de la manière suivante :



2.2.1. Après avoir donné la définition de l'équivalence, écrire la relation entre la quantité de matière d'acide salicylique $n_i(C_7H_6O_3)$ et la quantité de matière d'ions hydroxyde $n(\text{HO}^-)$, qui permet d'atteindre cette équivalence. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

2.2.2. On souhaite obtenir un volume équivalent V_{BE} compris entre $5,0 \text{ mL}$ et $20,0 \text{ mL}$.

Donner un encadrement de la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium à utiliser.

2.2.3. Au laboratoire on ne dispose que d'une solution S_0 d'hydroxyde de sodium de concentration $c_0 = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

En justifiant, décrire le protocole pour fabriquer à partir de S_0 , un volume de $50,0 \text{ mL}$ d'une solution de concentration $c_B = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On précisera la verrerie utilisée.

2.3. Choix du type de dosage

2.3.1. Dosage colorimétrique

a. Grâce à un logiciel de simulation, on détermine que le pH à l'équivalence lors du dosage est d'environ 7.

Choisir, en le justifiant, l'indicateur coloré approprié pour le dosage, dans la liste ci-dessous.

Nom de l'indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
hélianthine	rouge	3,1 – 4,4	jaune
bleu de bromothymol	jaune	6,0 – 7,6	bleu
phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10,0	rose

b. Quel composé, entrant dans la composition du Synthol®, peut empêcher de bien observer le changement de couleur de l'indicateur coloré ? Justifier.

2.3.2. Dosage suivi à l'aide d'un pH-mètre

Les électrodes pH-métriques utilisées en terminale sont adaptées uniquement à des mesures en solution aqueuse.

D'après le texte introductif, quelle espèce chimique présente en quantité relativement importante dans le Synthol® ne permet pas de recommander un dosage pH-métrique ?

2.4. Réalisation du dosage conductimétrique

On opte finalement pour un dosage suivi par conductimétrie. On ajoute progressivement au volume V_A de Synthol®, à l'aide d'une burette graduée, une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration $c_B = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On mesure la conductivité et on obtient la courbe **DE LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**. Le volume de solution dosée étant grand devant l'ajout de solution titrante, on peut considérer le volume de solution dans le bécher constant.

Faire un schéma légendé du dispositif de titrage.

2.5. Exploitation de la courbe

On rappelle que la conductivité σ d'une solution s'exprime selon la loi :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$$

où $[X_i]$ représente la concentration d'une espèce ionique en solution et λ_i la conductivité molaire ionique de cette espèce.

2.5.1. Expliquer pourquoi la conductivité augmente après l'équivalence.

2.5.2. Dans les conditions de l'expérience, on observe que les deux portions de courbe (avant et après l'équivalence) ne sont pas rectilignes. Pour déterminer le volume versé à l'équivalence, on utilise alors les tangentes aux portions de courbe dans la zone proche de l'équivalence.

Déterminer graphiquement le volume V_{BE} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

2.5.3. Calculer la concentration en acide salicylique de la solution dosée. Comparer cette valeur à celle trouvée dans la question 2.1.

EXERCICE II. FROTTEMENTS AVEC L'AIR : QU'EN DIT LA NASA ? (5,5 points)

La question 6 est indépendante des précédentes.

Intrigué par la notion de frottement fluide introduite en classe, un élève recherche des informations sur la notion de force de traînée. Sur le site de la NASA, "National Aeronautics and Space Administration", dont l'activité se partage entre domaine spatial et aéronautisme, l'élève trouve :

"La force de traînée sur un avion ou une navette dépend de la densité de l'air, du carré de la vitesse, de la viscosité et de la compressibilité de l'air, de la taille et de la forme de l'objet ainsi que de son inclinaison par rapport à l'écoulement d'air. En général, la dépendance à l'égard de la forme du corps, de l'inclinaison, de la viscosité et de la compressibilité de l'air est très complexe." (d'après www.nasa.gov)

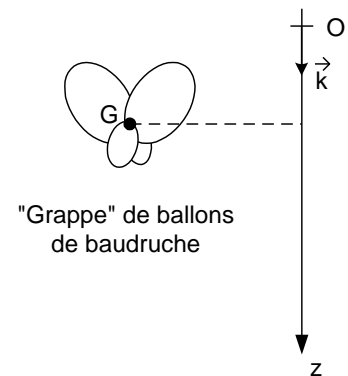
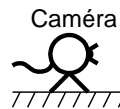
A l'issue de cette recherche, l'élève dégage deux modèles pour rendre compte des frottements exercés par l'air sur les objets.

- modèle 1 : les frottements dépendent, entre autres, de la viscosité de l'air η_{air} et de la valeur v de la vitesse du centre de gravité G du système. On exprime alors la force sous la forme : $\vec{f}_1 = -A \cdot \eta_{\text{air}} \cdot v \cdot \vec{k}$ où A est une constante.

- modèle 2 : les frottements dépendent, entre autres, de la masse volumique de l'air ρ_{air} et du carré de v . On écrit alors la force sous la forme : $\vec{f}_2 = -B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2 \cdot \vec{k}$ où B est une constante.

Les constantes A et B sont liées à la forme du corps et à son inclinaison.

Le choix entre ces deux modèles est lié à l'expérience. Son professeur lui conseille de les appliquer à la chute verticale d'une grappe de ballons de baudruche dont il peut lui fournir le film. Il lui donne également les valeurs approchées des constantes A et B .



Un logiciel adapté permet d'obtenir la courbe d'évolution temporelle de la valeur v de la vitesse du centre d'inertie G du système **DE LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**.

Le système fourni par l'ensemble des ballons de baudruche, de masse m et de volume total V , est lâché sans vitesse initiale, dans le champ de pesanteur \vec{g} uniforme et vertical.

Toute l'étude de cet exercice est faite dans le référentiel terrestre supposé galiléen, muni d'un repère $(O ; \vec{k})$ dont l'axe Oz vertical est orienté vers le bas. On pose $v_z = v$, valeur de la vitesse du centre d'inertie G du système.

Données pour l'objet étudié :

Valeurs approchées de A et B calculées à partir de la géométrie de l'objet :

$$A \approx 1 \times 10^1 \text{ m}$$

$$B \approx 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

masse du système : $m = 22 \text{ g}$	masse du système : $m = 22 \text{ g}$
valeur du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$	valeur du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$
masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg.m}^{-3} = 1,2 \text{ g.L}^{-1}$	masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg.m}^{-3} = 1,2 \text{ g.L}^{-1}$
viscosité dynamique de l'air : $\eta_{\text{air}} = 2 \times 10^{-5} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$	viscosité dynamique de l'air : $\eta_{\text{air}} = 2 \times 10^{-5} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$

1. Rappeler ce que signifie le caractère uniforme du champ de pesanteur.

2. Le système est soumis à trois forces, son poids \vec{P} , les frottements (\vec{f}_1 ou \vec{f}_2) et la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.

Donner les caractéristiques de la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.

3. Si l'on choisit le modèle 1, montrer que dans le référentiel terrestre (supposé galiléen), la vitesse v vérifie l'équation différentielle :

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - A \cdot \eta_{\text{air}} \cdot v \quad (1)$$

De la même façon, montrer que pour le modèle 2 on obtient l'équation suivante :

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2 \quad (2)$$

4. Accélération initiale

4.1. Dédire des équations différentielles l'expression littérale de a_0 , valeur de l'accélération à la date $t = 0$, en fonction de m , V , g et ρ_{air} . (On pourra prendre indifféremment l'une ou l'autre des deux équations différentielles pour trouver l'expression littérale de a_0).

4.2. Vérifier par une méthode graphique, sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**, que la valeur de l'accélération initiale a_0 est de l'ordre de : $a_0 = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

4.3. Retrouver cette valeur par un calcul sachant que le volume V du système est de l'ordre de 7 L.

5. Vitesse limite

5.1. Déterminer graphiquement sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**, la valeur de la vitesse limite v_{lim} . La construction graphique devra apparaître sur la figure.

5.2. À l'aide de l'équation différentielle, démontrer dans le cas du modèle 1 que l'expression de cette vitesse limite est :

$$v_{\text{lim},1} = \frac{m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right)}{A \cdot \eta_{\text{air}}}$$

On admet également dans le cas du modèle 2 que :

$$v_{\text{lim},2} = \sqrt{\frac{m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right)}{B \cdot \rho_{\text{air}}}} \quad (\text{Ne pas démontrer cette relation})$$

5.3. Calculer la valeur approchée de $v_{\text{lim},1}$ en utilisant les données fournies en début d'énoncé. On rappelle que le volume V du système est de l'ordre de 7 L.

5.4. Sachant que $v_{\text{lim},2} = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, comparer ces deux vitesses limites avec la valeur v_{lim} trouvée expérimentalement. En déduire lequel des deux modèles est le plus adapté à l'étude réalisée.

6. Force de frottement et énergie : retour de la navette spatiale

Le travail de la force de frottement est dissipé sous forme de chaleur ; le bouclier thermique des navettes spatiales est destiné à les protéger lors de leur entrée dans l'atmosphère.

Pour l'expliquer sur un forum, l'élève a rédigé le texte suivant :

« La navette pèse 70 tonnes ; elle quitte une orbite basse (250 km) autour de la Terre et se déplace à environ 28 000 km/h par rapport à la Terre lorsqu'elle amorce sa descente. Le plus problématique avant l'atterrissage n'est pas de descendre de 250 km, mais de ralentir afin que la vitesse soit d'environ 400 km/h. Pour cela il faut dissiper environ 2 térajoules en 2 000 secondes, soit 1 mégawatt moyen ! Actuellement, cette énergie est dissipée sous forme de chaleur lors du frottement de la Navette avec l'air de l'atmosphère ; l'énergie cinétique de la navette diminue, la navette ralentit et se réchauffe ».

6.1. Citer les noms des formes d'énergie que possède la navette en orbite autour de la Terre.

6.2. Dans la phrase : « ... il faut dissiper 2 térajoules en 2000 secondes, soit 1 mégawatt moyen », donner le nom des deux grandeurs physiques dont les valeurs numériques sont soulignées.

6.3. En ne prenant en compte que la variation de vitesse comme le suggère l'élève, calculer la valeur des deux grandeurs citées dans la question précédente, à partir des données fournies dans le texte. Vos résultats sont-ils en accord avec ceux de l'élève ?

Rappels : 1 térajoule = 1 TJ = 10^{12} J

1 mégawatt = 1 MW = 10^6 W

EXERCICE III. DÉTECTION D'EXOPLANÈTES (4 points)

La première exoplanète, planète gravitant autour d'une autre étoile que le Soleil, a été détectée en 1995.

Avec les instruments actuels, la détection « directe » des exoplanètes n'est guère possible. En effet, d'après Michel Mayor, un des grands spécialistes du sujet, observer une exoplanète reviendrait à essayer de distinguer à 1000 km une flamme de bougie près d'un phare.

Différents moyens sont employés pour « deviner » l'existence de ces planètes si éloignées de nous. En décembre 2006, le satellite Corot, équipé d'un télescope et de différents instruments de mesure, a été mis en orbite avec pour objectif la détection et l'étude de nouvelles exoplanètes. En mai 2007, un communiqué de presse annonce le succès des premières observations de Corot : une nouvelle exoplanète a été découverte. Les résultats à venir sont très attendus par les scientifiques aussi bien que par le grand public.

D'après Science magazine et Internet.

La première partie de cet exercice montre que la présence d'une exoplanète ne peut pas être détectée par un télescope classique.

La deuxième partie montre que l'on peut détecter une exoplanète en observant ses passages périodiques devant son étoile.

1. Observation au télescope

À la lecture de différents articles scientifiques, Julie et Léa, deux jeunes astronomes amateurs, décident d'observer avec leur télescope une exoplanète et son étoile hôte. Grâce à une base de données d'exoplanètes disponible sur Internet, elles choisissent le couple HD 209458 située dans la constellation de Pégase.

Julie et Léa pointent leur télescope dans la direction souhaitée et après vérification des réglages, observent l'étoile mais sans sa compagne... Analysons le problème sans tenir compte de la luminosité de l'étoile par rapport à l'exoplanète.

Un extrait de la fiche technique du télescope utilisé pour leurs observations est donnée ci-dessous :

Télescope de Newton	
Diamètre :	300 mm
Distance focale du miroir primaire :	$f_1 = 1200$ mm
Distance focale de l'oculaire :	$f_2 = 30$ mm

Le schéma du télescope est représenté sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

On note :

- (M1), le miroir sphérique concave d'axe optique Δ , de sommet S et de foyer F_1
- (M2), le miroir secondaire plan incliné de 45° par rapport à Δ
- et (L), l'oculaire assimilable à une lentille mince convergente de foyers F_2 et F_2' et d'axe optique Δ' .

Le couple étoile - exoplanète situé à l'infini est noté AB et son diamètre apparent α . L'image de AB donnée par le miroir primaire (M1) est notée A_1B_1 .

1.1. Indiquer, en justifiant, la position du foyer F_1 sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 11**.

1.2 On rappelle que le diamètre apparent α est l'angle sous lequel l'œil de l'observateur voit l'objet. Donner son expression en fonction de A_1B_1 et f_1 . On considère que, α étant petit, $\tan \alpha = \alpha$ avec α exprimé en radians.

1.3. On note A_2B_2 l'image de A_1B_1 donnée par le miroir plan (M2).

1.3.1. Sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 11**, indiquer la position de l'image A_2B_2 donnée par le miroir plan de l'image intermédiaire A_1B_1 .

1.3.2. Quelle relation existe-t-il entre les longueurs A_1B_1 et A_2B_2 ?

1.4. Le réglage du télescope étant afocal, l'image A_2B_2 se forme dans le plan focal objet de l'oculaire. On appelle $A'B'$ l'image de l'objet A_2B_2 donnée par l'oculaire.

1.4.1. Où se trouve l'image définitive $A'B'$ du couple étoile - exoplanète ?

1.4.2. Justifier la réponse précédente après avoir fait le tracé sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 11**, deux rayons lumineux caractéristiques, à partir du point B_2 , traversant l'oculaire (L).

1.5. Étude du grossissement

1.5.1. Faire figurer sur la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 11**, le diamètre apparent α' sous lequel est vu le couple étoile - exoplanète à travers le télescope.

1.5.2. Exprimer α' en fonction de A_2B_2 et de f_2 . On considère que, α' étant petit, $\tan \alpha' = \alpha'$ avec α' exprimé en radians.

1.5.3. Le grossissement Gr d'un instrument d'optique est défini par la relation $Gr = \frac{\alpha'}{\alpha}$

Montrer que $Gr = \frac{f_1}{f_2}$. Calculer la valeur de ce rapport.

1.6. On considère que deux points sont aisément discernables à l'œil nu s'ils sont observés sous un diamètre apparent supérieur ou égal à $3,5 \times 10^{-4}$ rad.

Document 1 : Caractéristiques du couple étoile - exoplanète :

Exoplanète HD 209458 b	Étoile hôte : HD 209458
Distance moyenne à son étoile : 0,045 u. a Type : « Hot Jupiter », planète semblable à Jupiter mais très proche de son étoile	Distance à la Terre : 153 années de lumière

1 unité astronomique : $1 \text{ u.a} = 150 \times 10^6 \text{ km}$; 1 année de lumière : $1 \text{ a.l} = 9,5 \times 10^{15} \text{ m}$

1.6.1. En vous aidant des caractéristiques du couple étoile - exoplanète données dans le **document 1**, estimer la valeur du diamètre apparent α sous lequel est vu le couple étoile - exoplanète à l'œil nu.

1.6.2. Calculer la valeur du diamètre apparent α' sous lequel est vu le couple étoile - exoplanète à travers le télescope.

1.6.3. Montrer que même si la luminosité de l'étoile hôte n'était pas si importante, Léa et Julie n'auraient pas pu obtenir une image où l'étoile et sa compagne seraient séparées.

2. Méthode des transits

Comme on l'a vu précédemment, on ne peut pas détecter de manière directe la présence d'une exoplanète autour d'une étoile. La méthode des transits peut alors être utilisée en se servant d'un photomètre à la sortie du télescope ; cet instrument permet de mesurer la luminosité de l'astre observé. Dans le cas présent, le passage répété d'une planète (**figure 4**) devant son étoile provoque une diminution périodique de la luminosité de l'étoile.

Par exemple la mesure de la luminosité de l'étoile HD 209458 en fonction du temps conduit au graphe de la **figure 5**.

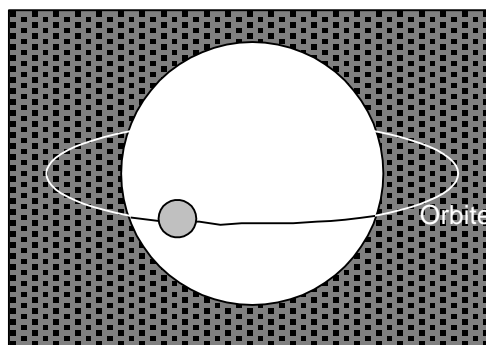
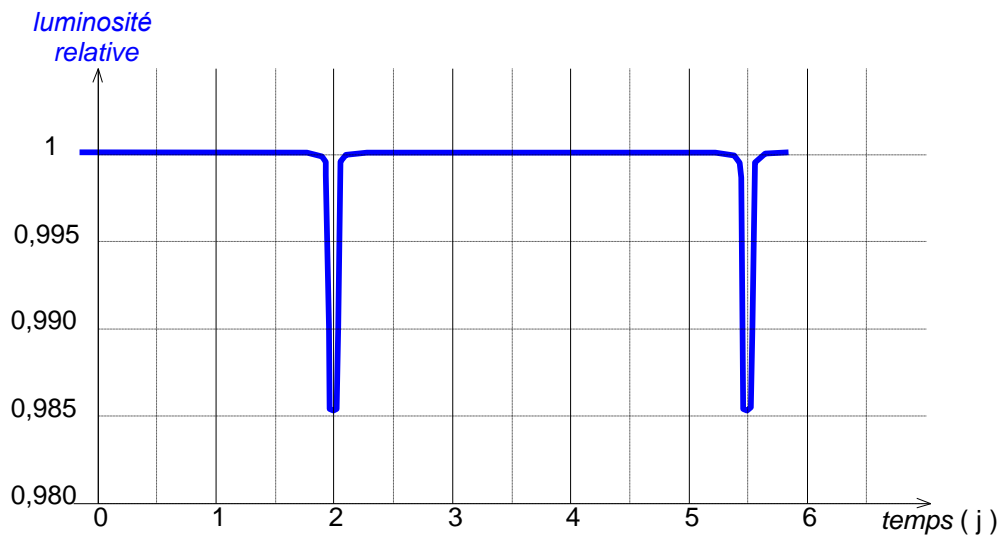


Figure 4 : Passage de la planète devant son étoile hôte

Figure 5 : évolution temporelle de la luminosité de l'étoile HD 209458



Document 2 : Caractéristiques du couple étoile - exoplanète:

Exoplanète HD 209458 b	Etoile hôte : HD 209458
Masse : $M_b = 0,69 \times M_J$ M_J étant la masse de Jupiter	Masse : $M = 1,057 \times M_s$ M_s étant la masse du Soleil

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ (S.I.)

Masse du Soleil : $M_s = 2,00 \times 10^{30}$ kg ; Masse de Jupiter : $M_J = 1,90 \times 10^{27}$ kg

1 jour = 86 400 s.

2.1. D'après la **figure 5**, quelle est la période de révolution T de la planète HD 209458 b ? Exprimer cette période T en secondes.

2.2. En utilisant la troisième loi de Kepler et les données du **document 2**, calculer la valeur du demi grand axe a de l'ellipse parcourue par la planète autour de son étoile. Comparer avec la valeur de la distance moyenne de la planète à son étoile donnée dans le **document 1**.

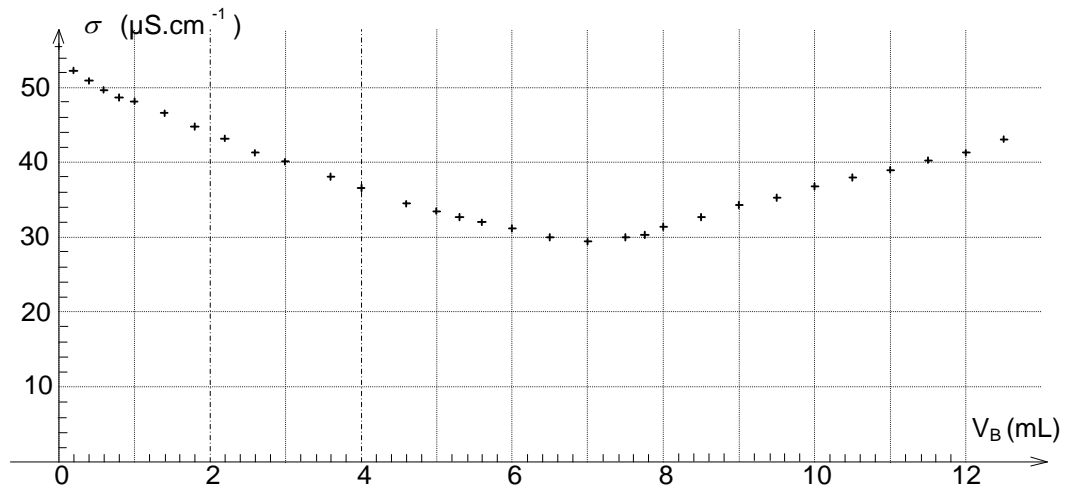
Rappel : la troisième loi de Kepler donne une relation entre la période de révolution T de la planète, le demi grand axe a de l'orbite elliptique de la planète autour de son étoile et la masse M de l'étoile :

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

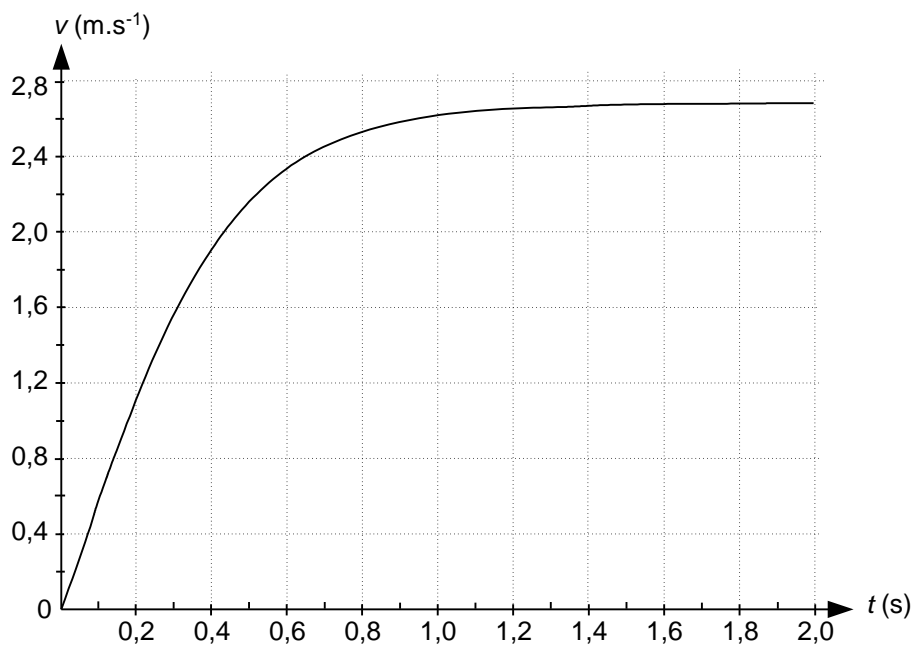
ANNEXE DE L'EXERCICE I

Figure 1 : courbe d'évolution de la conductivité de la solution au cours du dosage



ANNEXE DE L'EXERCICE II

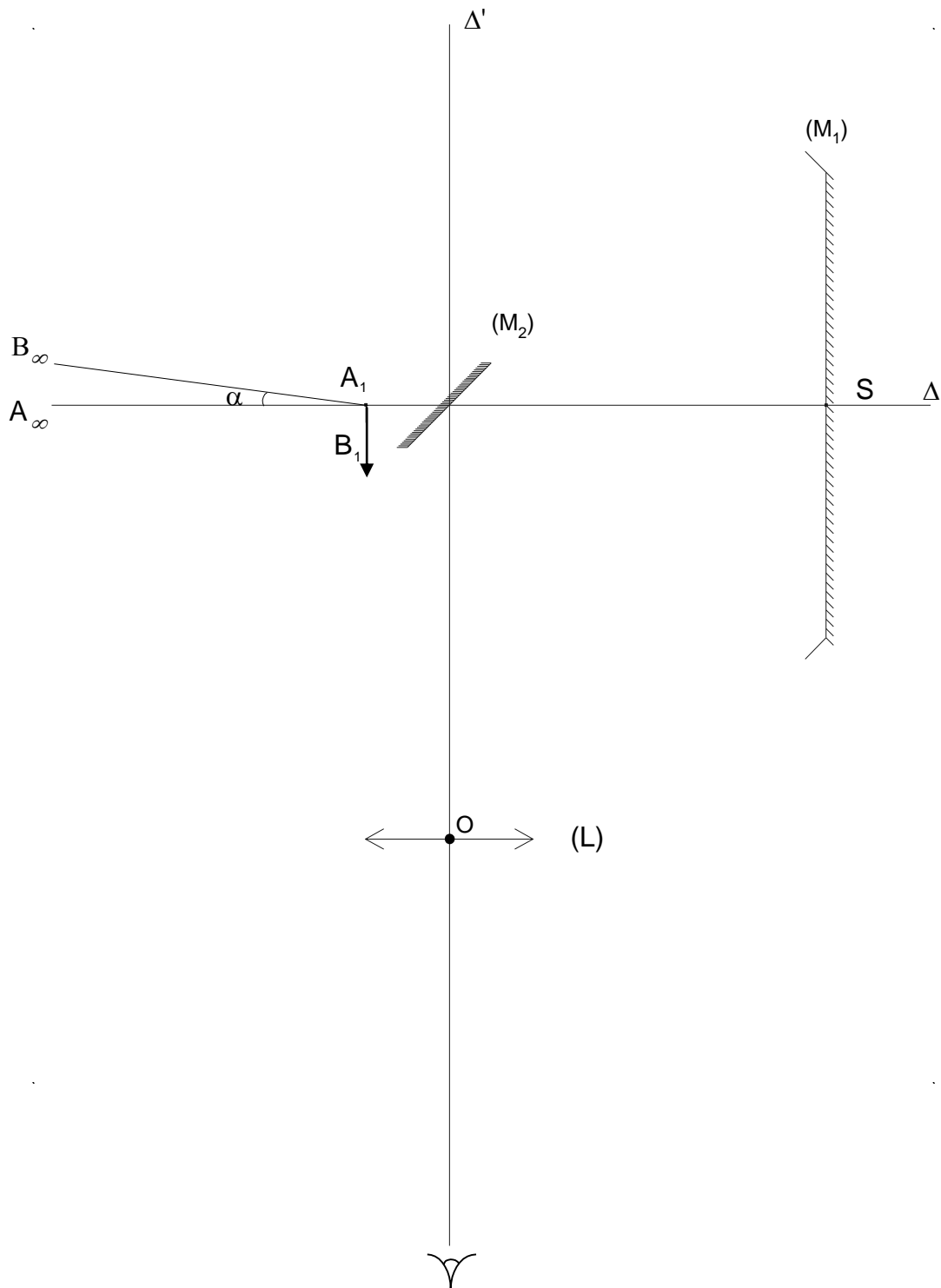
Figure 2 : courbe d'évolution temporelle de la valeur v de la vitesse du centre d'inertie G du système



ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Figure 3 : schéma du télescope



CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (SPECIALITE)

- I. Le Synthol (6,5 points)
- II. Frottements avec l'air : qu'en dit la NASA ? (5,5 points)
- III. Détection d'exoplanètes (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

Sur la copie le correcteur porte la note sur 16 arrondie au demi-point.

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

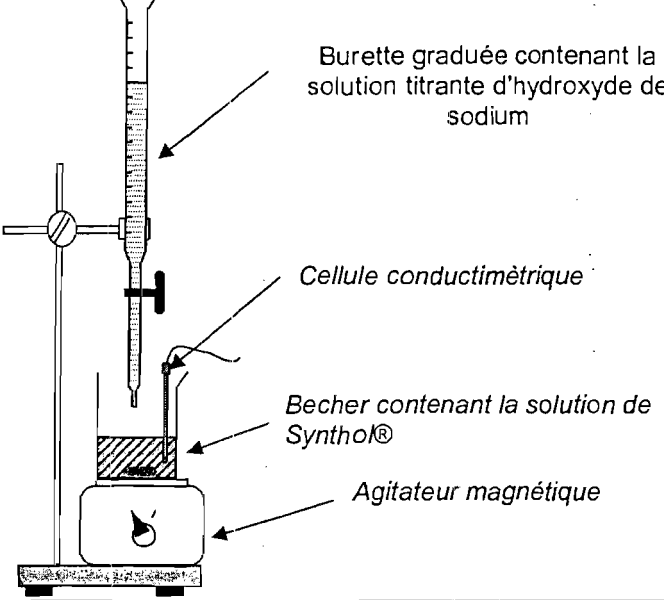
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I : Le synthol ®

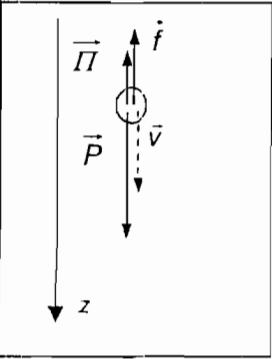
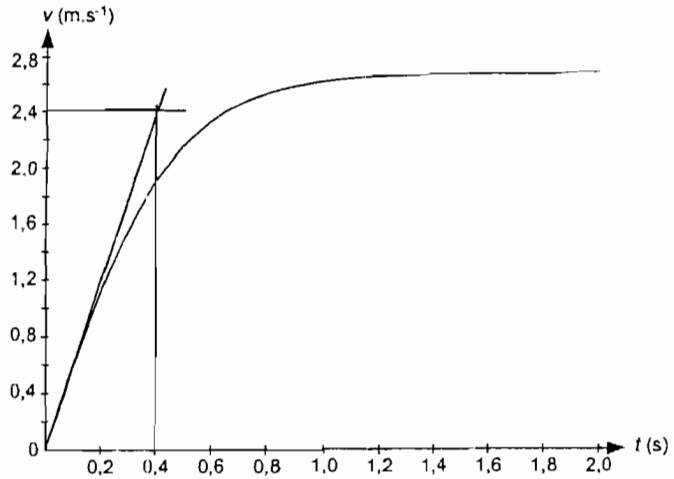
Remarque générale: Retirez une seule fois, pour tout l'exercice, 0.25 points si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

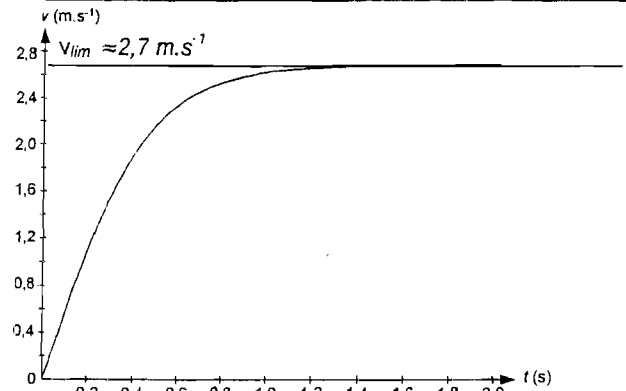
Réponses		Barème	Commentaires																								
1. Quelques composés du Synthol®																											
1.1.	Vératrole = molécule 1 Acide salicylique = molécule 2 Résorcinol = molécule 3	0,25	Tout ou rien, pas de justification exigée.																								
1.2.1.	$AH(aq) + H_2O(l) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$	0,25	aq et l non exigés																								
1.2.2.	Equation $AH(aq) + H_2O(l) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Etat du système</th> <th>avancement en mol</th> <th colspan="4">Quantités de matières en mol</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>initial</td> <td>x = 0</td> <td>n₀</td> <td>solvant</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>intermédiaire</td> <td>x</td> <td>n₀ - x</td> <td>solvant</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>final</td> <td>x_{éq}</td> <td>n₀ - x_{éq}</td> <td>solvant</td> <td>x_{éq}</td> <td>x_{éq}</td> </tr> </tbody> </table>	Etat du système	avancement en mol	Quantités de matières en mol				initial	x = 0	n ₀	solvant	0	0	intermédiaire	x	n ₀ - x	solvant	x	x	final	x _{éq}	n ₀ - x _{éq}	solvant	x _{éq}	x _{éq}	0,25	Tout ou rien Accepter c ₀ V ₀ à la place de n ₀
Etat du système	avancement en mol	Quantités de matières en mol																									
initial	x = 0	n ₀	solvant	0	0																						
intermédiaire	x	n ₀ - x	solvant	x	x																						
final	x _{éq}	n ₀ - x _{éq}	solvant	x _{éq}	x _{éq}																						
1.2.3.	D'après le tableau d'avancement $[H_3O^+]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V_0}$ Par définition $[H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$ donc $x_{éq} = V_0 \cdot 10^{-pH}$	0,25 0,25																									
1.2.4.	$x_{éq} = 0,100 \times 10^{-2,6} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$	0,25																									
1.2.5.	Le taux d'avancement à l'équilibre est, par définition, $\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}} = \frac{x_{éq}}{n_0} = \frac{2,5 \times 10^{-4}}{7,2 \times 10^{-4}} = 0,35$ La réaction n'est pas totale car $\tau < 1$.	0,25 0,25	Tout ou rien																								
2. Dosage du synthol®																											
2.1. Calcul de la concentration																											
	Masse des 100mL de solution : $m = \rho V_A = 95,0g$ Masse d'acide salicylique : $m_A = \frac{10,5 \times 95,0}{100} = 9,98mg$ Quantité de matière : $n(C_7H_6O_3) = \frac{m(C_7H_6O_3)}{M_A} = \frac{9,98 \times 10^{-3}}{138} = 7,23 \times 10^{-5} \text{ mol}$ Concentration : $c_A = \frac{n(C_7H_6O_3)}{V_A} = 7,23 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25 0,25	On admettra tout raisonnement cohérent. Accepter les résultats entre 7,24 et 7,25																								
2.2. Préparation du dosage																											
2.2.1.	À l'équivalence les réactifs ont été mélangés dans les proportions de la réaction (ou on change de réactif limitant) $n_i(C_7H_6O_3) = n(HO^-)$	0,25 0,25																									
2.2.2.	D'après la relation précédente $n_i(C_7H_6O_3) = c_B \cdot V_{BE}$ $c_B = \frac{n_i(C_7H_6O_3)}{V_{BE}}$ Si $V_{BE} = 5,0mL$ il faut $c_B = (7,23 \times 10^{-5}) / 5 \cdot 10^{-3} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ Si $V_{BE} = 20,0mL$ il faut $c_B = (7,23 \times 10^{-5}) / 20 \cdot 10^{-3} = 3,6 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	0,25 0,25 0,25																									

2.2.3.	La quantité de matière est conservée. Il faut faire une dilution par 10. On prélève à la pipette jaugée 5,0mL de la solution S ₀ qu'on verse dans une fiole jaugée de 50 mL , on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on agite.	0,25 0,25	Pour les valeurs numériques Pour la description de la manipulation
2.3. Choix du type de dosage			
2.3.1.a.	L'indicateur coloré approprié est le bleu de bromothymol dont la zone de virage encadre le pH à l'équivalence.	0,25	
2.3.1.b.	Le Synthol® est déjà coloré en jaune par le jaune de quinoléine.	0,25	
2.3.2.	Le solvant est un mélange eau-alcool. L'alcool empêche le dosage pH-métrique.	0,25	Accepter : « on lit éthanol sur l'étiquette »
2.4. Réalisation du dosage conductimétrique			
 <p>Burette graduée contenant la solution titrante d'hydroxyde de sodium</p> <p>Cellule conductimétrique</p> <p>Becher contenant la solution de Synthol®</p> <p>Agitateur magnétique</p>		0,50	Retirer 0,25 par erreur ou oubli
2.5. Exploitation de la courbe			
2.5.1.	Après l'équivalence, les ions HO ⁻ ne réagissent plus. Les ions Na ⁺ et HO ⁻ ajoutés restent en solution, leur concentrations augmentent donc la conductivité augmente.	0,25	
2.5.2.	Accepter une valeur comprise entre 6,5 mL et 7,5 mL	0,25	
2.5.3.	$C_{\text{salicylique dosé}} = \frac{n_{\text{salicylique dosé}}}{V_A} = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A}$ Accepter tout résultat, avec son unité, cohérent avec la réponse précédente L'ordre de grandeur du résultat est celui trouvé à la question 2.1.	0,25 0,25	

Exercice II. Frottements avec l'air : qu'en dit la NASA ? (5,5 points)

Remarque générale: Retirez une seule fois, pour tout l'exercice, 0.25 points si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

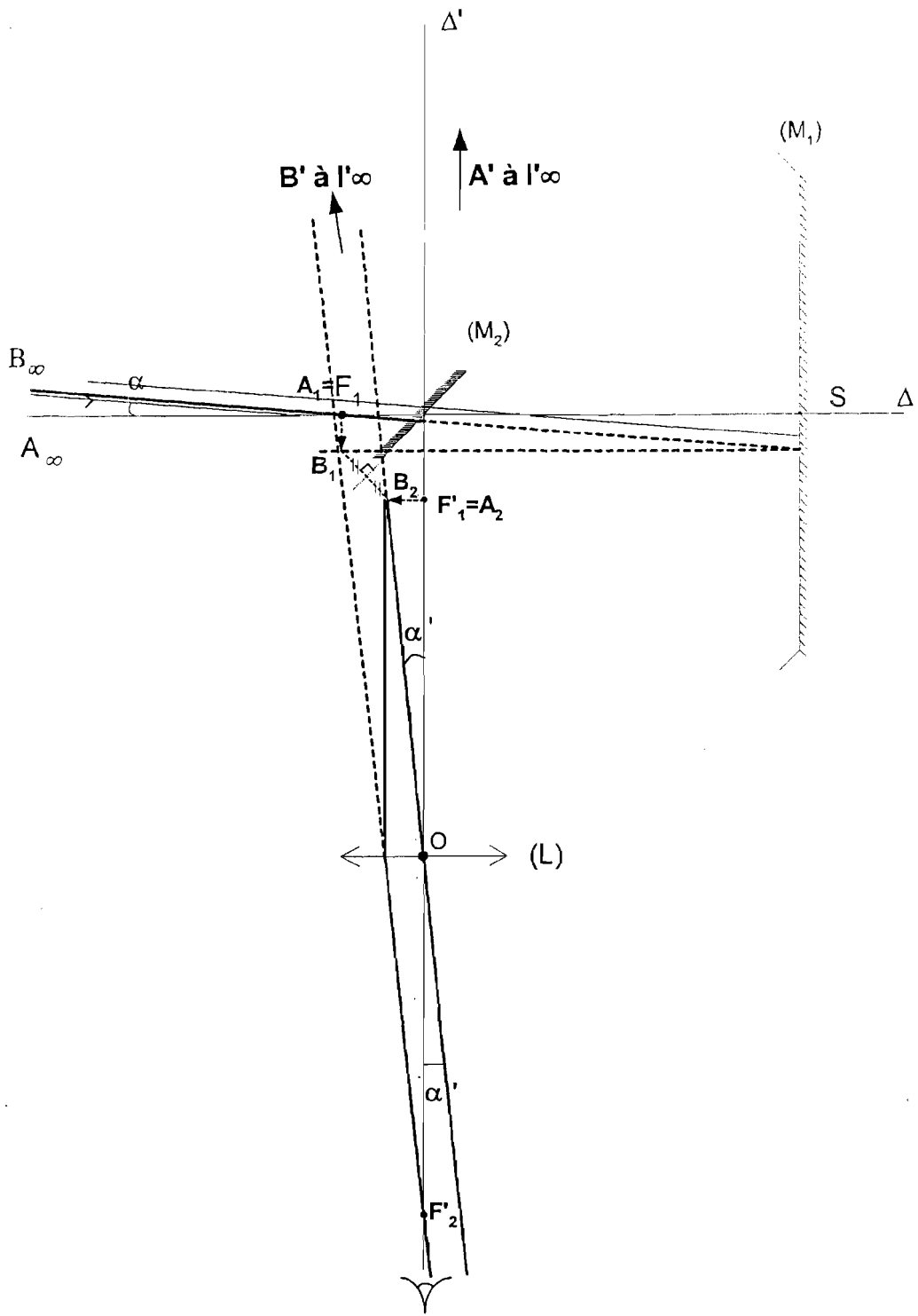
	Réponses	Barème	Commentaires
1.	Identique en tout point de l'espace (ou de la zone d'étude)	0,25	
2.	Direction : verticale (ou même direction que le poids) ; Sens : vers le haut (ou opposé au sens du poids) ; Valeur : $m_{\text{air déplacé}} \cdot g = V \cdot \rho_{\text{air}} \cdot g$ (ou une phrase parlant du poids de l'air déplacé par l'objet)	0,5	2 éléments sur 3 : 0,25 1 seul ou rien : 0
3.	 <p>En appliquant la deuxième loi de Newton puis en projetant sur un axe vertical orienté vers le bas, on obtient :</p> $\vec{P} + \vec{\pi} + \vec{f} = m \cdot \vec{a}_G$ <p>On projette sur (Oz) :</p> $P - \pi - f = m \cdot a_z$ <p>Pour le modèle 1 :</p> $m \cdot g - V \cdot \rho_{\text{air}} \cdot g - A \cdot \eta_{\text{air}} \cdot v = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad \text{soit}$ $m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - A \cdot \eta_{\text{air}} \cdot v$ <p>Pour le modèle 2 :</p> $m \cdot g - V \cdot \rho_{\text{air}} \cdot g - B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2 = m \cdot \frac{dv}{dt} \quad \text{soit}$ $m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2$	0,25 0,25 0,25 0,25	Relation vectorielle Projection sur l'axe
4.1.	$a_0 = \frac{dv}{dt}(t=0)$ et à $t=0, v=0$, d'où $a_0 = g \left(1 - \frac{\rho_{\text{air}} V}{m} \right)$	0,5	
4.2.	 <p>On trace la tangente à la courbe en $t=0$ et on détermine son coefficient directeur qui est égal à la valeur de l'accélération a_0 ($a_0 = 2,4/0,4 = 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)</p> <p>Relation $a_0 = \left(\frac{dv}{dt} \right)_{t=0}$ d'où $a_0 \approx 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.</p>	0,5	0,25 pour la tangente et son coef. dir. 0,25 pour le lien avec a_0 . Accepter les résultats compris entre 5,9 et 6,1.
4.3.	$a_0 = g \left(1 - \frac{\rho_{\text{air}} V}{m} \right) = 9,8 \left(1 - \frac{1,2 \times 7 \cdot 10^{-3}}{22 \times 10^{-3}} \right) \approx 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$	0,25	

5.1.		0,25	Tolérer une imprécision sur les valeurs liée à la lecture graphique.
5.2.	<p>Lorsque v tend vers $v_{lim,1}$, alors dv/dt tend vers zéro (asymptote horizontale). L'équation différentielle (1) permet d'écrire alors :</p> $0 = mg \left(1 - \frac{V\rho_{air}}{m} \right) - A\eta_{air}v_{lim,1} \text{ soit } v_{lim,1} = \frac{mg \left(1 - \frac{V\rho_{air}}{m} \right)}{A\eta_{air}}$	0,5	
5.3.	$v_{lim,1} \approx 7 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$	0,25	On ne cherche que des valeurs approchées, les résultats doivent avoir peu de chiffres significatifs
5.4.	$v_{lim,2} \approx 2 \text{ m.s}^{-1}$ La valeur expérimentale de $v_{lim} \approx 2,7 \text{ m.s}^{-1}$ (question 5.1.). Le résultat le plus approchant correspond au modèle 2.	0,25	
6.1.	La navette possède de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur	0,25	Énergie potentielle de gravitation admise.
6.2.	2 térajoules correspondent à une énergie et 1 mégawatt à une puissance.	0,25	
6.3.	$ \Delta E_c = \frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2)$ AN : $ \Delta E_c = 2,1 \cdot 10^{12} \text{ J}$ $P = \frac{ \Delta E_c }{\Delta t}$ AN : $P = 10^9 \text{ W} = 1 \text{ GW}$ Donc la proposition d'1 mégawatt est fausse	0,25 0,25 0,25	Résultat sans valeur absolue possible : $\Delta E_c < 0$

EXERCICE III. Détection d'exoplanètes (4 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1.1	A_1B_1 image d'un objet à l'infini se trouve dans le plan contenant le foyer image du miroir (M_1). Donc $F_1 = A_1$	0,25	
1.2	$\tan \alpha \approx \alpha = \frac{A_1B_1}{SF_1} = \frac{A_1B_1}{f_1}$	0,25	
1.3.1	Figure	0,25	
1.3.2.	$A_1B_1 = A_2B_2$.	0,25	
1.4.1.	L'objet A_2B_2 est situé dans le plan focal objet de l'oculaire, son image $A'B'$ se situe à l'infini.	0,25	
1.4.2.	Les rayons sont parallèles entre eux. Figure	0,25	
1.5.1.	Figure	0,25	
1.5.2.	$\tan \alpha' \approx \alpha' = \frac{A_2B_2}{OF_2} = \frac{A_2B_2}{f_2}$	0,25	
1.5.3.	$\frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\frac{A_2B_2}{f_2}}{\frac{A_1B_1}{f_1}} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{1200}{30} = 40$	0,25	
1.6.1.	$\alpha = \frac{\text{distance de la planète à l'étoile hôte}}{\text{distance du système à la terre}} = \frac{0,045 \times 150 \times 10^9}{153 \times 9,5 \times 10^{15}}$ $\alpha = 4,6 \times 10^{-9} \text{ rad}$	0,25	
1.6.2.	$\alpha' = Gr \cdot \alpha = 40 \times 4,6 \times 10^{-9} = 1,8 \times 10^{-7} \text{ rad}$	0,25	
1.6.3.	α' est bien plus petit que $3,5 \times 10^{-4} \text{ rad}$ donc impossible de résoudre les 2 objets.	0,25	
2.1.	Lecture graphique : $T = 5,5 - 2,0 = 3,5 \text{ j.}$ $T = 3,5 \times 86400 = 3,0 \times 10^5 \text{ s}$	0,25 0,25	
2.2.	$a = \sqrt[3]{T^2 \times \frac{GM}{4\pi^2}}$ $= \sqrt[3]{\left((3,0 \times 10^5)^2 \times 6,67 \times 10^{-11} \times 1,057 \times 2,05 \times 10^{30}\right) \div (4\pi^2)}$ $a = 6,9 \times 10^9 \text{ m}$ Or $0,045 \text{ u.a.} = 6,8 \times 10^9 \text{ m}$ donc les deux valeurs sont cohérentes.	0,5	Accepter $6,9 \times 10^9 \text{ m} =$ $0,046 \text{ u.a.}$



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 12) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. LE MONOI DE TAHITI (6,5 points)

Issu de traditions millénaires, le monoï de Tahiti (produit cosmétique) vous assure de bénéficier des vertus de la fleur de Tiaré et de l'huile de coprah raffinée qui le composent

L'huile de coprah est très riche en acides gras saturés (45 % d'acide laurique notamment).

Endémique en Polynésie Française, la fleur de Tiaré présente des propriétés originales

Elle sécrète en effet une huile essentielle riche en alcools et en esters (salicylate de méthyle) connus pour leurs propriétés assainissantes et apaisantes.

« d'après le site Internet de l'Institut du Monoï »

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Cet exercice a pour objectif d'étudier une utilisation de l'huile de coprah pour fabriquer du savon puis d'étudier quelques propriétés d'un ester présent dans la fleur de Tiaré.

Données :

Nom	Formule	Masse molaire
laurate de glycéryle	$C_{39}H_{74}O_6$	$M_1 = 638 \text{ g.mol}^{-1}$
laurate de sodium	$C_{12}H_{23}O_2Na$	$M_2 = 222 \text{ g.mol}^{-1}$
glycérol	$C_3H_8O_3$	$M_3 = 92,0 \text{ g.mol}^{-1}$

1. L'huile de coprah

Le savon de Marseille est fabriqué avec des huiles végétales telles que l'huile d'arachide, l'huile de coprah – au grand pouvoir moussant – et l'huile de palme.

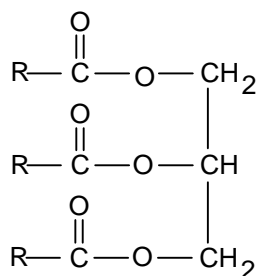
On lit sur le site de la savonnerie "Le Sérail" : " La première étape de fabrication est le mélange des huiles végétales avec l'alcali auquel on va ajouter du sel de mer. La cuisson consiste à porter à ébullition la pâte pendant quatre heures à une température d'environ cent degrés."*

** alcali : nom générique d'une base. Exemples : soude (hydroxyde de sodium) ou potasse (hydroxyde de potassium).*

1.1. La transformation chimique de l'huile de coprah

1.1.1. Quel est le nom de la réaction chimique citée ci-dessus, qui met en jeu une huile et l'alcali ?

1.1.2. L'huile de coprah est constituée d'un mélange de triglycérides de formule générale :



Écrire l'équation de la réaction entre un triglycéride et l'hydroxyde de sodium en solution aqueuse ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$).

1.1.3. On considère pour la suite que l'huile est constituée uniquement du laurate de glycéryle qui est un triglycéride de l'acide laurique. L'acide laurique a pour formule $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$. Donner la formule semi-développée du savon obtenu, le laurate de sodium, par action de la solution de soude sur le laurate de glycéryle.

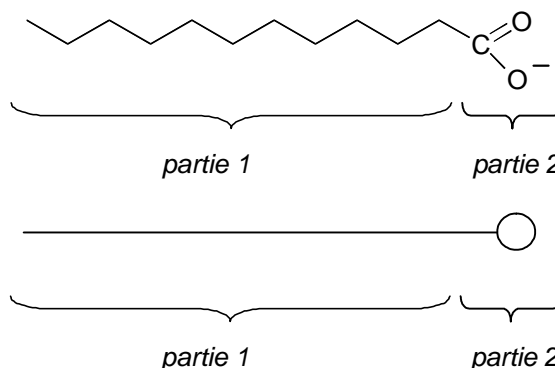
1.1.4. Dans une savonnerie, pour obtenir 1,0 tonne de savon, on utilise une masse $m_1 = 1,3$ tonne (soit $1,3 \times 10^3$ kg) de laurate de glycéryle et un volume $V_0 = 2,0 \text{ m}^3$ de solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_0 = 6,0 \text{ mol.L}^{-1}$. On note n_1 la quantité de matière initiale de laurate de glycéryle et n_0 celle d'hydroxyde de sodium.

Compléter **LE TABLEAU D'AVANCEMENT DE L'ANNEXE PAGE 12** puis calculer les valeurs de n_1 et de n_0 .

- 1.1.5. Montrer que l'avancement maximal est $x_{\max} = 2,0 \times 10^3$ mol.
 1.1.6. En déduire la masse maximale m_2 de laurate de sodium attendue.
 1.1.7. Définir le rendement de la synthèse du savon puis le calculer.

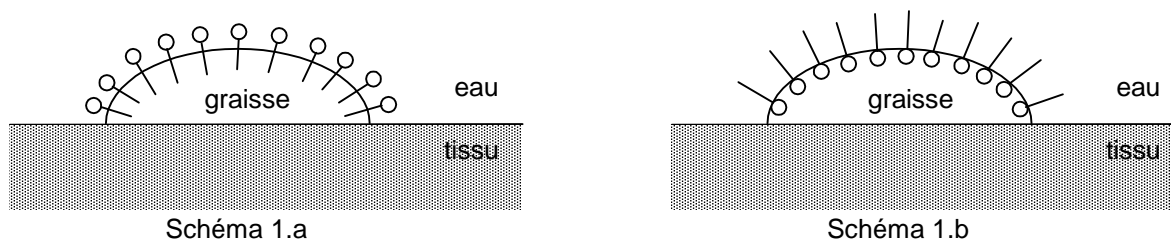
1.2. Propriétés du laurate de sodium

1.2.1. On peut représenter schématiquement l'ion actif du savon de la façon suivante :



Reproduire le schéma simplifié et légénder chaque partie à l'aide du vocabulaire suivant : hydrophile, hydrophobe, lipophile, lipophobe.

1.2.2. Choisir en justifiant parmi les schémas 1.a et 1.b de la **figure 1** celui qui peut expliquer le mode d'action d'un savon.

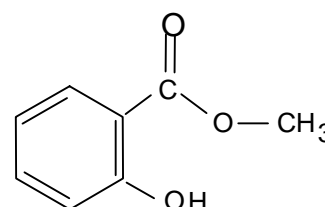


2. Le salicylate de méthyle issu de la fleur de Tiaré

Nom	Formule	Température d'ébullition (pression 1 bar)
acide salicylique	$HO-C_6H_4-COOH$	$\theta_1 = 211 \text{ }^\circ\text{C}$
méthanol	CH_3OH	$\theta_2 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$
salicylate de méthyle	$HO-C_6H_4-COOCH_3$	$\theta_3 = 223 \text{ }^\circ\text{C}$

Le salicylate de méthyle, présent dans la fleur de Tiaré, est un composé moléculaire pouvant subir différentes réactions de décomposition ou de dégradation dont deux d'entre elles sont étudiées ci-après.

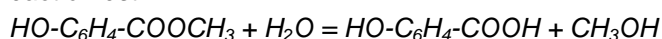
Sa formule semi-développée est :



2.1. Réaction d'hydrolyse du salicylate de méthyle

- 2.1.1. Recopier la formule, entourer et nommer les groupes caractéristiques de la molécule.
 2.1.2. En 1844, Auguste Cahours réalise l'hydrolyse du salicylate de méthyle, accédant ainsi à l'acide salicylique qui fut employé comme médicament contre les rhumatismes avant la synthèse de l'aspirine.

L'équation de cette réaction est :



Citer une propriété caractéristique de cette réaction.

2.1.3. Citer un procédé permettant d'augmenter la vitesse de réaction.

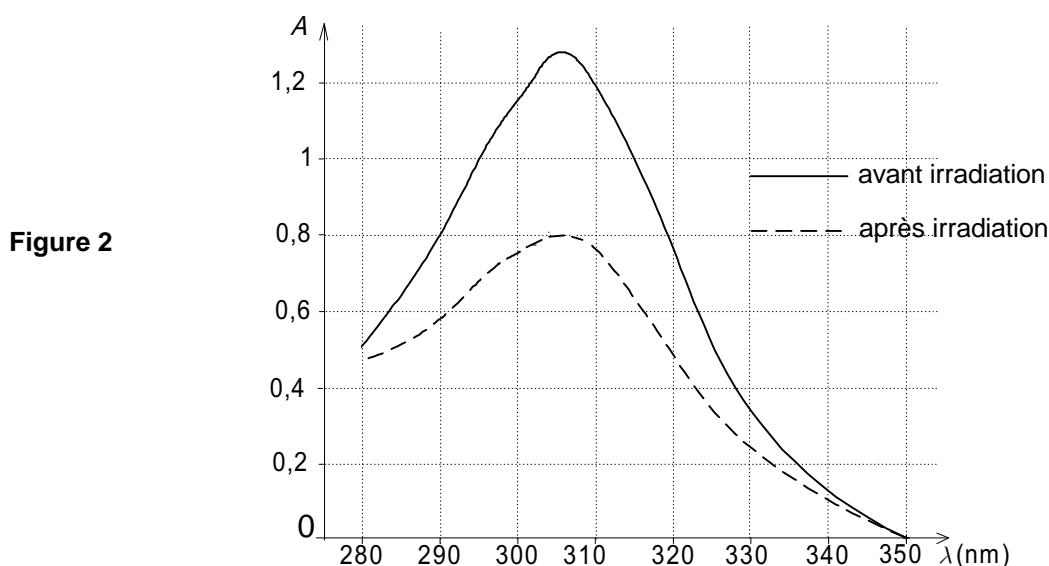
2.1.4. Citer un procédé permettant d'obtenir davantage de produit par déplacement d'équilibre (On pourra s'aider des données de la question 2).

2.2. Dégradation photochimique du salicylate de méthyle

Comme nombre de composés moléculaires organiques, le salicylate de méthyle se dégrade sous l'action de la lumière. On étudie par spectrophotométrie la cinétique de sa décomposition.

Pour cela, on soumet des films contenant du salicylate de méthyle à un rayonnement de longueurs d'onde comprises entre 280 et 350 nm, à une température de 60°C. La puissance ainsi reçue par unité de surface du film est égale à environ 6 fois celle qui correspond à une irradiation solaire maximale.

2.2.1. La courbe donnant l'évolution de l'absorbance du film contenant du salicylate de méthyle en fonction de la longueur d'onde est représentée sur la **figure 2** avant irradiation et après quelques heures d'irradiation :



Quelle est la longueur d'onde optimale pour l'étude de l'absorbance du film ? Justifier.

2.2.2. Dans quel domaine du spectre électromagnétique (ultraviolet, visible, infrarouge) cette longueur d'onde se situe-t-elle ?

2.2.3. D'après la **figure 2**, comment expliquer la différence d'absorbance du film contenant du salicylate de méthyle, avant et après irradiation ?

2.2.4. Pour l'étude cinétique, on expose les films à l'irradiation pendant des durées déterminées, puis on mesure l'absorbance du film pour une longueur d'onde de 306 nm.

Dans les conditions de l'expérience, l'absorbance étant proportionnelle à la quantité de matière de salicylate de méthyle restant, on obtient la courbe d'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction de dégradation donnée sur **LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 12**.

L'étude cinétique montre que la dégradation du salicylate de méthyle est lente. Dans cette étude, la vitesse peut s'écrire : $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$, où V est une constante

D'après la courbe de la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 12**, comment évolue la valeur de la vitesse de cette réaction au cours du temps ? Justifier.

2.2.5. Donner la définition du temps de demi-réaction d'une transformation chimique.

2.2.6. Déterminer le temps de demi-réaction pour la dégradation du salicylate de méthyle en expliquant la méthode utilisée. Faire le tracé nécessaire sur **LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 12**.

2.2.7. L'Institut du Monoï vante les propriétés assainissantes et apaisantes de la fleur de Tiaré. Compte-tenu des propriétés absorbantes du salicylate de méthyle dans l'ultra-violet, on peut envisager de l'utiliser dans la composition de crèmes solaires.

D'après le résultat obtenu à la question 2.2.6, est-il envisageable de l'utiliser pour une durée d'exposition d'une demi-journée ?

EXERCICE II. DE LA TERRE À LA LUNE (5,5 points)

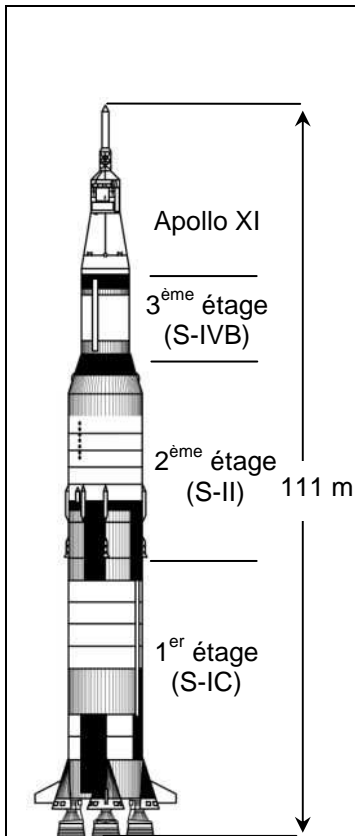


Figure 4 : Saturn V

Le 16 juillet 1969 à 14 h 32 (heure française), la fusée géante américaine Saturn V (**figure 4**) décolle de Cap Kennedy (Etats-Unis) avec à son sommet le vaisseau spatial "Apollo XI" et son équipage composé de Neil Armstrong, Edwin Aldrin et Michael Collins. Le 21 juillet 1969 à 3 h 56, Armstrong est le premier homme à fouler le sol lunaire suivi quelques minutes plus tard par Aldrin. Les deux astronautes resteront en tout 22 heures sur la Lune, dont environ 2 heures à l'extérieur du module d'exploration lunaire LEM.

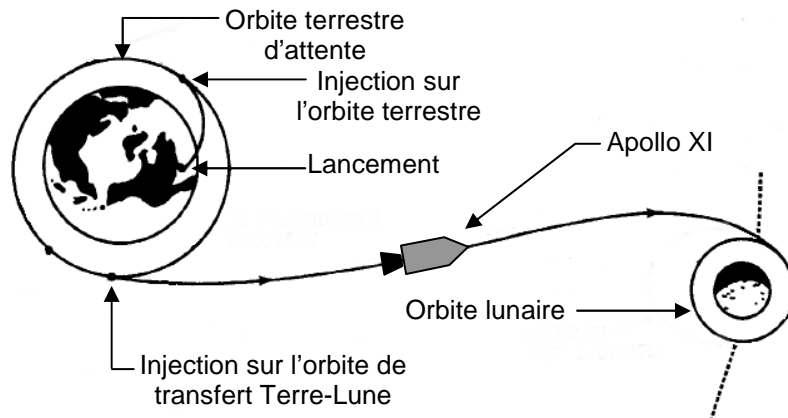


Figure 5 : de la Terre à la Lune (mission Apollo XI)

Données :

Masse de la Terre $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$

Rayon de la Terre $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$

Masse de la Lune $M_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$

Constante de gravitation universelle $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Champ de pesanteur terrestre au niveau du sol $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Masse totale de la fusée au décollage : $M = 2,9 \times 10^3 \text{ tonnes}$

Tous les astres sont considérés comme des corps à répartition de masse à symétrie sphérique.

On se propose d'étudier d'une manière simplifiée quelques unes des phases du voyage conduisant de la Terre à la Lune (**figure 5** ci-dessus) ainsi que certaines expériences scientifiques liées à la mission Apollo.

Les différentes parties de l'exercice sont indépendantes.

1. Ascension de la fusée Saturn V

Le premier étage (S-IC) fonctionne pendant 180 secondes, il contient environ 2 tonnes de carburant et d'oxygène liquide permettant de propulser l'ensemble à une altitude de 68 km. L'intensité de la force de poussée F des réacteurs est de l'ordre de $3,3 \times 10^7 \text{ N}$.

L'étude du lancement de la fusée peut se faire en appliquant la seconde loi de Newton dans certaines conditions qu'on se propose de préciser à partir de son énoncé ci-dessous :

« Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide de masse m constante est égale au produit de la masse du solide par le vecteur accélération de son centre d'inertie ».

- 1.1. Quel référentiel supposé galiléen peut-on choisir pour étudier la phase du début du lancement ?
- 1.2. Faire un inventaire des forces extérieures appliquées à la fusée en tenant compte de l'interaction de l'air avec la fusée. Les représenter au centre d'inertie de la fusée sur un schéma sans souci d'échelle (le décollage est supposé vertical).
- 1.3. Pourquoi ne peut-on pas appliquer la seconde loi de Newton, telle qu'elle est énoncée, à la fusée lors de son ascension ?
Quelle hypothèse peut-on, cependant, poser pour appliquer cette loi au tout début du lancement ?
- 1.4. En ne considérant que le poids et la poussée, montrer que la valeur de l'accélération de la fusée à l'instant initial du lancement vaut $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

2. Mise en orbite autour de la Terre du système {S-IVB + Apollo XI}

A 68 km d'altitude, les réservoirs vides du premier étage sont largués et les cinq moteurs du deuxième étage sont allumés pendant 360 s. Après largage du deuxième étage, l'unique moteur du troisième étage est mis en fonction pendant 180 s permettant la satellisation sur une orbite circulaire d'attente à l'altitude $h = 185 \text{ km}$.

Dans la suite, on note {fusée} le système formé du troisième étage et du vaisseau Apollo XI.

On étudie le mouvement du système {fusée}, de centre d'inertie G et de masse m , dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. On ne tiendra compte que de l'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur le système {fusée}.

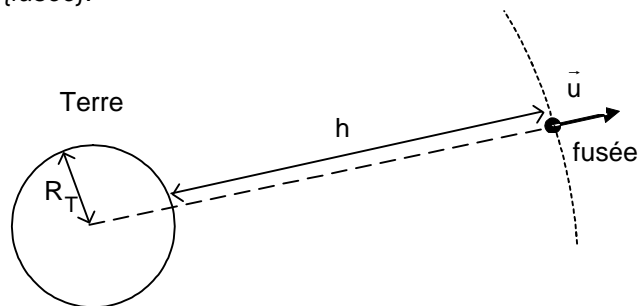


Figure 6

- 2.1. Donner l'expression vectorielle de la force $\vec{F}_{T/F}$ exercée par la Terre sur le système {fusée} en utilisant le vecteur unitaire \vec{u} défini sur la **figure 6**. Reproduire la **figure 6** sur la copie et représenter cette force (sans souci d'échelle).
- 2.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression vectorielle de l'accélération du centre d'inertie du système {fusée}. En supposant que le mouvement du système {fusée} est circulaire dans le référentiel géocentrique, montrer que le vecteur accélération est centripète. En déduire que le mouvement est uniforme.
- 2.3. Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse du centre d'inertie G du système {fusée} est :

$$v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$$

Calculer sa valeur.

Après deux révolutions autour de la Terre, le moteur du troisième étage est allumé augmentant ainsi la vitesse de la fusée. Le moteur est coupé puis le troisième étage se sépare du vaisseau spatial. Ce dernier suit alors la trajectoire en direction de la Lune dans le référentiel géocentrique. Enfin, le troisième étage est mis en orbite basse autour de la Lune. Le module d'exploration lunaire peut alors se poser sur la Lune.

3. Quelques expériences associées à la mission Apollo

Lors de la mission Apollo XI et des suivantes, du matériel scientifique a été déployé à la surface de la Lune afin de l'étudier. Des échantillons de roche lunaire ont également été ramenés sur Terre.

De nombreuses méthodes de datation reposent sur la décroissance radioactive de certains radioéléments. Un radioélément est adapté à cette mesure si son temps de demi-vie est de l'ordre de grandeur de l'âge à déterminer.

3.1. Parmi les radioéléments ci-dessous, indiquer en justifiant celui qui pourrait être utilisé pour mesurer l'âge de la Lune.

isotope radioactif	ordre de grandeur du temps de demi-vie
<i>iode 131</i>	<i>une dizaine de jours</i>
<i>plutonium 238</i>	<i>une centaine d'années</i>
<i>potassium 40</i>	<i>un milliard d'années</i>

Pour déterminer l'âge des roches lunaires ramenées sur Terre par les astronautes, les physiciens ont mesuré expérimentalement les quantités relatives d'argon 40 gazeux et de potassium 40 solide emprisonnés dans la roche lunaire.

3.2. *Le potassium ${}_{19}^{40}\text{K}$ est un isotope radioactif. Il se désintègre en produisant de l'argon ${}_{18}^{40}\text{Ar}$. Écrire l'équation de désintégration nucléaire d'un noyau de potassium 40.*

3.3. Donner l'expression du nombre $N_K(t)$ de noyaux radioactifs de potassium 40 présents dans l'échantillon de roche lunaire à la date t en fonction du nombre initial $N_K(0)$ de ces noyaux.

3.4. Donner la définition du temps de demi-vie d'un échantillon radioactif. Établir la relation liant la constante de désintégration radioactive λ et le temps de demi-vie. Montrer que $\lambda = 5,50 \times 10^{-10} \text{ an}^{-1}$ pour le potassium 40 sachant que $t_{1/2} = 1,26 \times 10^9 \text{ ans}$.

3.5. *Un échantillon de 1,0 g de roche lunaire analysé à la date t contient $N_{Ar}(t) = 2,3 \times 10^{17}$ noyaux d'argon 40 et $N_K(t) = 2,4 \times 10^{16}$ noyaux de potassium 40. En admettant que le potassium 40 ne subit que la désintégration de la question 3.2. et que la roche lunaire ne contenait pas d'argon 40 au moment de sa formation, on montre que $N_K(0) = N_K(t) + N_{Ar}(t)$.*

Évaluer l'âge de cette roche lunaire.

EXERCICE III. L'ECHOGRAPHIE : COMMENT ÇA « MARCHE » ? (4 points)

En médecine, l'échographie est un examen courant, indolore et non dangereux permettant l'observation « directe » d'organes internes. La technique de l'échographie utilise des ondes ultrasonores produites par une sonde jouant le rôle d'émetteur et de récepteur. Les fréquences utilisées dépendent des organes ou des tissus biologiques à sonder (2 MHz à 15 MHz).

Pour obtenir une image par échographie on exploite entre autres, les propriétés suivantes des ondes ultrasonores :

- la célérité et l'absorption de l'onde ultrasonore dépendent du milieu traversé
- lorsqu'elle change de milieu, une partie de l'onde incidente est réfléchi, l'autre est transmise (elle continue son chemin). On dit qu'il y a réflexion partielle lorsqu'il y a changement de milieu aux interfaces tissulaires.

Connaissant les temps de retour des échos, leurs amplitudes et leurs célérités, on en déduit des informations sur la nature et l'épaisseur des tissus traversés. Un ordinateur compile toutes les informations et fournit des images de synthèse des organes sondés.

L'objectif de cet exercice est, après l'étude de quelques propriétés des ondes ultrasonores, d'illustrer le principe de l'échographie linéaire unidimensionnelle par la mesure de l'épaisseur d'un obstacle.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.

1. Les ondes ultrasonores

1.1. Les ondes sonores et ultrasonores sont des ondes mécaniques.

Définir ce qu'on appelle une onde mécanique.

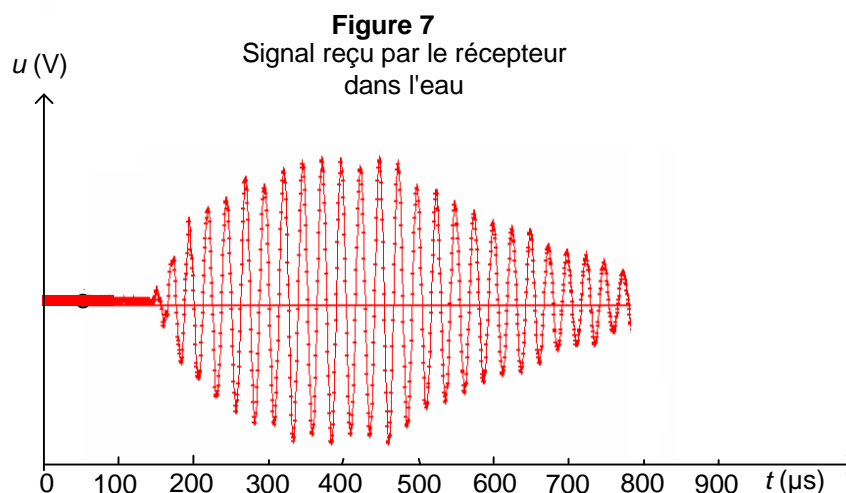
1.2. Les ondes ultrasonores sont des ondes longitudinales.

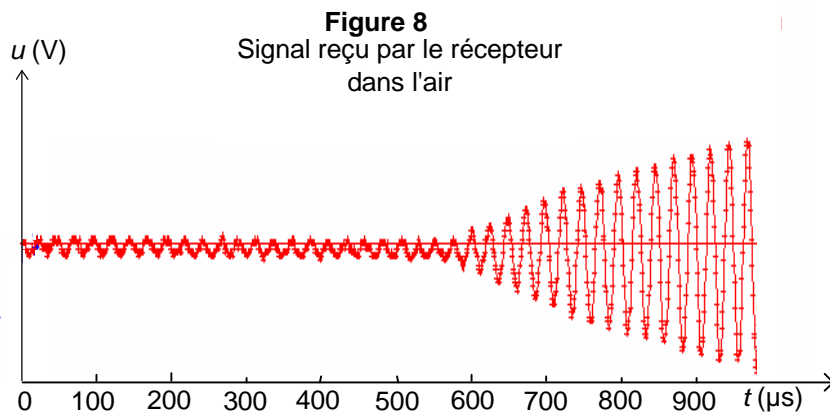
Donner la définition d'une onde longitudinale.

2. Vitesse de propagation et milieu de propagation

Un émetteur ultrasonore est relié à un générateur de salves. L'émetteur est le siège d'oscillations très brèves. Le récepteur transforme l'onde ultrasonore reçue en signal électrique de même fréquence que cette onde. L'émetteur et le récepteur, placés dans un même milieu, en regard l'un de l'autre et à une distance donnée ℓ , sont reliés à un oscilloscope à mémoire. Les acquisitions sont transférées vers un tableur grapheur scientifique.

Les graphes ci-dessous donnent le signal capté par le récepteur. L'origine des dates $t = 0$ s est l'instant de l'émission. Selon les milieux traversés on obtient les deux enregistrements **figure 7** et **figure 8** ci-dessous.





2.1. Sans faire de calcul, expliquer à l'aide des graphiques dans quel milieu la propagation des ultrasons est la plus rapide.

2.2. L'émetteur et le récepteur sont séparés par une distance $\ell = 20,0$ cm.

Calculer la vitesse de propagation des ultrasons dans l'eau.

3. Comprendre le principe de l'échographie - Modélisation

Dans un récipient rempli d'eau, on place une plaque de Plexiglas® d'épaisseur e . L'eau simule le corps humain dont la composition est de 65 à 90 % d'eau (excepté pour les os et les dents). La plaque de plexiglas simule un muscle dense.

Une sonde échographique constituée d'un émetteur et d'un récepteur est plongée dans l'eau. Les signaux émis et reçus par la sonde sont très brefs. Sur les oscillogrammes, on représentera par un pic simple les signaux nécessaires à l'exploitation. On choisit sur les oscillogrammes l'origine des dates à l'instant de l'émission du signal.

Schéma de principe :

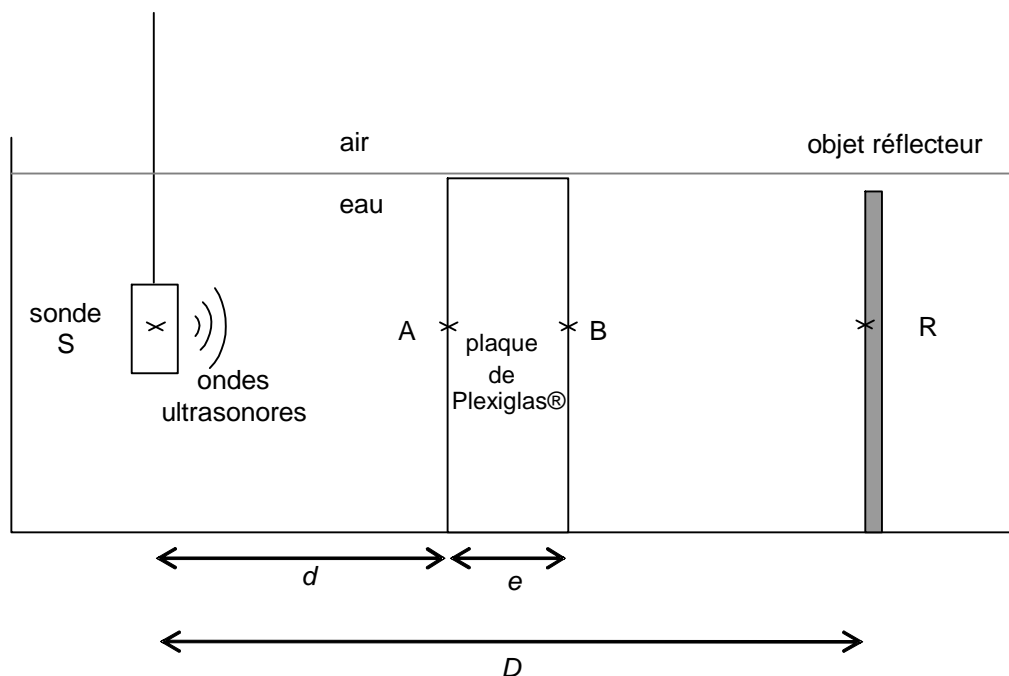
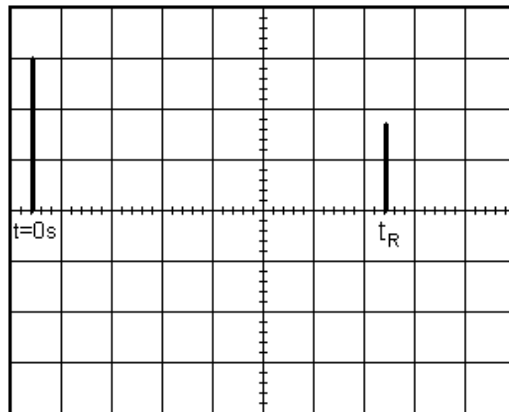


Figure 9

3.1. L'oscillogramme **figure 10** est obtenu sans la plaque de Plexiglas[®]. À l'instant $t = 0$ s on visualise le signal émis par la sonde. À l'instant t_R , on visualise l'écho réfléchi sur l'objet réflecteur, on l'appellera écho de référence.



La durée de balayage de l'oscilloscope est $\tau_{osc} = 20 \mu s \cdot div^{-1}$.

Figure 10

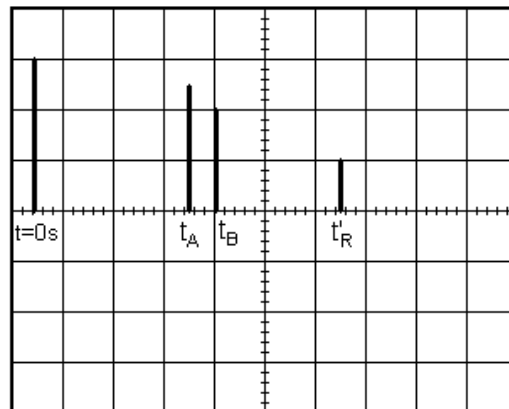
3.1.1. À l'aide de l'oscillogramme **figure 10**, déterminer la date t_R .

3.1.2. Établir que l'expression de la date t_R en fonction de la distance D et de la célérité v des ultrasons dans l'eau est :

$$t_R = \frac{2.D}{v}$$

3.2. L'oscillogramme **figure 11** est obtenu avec la plaque de Plexiglas[®]. t_A et t_B sont les dates auxquelles la sonde détecte les ondes réfléchies par les faces de la plaque de Plexiglas[®].

Le nouvel écho de référence arrive à la date t'_R .



La durée de balayage de l'oscilloscope est $\tau_{osc} = 20 \mu s \cdot div^{-1}$.

Figure 11

3.2.1. Les ultrasons se propagent-ils plus vite dans l'eau ou dans le Plexiglas[®]? Justifier en comparant les résultats obtenus sur **figures 10** et **11**.

3.2.2. On appelle v' la vitesse de propagation des ultrasons dans le Plexiglas[®].

a. Montrer que, la longueur L du trajet total aller-retour du signal dans l'eau uniquement est :

$$L = 2 \cdot (D - e)$$

b. À l'aide de la question 3.2.2.a, exprimer t'_R en fonction de D , e , v et v' .

3.2.3. Donner l'expression de la date t_A , date à laquelle la sonde reçoit l'écho dû à la réflexion partielle au point A, en fonction de d et v .

3.2.4. Donner l'expression de la date t_B , date à laquelle la sonde reçoit l'écho dû à la réflexion partielle au point B, en fonction de d , e , v et v' .

3.3. Exploitation des résultats

À partir des expressions de t_R et t'_R on montre que $t_R - t'_R = \frac{2e}{v} - \frac{2e}{v'}$ (**relation 1**)

À partir des expressions de t_A et t_B on montre que $t_B - t_A = \frac{2e}{v'}$ (**relation 2**)

3.3.1. En utilisant les **relations 1 et 2**, montrer que l'épaisseur e de la plaque a pour expression : $e = \frac{v}{2}(t_R - t'_R + t_B - t_A)$.

3.3.2. Connaissant les dates suivantes : $t'_R = 1,2 \times 10^{-4} \text{ s}$; $t_A = 6,2 \times 10^{-5} \text{ s}$; $t_B = 7,2 \times 10^{-5} \text{ s}$, calculer la valeur de l'épaisseur de la plaque en prenant $v = 1,43 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$

3.3.3. À partir de la **relation 2**, exprimer v' en fonction de e , t_A et t_B puis calculer sa valeur. Ce résultat est-il en accord avec la question 3.2.1. ?

3.4. Principe de l'échographie

On place dans la cuve remplie d'eau un objet en Plexiglas® présentant quatre épaisseurs différentes (voir la **figure 12** ci-dessous) simulant la forme d'un muscle.

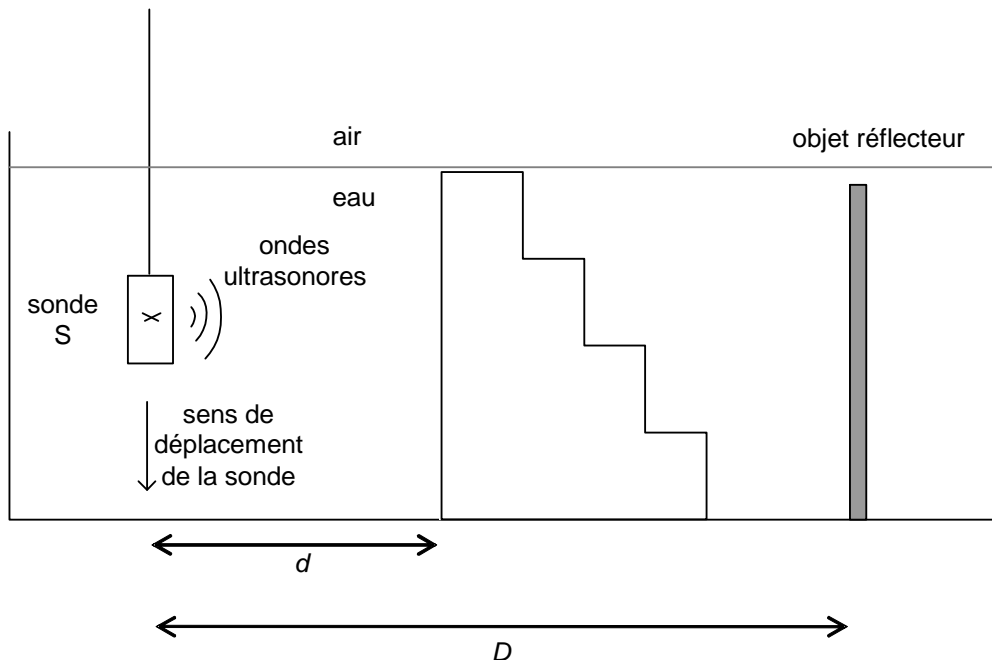


Figure 12

3.4.1. Comment varie t'_R au fur et à mesure que la sonde descend ? Justifier.

3.4.2. Comment varie l'écart $t_B - t_A$ entre l'écho réfléchi à l'entrée de l'objet simulant le muscle et l'écho réfléchi à sa sortie lorsque la sonde descend ? Justifier.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Question 1.1.4. tableau d'avancement

Équation		$C_{39}H_{74}O_6 + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+) + C_3H_8O_3$				
État du système	avancement (mol)	quantités de matière (mol)				
État initial	0	n_1	n_0	n_0		
État en cours de transformation	x					
État final	x_{max}					

Questions 2.2.4 et 2.2.6.

Évolution de l'avancement de la réaction de dégradation du salicylate de méthyle sous irradiation à 306nm

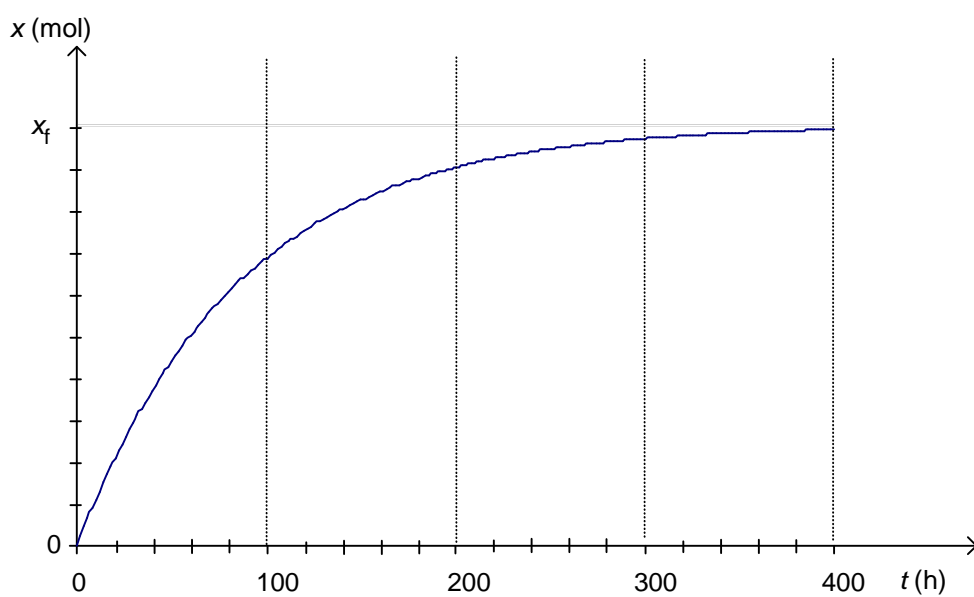


Figure 3

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (OBLIGATOIRE)

- I. LE MONOÏ DE TAHITI (6,5 points)
- II. DE LA TERRE À LA LUNE (5,5 points)
- III. L'ECHOGRAPHIE : COMMENT ÇA « MARCHE » ? (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002** publiée au **B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

Sur la copie le correcteur porte la note sur 16 arrondie au demi-point.

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.


Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. LE MONOI DE TAHITI (6,5 points)

	Réponses																														
1.	L'huile de coprah																														
1.1.	La transformation chimique de l'huile de coprah																														
1.1.1.	C'est une saponification																														
1.1.2.	$ \begin{array}{ccc} R-COO-CH_2 & & CH_2OH \\ & & \\ R-COO-CH + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (RCOO^- + Na^+) + & & CHOH \\ & & \\ R-COO-CH_2 & & CH_2OH \end{array} $																														
1.1.3.	$(CH_3-(CH_2)_{10}-COO^- + Na^+)$ ou $CH_3-(CH_2)_{10}-COONa$																														
1.1.4.	$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{1,3 \cdot 10^6}{638} = 2,0 \cdot 10^3 \text{ mol}$ $n_0 = c_0 V_0 = 2,0 \cdot 10^3 \times 6,0 = 12 \times 10^3 \text{ mol}$ <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Équation</td> <td colspan="6">$C_{39}H_{74}O_6 + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+) + C_3H_8O_3$</td> </tr> <tr> <td>É.I.</td> <td>0</td> <td>n_1</td> <td>n_0</td> <td>n_0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>É.int.</td> <td>x</td> <td>$n_1 - x$</td> <td>$n_0 - 3x$</td> <td>$n_0 - 3x$</td> <td>3x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>É.F.</td> <td>x_{max}</td> <td>$n_1 - x_{max}$</td> <td>$n_0 - 3x_{max}$</td> <td>$n_0 - 3x_{max}$</td> <td>$3x_{max}$</td> <td>x_{max}</td> </tr> </table>	Équation	$C_{39}H_{74}O_6 + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+) + C_3H_8O_3$						É.I.	0	n_1	n_0	n_0	0	0	É.int.	x	$n_1 - x$	$n_0 - 3x$	$n_0 - 3x$	3x	x	É.F.	x_{max}	$n_1 - x_{max}$	$n_0 - 3x_{max}$	$n_0 - 3x_{max}$	$3x_{max}$	x_{max}		
Équation	$C_{39}H_{74}O_6 + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+) + C_3H_8O_3$																														
É.I.	0	n_1	n_0	n_0	0	0																									
É.int.	x	$n_1 - x$	$n_0 - 3x$	$n_0 - 3x$	3x	x																									
É.F.	x_{max}	$n_1 - x_{max}$	$n_0 - 3x_{max}$	$n_0 - 3x_{max}$	$3x_{max}$	x_{max}																									
1.1.5.	$x_{max} = n_1 = 2,0 \cdot 10^3 \text{ mol}$ ou $x_{max} = \frac{n_0}{3} = \frac{12 \times 10^3}{3} = 4,0 \times 10^3 \text{ mol}$ donc $x_{max} = 2,0 \times 10^3 \text{ mol}$																														
1.1.6.	$m_2 = 3x_{max} M_2 = 3 \times 2,0 \cdot 10^3 \times 222 = 1,3 \times 10^6 \text{ g} = 1,3 \text{ tonnes}$																														
1.1.7.	Définition $\rho = \frac{m}{m_2} = \frac{1,0 \times 10^3}{1,3 \times 10^3} = 0,77 = 77\%$																														
1.2.	Les propriétés du laurate de sodium																														
1.2.1.	 <p>Tête hydrophile, lipophile, queue hydrophobe/lipophile</p>																														
1.2.2.	Schéma 1.a, les queues lipophiles pénètrent la goutte de graisse pour lui permettre de passer dans la solution aqueuse grâce aux têtes hydrophiles.																														
2.	Le salicylate de méthyle issu de la fleur de Tiaré																														
2.1.	Réaction d'hydrolyse du salicylate de méthyle																														
2.1.1.	Groupes ester et hydroxyle																														
2.1.2.	Lente ou limitée ou donnant lieu à un équilibre chimique																														
2.1.3.	Chauffer, utiliser un catalyseur, ...																														
2.1.4.	On utilise un excès d'un réactif ou on élimine un produit. Ici, on peut distiller le méthanol à mesure de sa formation car son point d'ébullition est le plus bas.																														
2.2.	Dégradation photochimique du salicylate de méthyle																														
2.2.1.	Environ 305 nm car cela correspond au maximum d'absorption																														
2.2.2.	Elle se situe dans l'ultra-violet																														
2.2.3.	Après irradiation, l'absorbance a diminué montrant la dégradation du salicylate de méthyle.																														
2.2.4.	Le coefficient directeur de la tangente diminue au cours du temps, donc la vitesse de décomposition diminue.																														
2.2.5.	Temps pour lequel $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$																														
2.2.6.	$t_{1/2} = 60 \text{ h}$																														
2.2.7.	A priori oui, le temps de demi-vie est de 60 heures à 60°C pour une puissance égale à 6,3 fois celle de l'irradiation solaire. A fortiori 6 heures à 30°C au soleil.																														

EXERCICE II. DE LA TERRE À LA LUNE (5,5 points).

	Réponses	Barème	Commentaires
1. Ascension de la fusée Saturn V			
1.1.	référentiel terrestre ou géocentrique		
1.2.	<ul style="list-style-type: none"> - son poids \vec{P} - la poussée \vec{F} des réacteurs - force de frottement fluide \vec{f} - poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ 		
1.3.	La masse m est variable lors de l'ascension donc la seconde loi ne peut s'appliquer que sur une durée suffisamment courte pour considérer m comme constante.		
1.4.	Deuxième loi de Newton : $\vec{F} + \vec{P} = m \vec{a}$ On projette cette relation sur un axe vertical Oz ascendant : $-P + F = m a_z \Leftrightarrow -mg + F = m a_z$ D'où $a_z = \frac{F}{m} - g$ $a_z = a$ car $a_z > 0$ et $a = \frac{3,3 \cdot 10^7}{2900 \cdot 10^3} - 9,8 = 1,6 \text{ m.s}^{-2}$		
2. Mise en orbite autour de la Terre du système {S-IVB + Apollo XI}			
2.1.		Dans le référentiel géocentrique supposé galiléen, le système {fusée} est soumis à la force d'attraction gravitationnelle terrestre : $\vec{F}_{T/F} = -G \frac{mM_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$	
2.2.	Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_{T \rightarrow F} = m \vec{a}$ $\Rightarrow \vec{a} = -G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$ Le vecteur accélération est de même direction et de sens opposé au vecteur unitaire \vec{u} donc centripète.		
2.3.	Pour un mouvement circulaire uniforme, la norme de l'accélération du centre d'inertie du système {fusée} a pour expression : $a = \frac{v^2}{(R_T + h)}$		
	En identifiant cette expression à celle de la question précédente il vient : $\frac{v^2}{(R_T + h)} = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$ A.N. : $v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{6,37 \cdot 10^6 + 185 \cdot 10^3}} = 7,80 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$		
3. Quelques expériences associées à la mission Apollo			

3.1.	Il faut choisir le potassium 40 car son temps de demi-vie est de l'ordre de grandeur de l'âge de la Lune.		
3.2.	${}_{19}^{40}\text{K} \rightarrow {}_{18}^{40}\text{Ar} + {}_1^0\text{e}$		
3.3.	Loi de décroissance radioactive : $N_K(t) = N_K(0)e^{-\lambda t}$		
3.4.	<p>Définition</p> $N_K(t_{1/2}) = \frac{N_K(0)}{2}$ $N_K(t_{1/2}) = N_K(0)e^{-\lambda t_{1/2}} ; N_K(0)e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_K(0)}{2} ;$ $e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2} ; e^{\lambda t_{1/2}} = 2$ $\ln e^{\lambda t_{1/2}} = \ln 2 ; \lambda t_{1/2} = \ln 2 ; \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ <p>on en déduit : $\lambda = \frac{\ln 2}{1,26 \cdot 10^9} = 5,50 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$</p>		
3.5.	<p>$N_K(0) = N_K(t) + N_{Ar}(t) = 2,5 \cdot 10^{17}$ noyaux</p> $N_K(t) = N_K(0)e^{-\lambda t} \text{ d'où } t = \frac{\ln\left(\frac{N_K(0)}{N_K(t)}\right)}{\lambda}$ <p>A.N. : $t = \frac{\ln\left(\frac{2,5 \cdot 10^{17}}{2,4 \cdot 10^{16}}\right)}{5,50 \cdot 10^{-10}} = 4,3 \cdot 10^9 \text{ ans}$</p>		

EXERCICE III. L'ECHOGRAPHIE : COMMENT ÇA « MARCHE » ? (4 points)

Réponses			
1. Les ondes ultrasonores.			
1.1.	Phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel.		
1.2.	Longitudinales si le déplacement des points du milieu matériel autour de leurs positions d'équilibre est parallèle à la direction de propagation de la perturbation.		
2. Vitesse de propagation et milieu de propagation.			
2.1.	Le son se propage plus vite dans l'eau que dans l'air car la durée de propagation entre l'émetteur et le récepteur est plus faible sur l'enregistrement 1.		
2.2.	Soit v_1 la célérité des US dans l'eau, Δt_1 la durée de propagation entre l'émetteur et le récepteur. D'après l'enregistrement 1 : $\Delta t_1 = 1,4 \times 10^2 \mu\text{s}$ or $v_1 = \frac{\ell}{\Delta t_1}$ $v_1 = \frac{20,0 \times 10^{-2}}{1,4 \times 10^{-4}} = 1,4 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$		
3. Comprendre le principe de l'échographie – Modélisation.			
3.1.1.	Soit d_R le nombre de divisions entre l'écho de référence et l'instant de l'émission origine des dates. $d_R = 7,0 \text{ div}$ et $t_R = \tau_{\text{osc}} \cdot d_R$ $t_R = 20,0 \times 10^{-6} \times 7,0 = 1,4 \times 10^{-4} \text{ s}$.		
3.1.2.	Le signal fait un aller-retour entre la sonde et le réflecteur, il parcourt donc la distance $2D$ $t_R = \frac{2D}{v}$		
3.2.1.	Les US se propagent plus vite dans le plexiglas que dans l'eau. <u>Justification :</u> $t'_R < t_R$ la durée pour parcourir la même distance $2D$ diminue lorsque les US traversent la lame de plexiglas.		
3.2.2.a.	Dans l'eau, le signal parcourt l'aller et retour $2 \times D$ moins ce qu'il parcourt dans le plexiglas $2 \times e$ soit $L = 2(D - e)$		
3.2.2.b.	t'_R est égale à la durée du parcours dans l'eau plus la durée du parcours dans la lame. $t'_R = \frac{2(D - e)}{v} + \frac{2e}{v'}$		
3.2.3.	$t_A = \frac{2d}{v}$		
3.2.4.	$t_B = \frac{2d}{v} + \frac{2e}{v'}$		

3.3.1.	<p>On remplace $\frac{2e}{v'}$ par $t_B - t_A$ dans la relation (1)</p> $t_R - t'_R = \frac{2e}{v} - (t_B - t_A) \Rightarrow \frac{2e}{v} = (t_R - t'_R + t_B - t_A)$ <p>D'où $e = \frac{v}{2}(t_R - t'_R + t_B - t_A)$</p>		
3.3.2.	$e = \frac{1,43 \times 10^3}{2} (1,4 \times 10^{-4} - 1,2 \times 10^{-4} + 7,2 \times 10^{-5} - 6,2 \times 10^{-5})$ $e = 2,1 \times 10^{-2} m$		
3.3.3.	$v' = \frac{2e}{t_B - t_A} ; v' = \frac{2 \times 2,1 \times 10^{-2}}{7,2 \times 10^{-5} - 6,2 \times 10^{-5}} = 4,2 \times 10^3 m.s^{-1}$ <p>Résultat en accord avec la question 3.2.1 : la célérité des US dans le plexiglas est bien supérieure à la célérité des US dans l'eau.</p>		
3.4.1.	<p>t'_R diminue.</p> <p><u>Justification :</u> La célérité des US dans le plexiglas est supérieure à la célérité dans l'eau. De plus la distance totale parcourue reste toujours égale à 2D mais la distance parcourue dans le plexiglas est plus importante.</p>		
3.4.2.	<p>$t_B - t_A$ augmente</p> <p><u>Justification :</u> $t_B - t_A$ représente la durée de propagation des US dans la lame. Si l'épaisseur de la lame augmente, la distance parcourue par les US dans la lame augmente, donc la durée du parcours aussi.</p>		

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 12) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. LE MONOI DE TAHITI (6,5 points)

Issu de traditions millénaires, le monoï de Tahiti (produit cosmétique) vous assure de bénéficier des vertus de la fleur de Tiaré et de l'huile de coprah raffinée qui le composent

L'huile de coprah est très riche en acides gras saturés (45 % d'acide laurique notamment).

Endémique en Polynésie Française, la fleur de Tiaré présente des propriétés originales

Elle sécrète en effet une huile essentielle riche en alcools et en esters (salicylate de méthyle) connus pour leurs propriétés assainissantes et apaisantes.

« d'après le site Internet de l'Institut du Monoï »

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Cet exercice a pour objectif d'étudier une utilisation de l'huile de coprah pour fabriquer du savon puis d'étudier quelques propriétés d'un ester présent dans la fleur de Tiaré.

Données :

Nom	Formule	Masse molaire
laurate de glycéryle	$C_{39}H_{74}O_6$	$M_1 = 638 \text{ g.mol}^{-1}$
laurate de sodium	$C_{12}H_{23}O_2Na$	$M_2 = 222 \text{ g.mol}^{-1}$
glycérol	$C_3H_8O_3$	$M_3 = 92,0 \text{ g.mol}^{-1}$

1. L'huile de coprah

Le savon de Marseille est fabriqué avec des huiles végétales telles que l'huile d'arachide, l'huile de coprah – au grand pouvoir moussant – et l'huile de palme.

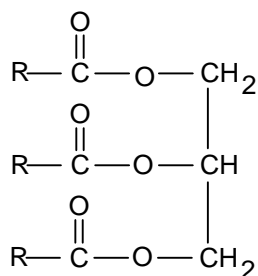
On lit sur le site de la savonnerie "Le Sérail" : " La première étape de fabrication est le mélange des huiles végétales avec l'alcali auquel on va ajouter du sel de mer. La cuisson consiste à porter à ébullition la pâte pendant quatre heures à une température d'environ cent degrés."*

** alcali : nom générique d'une base. Exemples : soude (hydroxyde de sodium) ou potasse (hydroxyde de potassium).*

1.1. La transformation chimique de l'huile de coprah

1.1.1. Quel est le nom de la réaction chimique citée ci-dessus, qui met en jeu une huile et l'alcali ?

1.1.2. L'huile de coprah est constituée d'un mélange de triglycérides de formule générale :



Écrire l'équation de la réaction entre un triglycéride et l'hydroxyde de sodium en solution aqueuse ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$).

1.1.3. On considère pour la suite que l'huile est constituée uniquement du laurate de glycéryle qui est un triglycéride de l'acide laurique. L'acide laurique a pour formule $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{10}-\text{COOH}$. Donner la formule semi-développée du savon obtenu, le laurate de sodium, par action de la solution de soude sur le laurate de glycéryle.

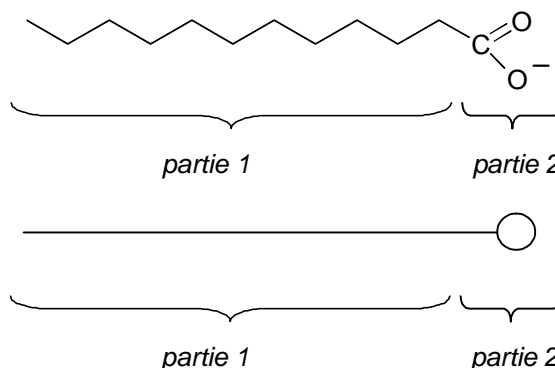
1.1.4. Dans une savonnerie, pour obtenir 1,0 tonne de savon, on utilise une masse $m_1 = 1,3$ tonne (soit $1,3 \times 10^3$ kg) de laurate de glycéryle et un volume $V_0 = 2,0 \text{ m}^3$ de solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_0 = 6,0 \text{ mol.L}^{-1}$. On note n_1 la quantité de matière initiale de laurate de glycéryle et n_0 celle d'hydroxyde de sodium.

Compléter **LE TABLEAU D'AVANCEMENT DE L'ANNEXE PAGE 12** puis calculer les valeurs de n_1 et de n_0 .

- 1.1.5. Montrer que l'avancement maximal est $x_{\max} = 2,0 \times 10^3$ mol.
 1.1.6. En déduire la masse maximale m_2 de laurate de sodium attendue.
 1.1.7. Définir le rendement de la synthèse du savon puis le calculer.

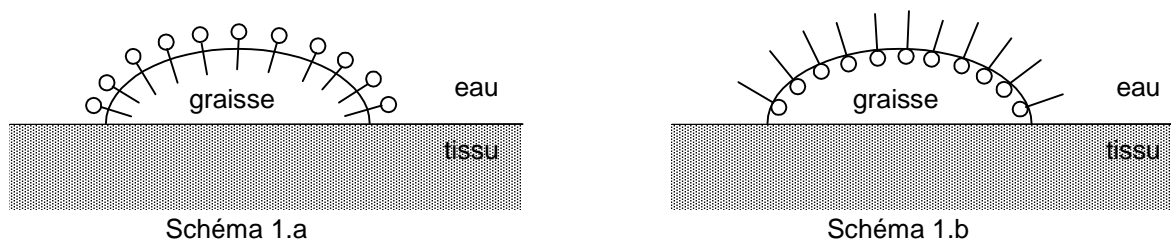
1.2. Propriétés du laurate de sodium

1.2.1. On peut représenter schématiquement l'ion actif du savon de la façon suivante :



Reproduire le schéma simplifié et légénder chaque partie à l'aide du vocabulaire suivant : hydrophile, hydrophobe, lipophile, lipophobe.

1.2.2. Choisir en justifiant parmi les schémas 1.a et 1.b de la **figure 1** celui qui peut expliquer le mode d'action d'un savon.

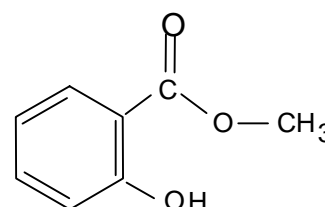


2. Le salicylate de méthyle issu de la fleur de Tiaré

Nom	Formule	Température d'ébullition (pression 1 bar)
acide salicylique	$HO-C_6H_4-COOH$	$\theta_1 = 211 \text{ }^\circ\text{C}$
méthanol	CH_3OH	$\theta_2 = 65 \text{ }^\circ\text{C}$
salicylate de méthyle	$HO-C_6H_4-COOCH_3$	$\theta_3 = 223 \text{ }^\circ\text{C}$

Le salicylate de méthyle, présent dans la fleur de Tiaré, est un composé moléculaire pouvant subir différentes réactions de décomposition ou de dégradation dont deux d'entre elles sont étudiées ci-après.

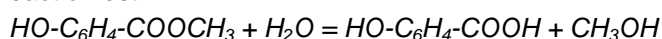
Sa formule semi-développée est :



2.1. Réaction d'hydrolyse du salicylate de méthyle

- 2.1.1. Recopier la formule, entourer et nommer les groupes caractéristiques de la molécule.
 2.1.2. En 1844, Auguste Cahours réalise l'hydrolyse du salicylate de méthyle, accédant ainsi à l'acide salicylique qui fut employé comme médicament contre les rhumatismes avant la synthèse de l'aspirine.

L'équation de cette réaction est :



Citer une propriété caractéristique de cette réaction.

2.1.3. Citer un procédé permettant d'augmenter la vitesse de réaction.

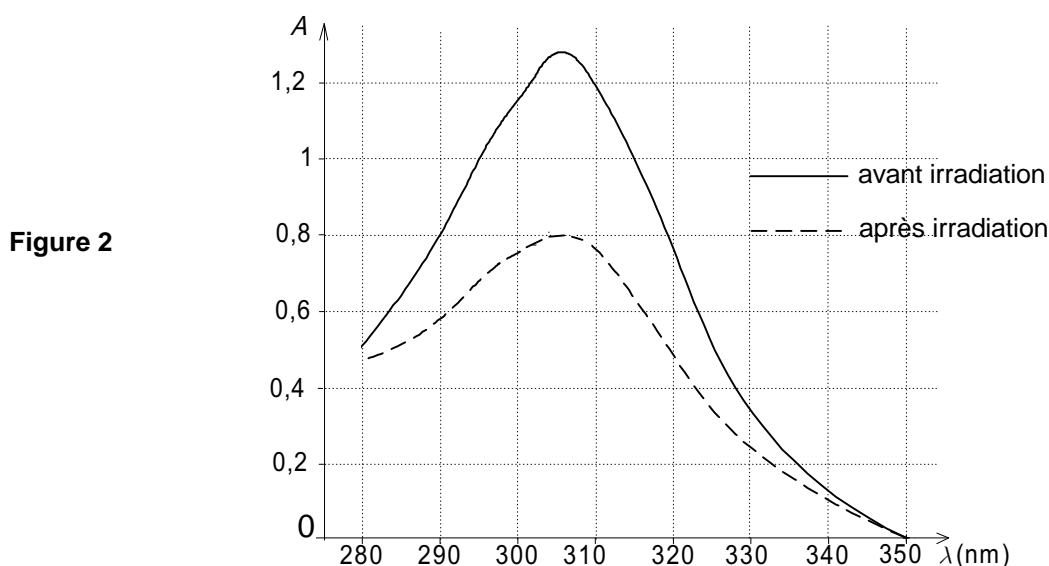
2.1.4. Citer un procédé permettant d'obtenir davantage de produit par déplacement d'équilibre (On pourra s'aider des données de la question 2).

2.2. Dégradation photochimique du salicylate de méthyle

Comme nombre de composés moléculaires organiques, le salicylate de méthyle se dégrade sous l'action de la lumière. On étudie par spectrophotométrie la cinétique de sa décomposition.

Pour cela, on soumet des films contenant du salicylate de méthyle à un rayonnement de longueurs d'onde comprises entre 280 et 350 nm, à une température de 60°C. La puissance ainsi reçue par unité de surface du film est égale à environ 6 fois celle qui correspond à une irradiation solaire maximale.

2.2.1. La courbe donnant l'évolution de l'absorbance du film contenant du salicylate de méthyle en fonction de la longueur d'onde est représentée sur la **figure 2** avant irradiation et après quelques heures d'irradiation :



Quelle est la longueur d'onde optimale pour l'étude de l'absorbance du film ? Justifier.

2.2.2. Dans quel domaine du spectre électromagnétique (ultraviolet, visible, infrarouge) cette longueur d'onde se situe-t-elle ?

2.2.3. D'après la **figure 2**, comment expliquer la différence d'absorbance du film contenant du salicylate de méthyle, avant et après irradiation ?

2.2.4. Pour l'étude cinétique, on expose les films à l'irradiation pendant des durées déterminées, puis on mesure l'absorbance du film pour une longueur d'onde de 306 nm.

Dans les conditions de l'expérience, l'absorbance étant proportionnelle à la quantité de matière de salicylate de méthyle restant, on obtient la courbe d'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction de dégradation donnée sur **LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 12**.

L'étude cinétique montre que la dégradation du salicylate de méthyle est lente. Dans cette étude, la vitesse peut s'écrire : $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$, où V est une constante

D'après la courbe de la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 12**, comment évolue la valeur de la vitesse de cette réaction au cours du temps ? Justifier.

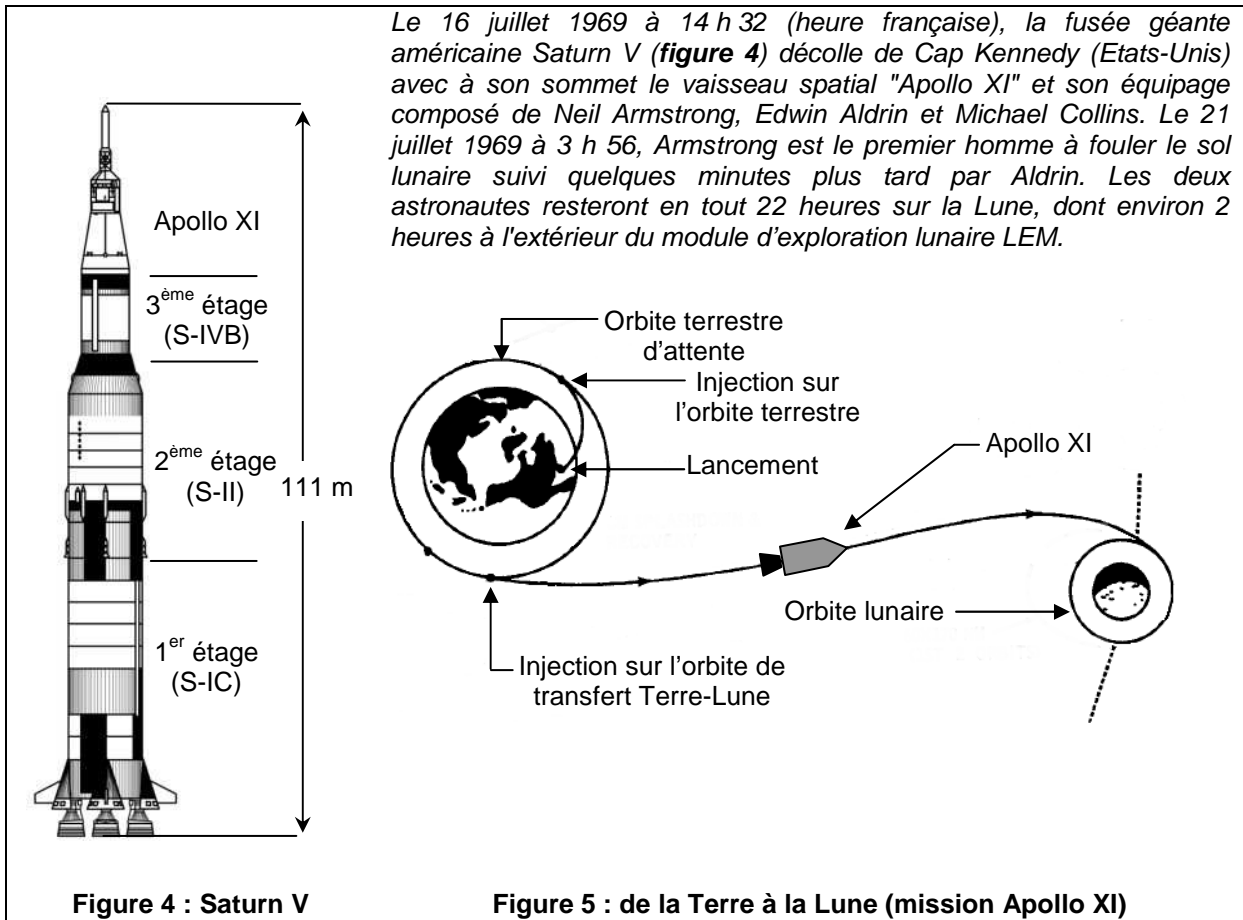
2.2.5. Donner la définition du temps de demi-réaction d'une transformation chimique.

2.2.6. Déterminer le temps de demi-réaction pour la dégradation du salicylate de méthyle en expliquant la méthode utilisée. Faire le tracé nécessaire sur **LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 12**.

2.2.7. L'Institut du Monoï vante les propriétés assainissantes et apaisantes de la fleur de Tiaré. Compte-tenu des propriétés absorbantes du salicylate de méthyle dans l'ultra-violet, on peut envisager de l'utiliser dans la composition de crèmes solaires.

D'après le résultat obtenu à la question 2.2.6, est-il envisageable de l'utiliser pour une durée d'exposition d'une demi-journée ?

EXERCICE II. DE LA TERRE À LA LUNE (5,5 points)



Données :

Masse de la Terre $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$

Rayon de la Terre $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$

Masse de la Lune $M_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$

Constante de gravitation universelle $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Champ de pesanteur terrestre au niveau du sol $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Masse totale de la fusée au décollage : $M = 2,9 \times 10^3 \text{ tonnes}$

Tous les astres sont considérés comme des corps à répartition de masse à symétrie sphérique.

On se propose d'étudier d'une manière simplifiée quelques unes des phases du voyage conduisant de la Terre à la Lune (**figure 5** ci-dessus) ainsi que certaines expériences scientifiques liées à la mission Apollo.

Les différentes parties de l'exercice sont indépendantes.

1. Ascension de la fusée Saturn V

Le premier étage (S-IC) fonctionne pendant 180 secondes, il contient environ 2 tonnes de carburant et d'oxygène liquide permettant de propulser l'ensemble à une altitude de 68 km. L'intensité de la force de poussée F des réacteurs est de l'ordre de $3,3 \times 10^7 \text{ N}$.

L'étude du lancement de la fusée peut se faire en appliquant la seconde loi de Newton dans certaines conditions qu'on se propose de préciser à partir de son énoncé ci-dessous :

« Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide de masse m constante est égale au produit de la masse du solide par le vecteur accélération de son centre d'inertie ».

- 1.1. Quel référentiel supposé galiléen peut-on choisir pour étudier la phase du début du lancement ?
- 1.2. Faire un inventaire des forces extérieures appliquées à la fusée en tenant compte de l'interaction de l'air avec la fusée. Les représenter au centre d'inertie de la fusée sur un schéma sans souci d'échelle (le décollage est supposé vertical).
- 1.3. Pourquoi ne peut-on pas appliquer la seconde loi de Newton, telle qu'elle est énoncée, à la fusée lors de son ascension ?
Quelle hypothèse peut-on, cependant, poser pour appliquer cette loi au tout début du lancement ?
- 1.4. En ne considérant que le poids et la poussée, montrer que la valeur de l'accélération de la fusée à l'instant initial du lancement vaut $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

2. Mise en orbite autour de la Terre du système {S-IVB + Apollo XI}

A 68 km d'altitude, les réservoirs vides du premier étage sont largués et les cinq moteurs du deuxième étage sont allumés pendant 360 s. Après largage du deuxième étage, l'unique moteur du troisième étage est mis en fonction pendant 180 s permettant la satellisation sur une orbite circulaire d'attente à l'altitude $h = 185 \text{ km}$.

Dans la suite, on note {fusée} le système formé du troisième étage et du vaisseau Apollo XI.

On étudie le mouvement du système {fusée}, de centre d'inertie G et de masse m , dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. On ne tiendra compte que de l'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur le système {fusée}.

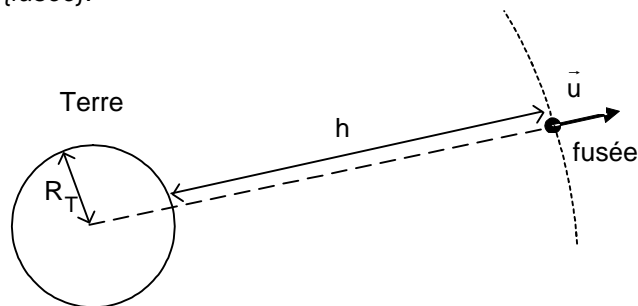


Figure 6

- 2.1. Donner l'expression vectorielle de la force $\vec{F}_{T/F}$ exercée par la Terre sur le système {fusée} en utilisant le vecteur unitaire \vec{u} défini sur la figure 6. Reproduire la figure 6 sur la copie et représenter cette force (sans souci d'échelle).
- 2.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression vectorielle de l'accélération du centre d'inertie du système {fusée}. En supposant que le mouvement du système {fusée} est circulaire dans le référentiel géocentrique, montrer que le vecteur accélération est centripète. En déduire que le mouvement est uniforme.
- 2.3. Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse du centre d'inertie G du système {fusée} est :

$$v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$$

Calculer sa valeur.

Après deux révolutions autour de la Terre, le moteur du troisième étage est allumé augmentant ainsi la vitesse de la fusée. Le moteur est coupé puis le troisième étage se sépare du vaisseau spatial. Ce dernier suit alors la trajectoire en direction de la Lune dans le référentiel géocentrique. Enfin, le troisième étage est mis en orbite basse autour de la Lune. Le module d'exploration lunaire peut alors se poser sur la Lune.

3. Quelques expériences associées à la mission Apollo

Lors de la mission Apollo XI et des suivantes, du matériel scientifique a été déployé à la surface de la Lune afin de l'étudier. Des échantillons de roche lunaire ont également été ramenés sur Terre.

De nombreuses méthodes de datation reposent sur la décroissance radioactive de certains radioéléments. Un radioélément est adapté à cette mesure si son temps de demi-vie est de l'ordre de grandeur de l'âge à déterminer.

3.1. Parmi les radioéléments ci-dessous, indiquer en justifiant celui qui pourrait être utilisé pour mesurer l'âge de la Lune.

isotope radioactif	ordre de grandeur du temps de demi-vie
<i>iode 131</i>	<i>une dizaine de jours</i>
<i>plutonium 238</i>	<i>une centaine d'années</i>
<i>potassium 40</i>	<i>un milliard d'années</i>

Pour déterminer l'âge des roches lunaires ramenées sur Terre par les astronautes, les physiciens ont mesuré expérimentalement les quantités relatives d'argon 40 gazeux et de potassium 40 solide emprisonnés dans la roche lunaire.

3.2. *Le potassium ${}_{19}^{40}\text{K}$ est un isotope radioactif. Il se désintègre en produisant de l'argon ${}_{18}^{40}\text{Ar}$. Écrire l'équation de désintégration nucléaire d'un noyau de potassium 40.*

3.3. Donner l'expression du nombre $N_K(t)$ de noyaux radioactifs de potassium 40 présents dans l'échantillon de roche lunaire à la date t en fonction du nombre initial $N_K(0)$ de ces noyaux.

3.4. Donner la définition du temps de demi-vie d'un échantillon radioactif. Établir la relation liant la constante de désintégration radioactive λ et le temps de demi-vie. Montrer que $\lambda = 5,50 \times 10^{-10} \text{ an}^{-1}$ pour le potassium 40 sachant que $t_{1/2} = 1,26 \times 10^9 \text{ ans}$.

3.5. *Un échantillon de 1,0 g de roche lunaire analysé à la date t contient $N_{Ar}(t) = 2,3 \times 10^{17}$ noyaux d'argon 40 et $N_K(t) = 2,4 \times 10^{16}$ noyaux de potassium 40. En admettant que le potassium 40 ne subit que la désintégration de la question 3.2. et que la roche lunaire ne contenait pas d'argon 40 au moment de sa formation, on montre que $N_K(0) = N_K(t) + N_{Ar}(t)$.*

Évaluer l'âge de cette roche lunaire.

EXERCICE III. ATTENTION À VOS OREILLES (4 points)

Nos oreilles sont fragiles. Une trop grande intensité sonore peut les endommager de façon irréversible. Pour prévenir ce risque, il existe des protections auditives de natures différentes selon leur type d'utilisation.

On peut distinguer, par exemple, deux catégories de bouchons d'oreilles :

- les bouchons en mousse (ou les boules en cire), à usage domestique.

Ce sont largement les plus courants. Ils sont généralement jetables, de faible coût et permettent de s'isoler du bruit. Ils restituent un son sourd et fortement atténué.

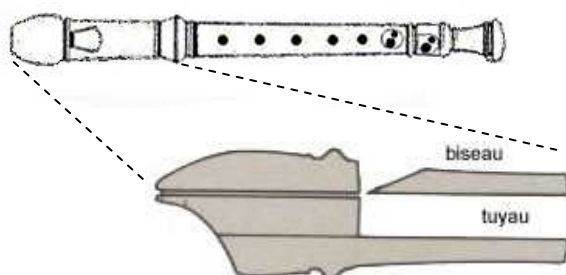
- les bouchons moulés en silicone, utilisés par les musiciens.

Ils sont fabriqués sur mesure et nécessitent la prise d'empreinte du conduit auditif. Ils sont lavables à l'eau et se conservent plusieurs années. Ils conservent la qualité du son. Leur prix est relativement élevé.

L'objectif de l'exercice est de comparer le comportement acoustique des bouchons en mousse et des bouchons moulés, lorsque l'auditeur qui les porte écoute le son émis par une flûte à bec.

1. Le son émis par une flûte à bec

Une flûte à bec est constituée d'un tuyau et d'un bec dans lequel on souffle. L'air ainsi mis en mouvement est alors dirigé contre un biseau. Une partie de l'air est récupérée par le tuyau, l'autre est rejetée vers l'extérieur.



d'après un site Internet

Figure 7 : vue de dessus d'une flûte à bec et coupe transversale de son embouchure

1.1. Dans la flûte à bec, quel est le rôle du biseau ?

Le musicien, en soufflant dans son instrument peut jouer différentes notes en bouchant ou débouchant des trous répartis le long du tuyau. La longueur de la colonne d'air excitée est ainsi modifiée.

1.2. Comment nomme-t-on les états vibratoires correspondant aux différentes excitations de la colonne d'air dans le tuyau, la longueur de la colonne étant fixée ?

1.3. Quelle grandeur physique caractéristique de l'onde sonore émise est déterminée par la longueur de la colonne d'air excitée ?

2. Analyse de la note la_4 d'une flûte à bec

Le musicien joue la note la_4 . À l'aide d'un système d'acquisition, on enregistre le son émis par la flûte. On obtient l'enregistrement du signal électrique correspondant (**figure 8**).

2.1. En utilisant la **figure 8**, on a déterminé la fréquence du son émis : $f = 8,8 \times 10^2$ Hz.

Expliquer la démarche suivie pour obtenir cette valeur avec la plus grande précision possible.

2.2. Cette fréquence étant celle du mode fondamental, quelles sont les fréquences des harmoniques de rangs 2 et 3 ?

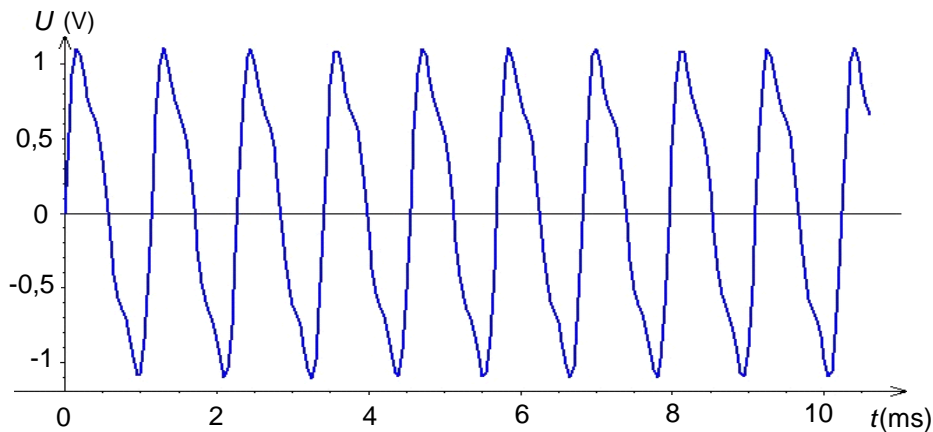


Figure 8

3. Comparaison de la qualité acoustique d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé en silicone à partir d'un document publicitaire

On s'intéresse ici à la qualité du son perçu par un auditeur muni de protections auditives.

On donne l'expression du niveau sonore L (exprimé en décibels acoustiques dBA) associé à une onde

sonore d'intensité I : $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$

où I_0 représente l'intensité sonore de référence égale à $1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$.

Sur un document publicitaire, un fabricant fournit les courbes d'atténuation correspondant aux deux types de bouchons (**figure 9**). On représente ainsi la diminution du niveau sonore due au bouchon en fonction de la fréquence de l'onde qui le traverse.

On remarquera que plus l'atténuation est grande plus l'intensité sonore est faible.

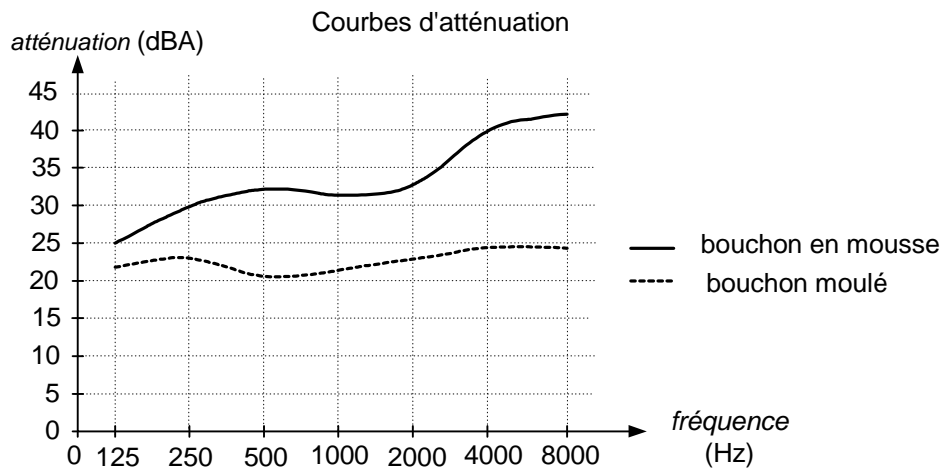


Figure 9

3.1. Une pratique musicale régulière d'instruments tels que la batterie ou la guitare électrique nécessite une atténuation du niveau sonore. Cependant, cette atténuation ne doit pas être trop importante afin que le musicien entende suffisamment ; elle ne doit donc pas dépasser 25 dBA. Indiquer pour chaque bouchon si le critère précédent a été respecté.

3.2. En utilisant la courbe d'atténuation (**figure 9**), indiquer si un bouchon en mousse atténue davantage les sons aigus ou les sons graves.
Commenter la phrase du texte introductif : "Ils (les bouchons en mousse) restituent un son sourd".

4. Comparaison de la qualité acoustique d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé en silicone à partir d'une expérience

Un dispositif adapté permet d'enregistrer le son émis par la flûte et ceux restitués par les deux types de bouchons lorsqu'un musicien joue la note la_4 . Les spectres en fréquence de ces sons sont représentés **figure 10**, **figure 11** et **figure 12**.

4.1. En justifiant, indiquer si le port de bouchon en mousse modifie :
- la hauteur du son ?
- le timbre du son ?

Même question pour le bouchon moulé en silicone.

4.2. Commenter la phrase du texte introductif : "Ils (les bouchons moulés) conservent la qualité du son".

5. Une exposition prolongée à 85 dBA est nocive pour l'oreille humaine. Durant un concert de rock, un batteur est soumis en moyenne à une intensité sonore $I = 1,0 \times 10^{-2} \text{ W.m}^{-2}$.

5.1. Calculer le niveau sonore auquel correspond l'intensité sonore I .

5.2. Le batteur est porteur de bouchons moulés en silicone correspondant au document publicitaire. En vous aidant de la **figure 9**, préciser si ses facultés auditives peuvent être altérées au cours du concert ?

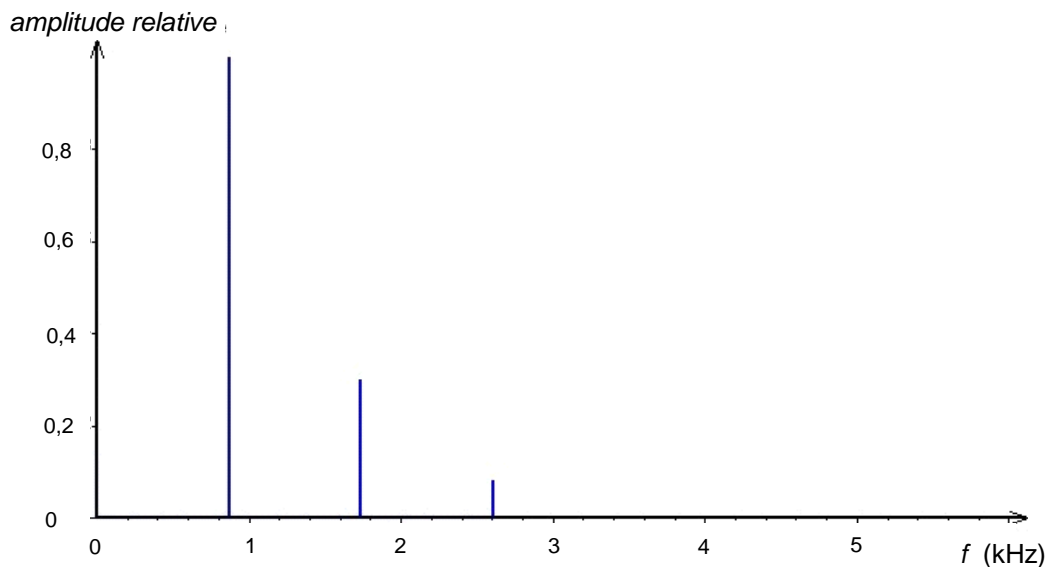


Figure 10 : spectre du la_4 émis par la flûte

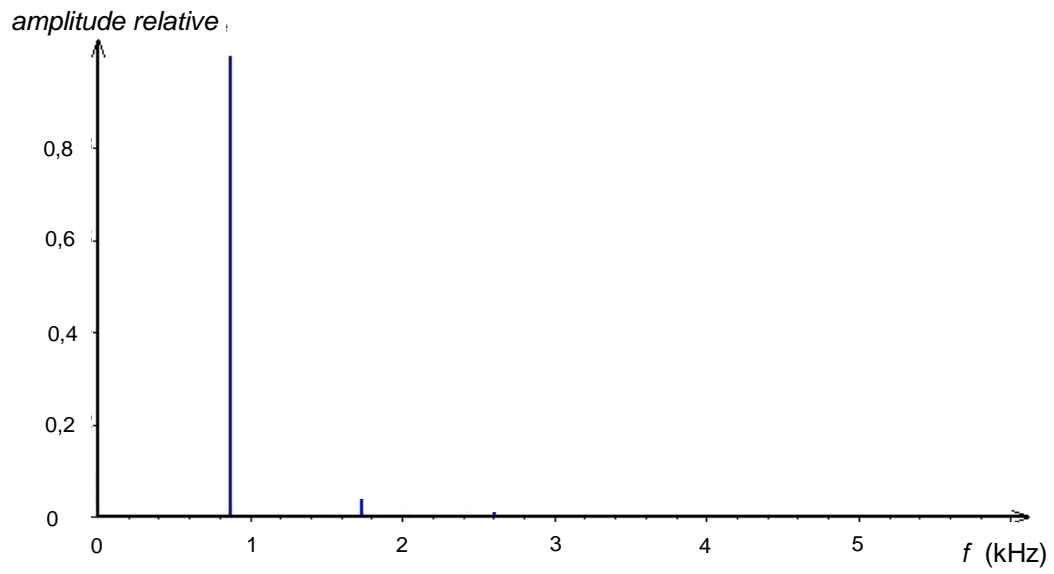


Figure 11 : spectre du la_4 restitué après passage par un bouchon en mousse

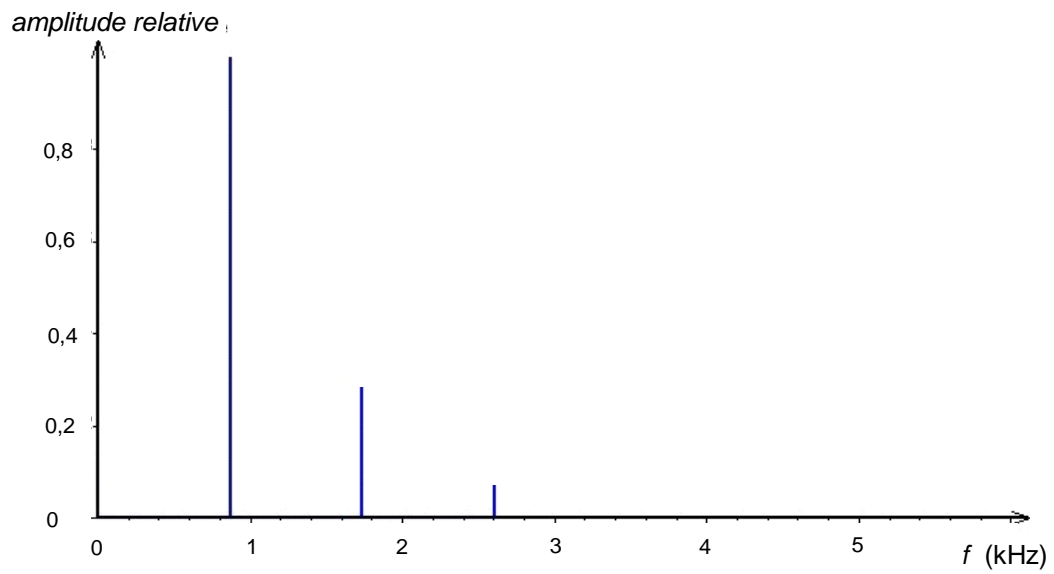


Figure 12 : spectre du la_4 restitué après passage par un bouchon moulé en silicone

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Question 1.1.4. tableau d'avancement

Équation		$C_{39}H_{74}O_6 + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+) + C_3H_8O_3$				
État du système	avancement (mol)	quantités de matière (mol)				
État initial	0	n_1	n_0	n_0		
État en cours de transformation	x					
État final	x_{max}					

Questions 2.2.4 et 2.2.6.

Évolution de l'avancement de la réaction de dégradation du salicylate de méthyle sous irradiation à 306nm

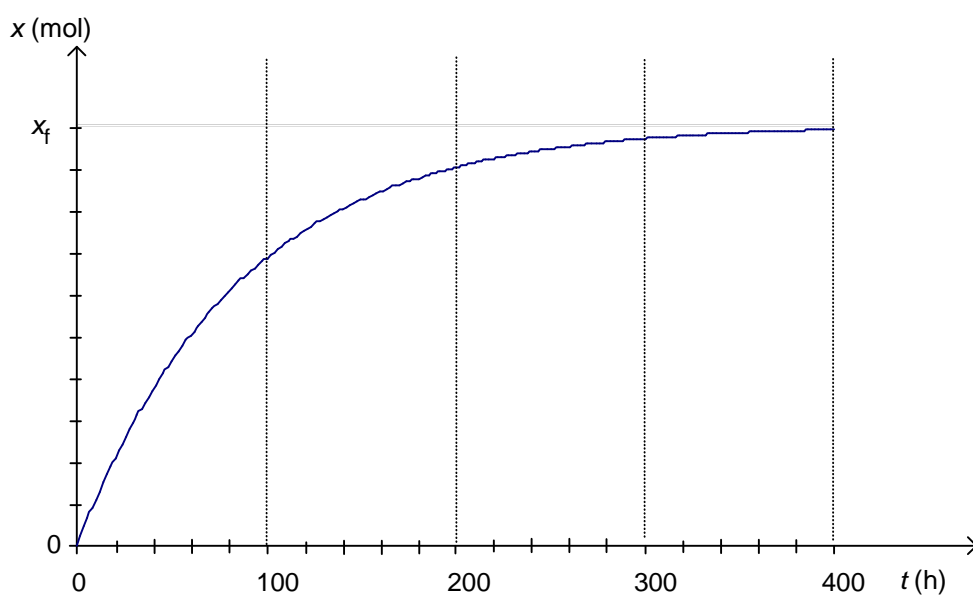


Figure 3

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (spécialité)

- I. LE MONOÏ DE TAHITI (6,5 points)
- II. DE LA TERRE À LA LUNE (5,5 points)
- III. ATTENTION A VOS OREILLES (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (**B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001**).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

Le correcteur porte sur la copie la note sur 16 arrondie au demi-point

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.


Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. LE MONOI DE TAHITI (6,5 points)

	Réponses	Barème	Commentaire																												
1.	L'huile de coprah																														
1.1.	La transformation chimique de l'huile de coprah																														
1.1.1.	C'est une saponification																														
1.1.2.	$ \begin{array}{ccc} R-COO-CH_2 & & CH_2OH \\ & & \\ R-COO-CH & + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (RCOO^- + Na^+) + & CHOH \\ & & \\ R-COO-CH_2 & & CH_2OH \end{array} $																														
1.1.3.	$(CH_3-(CH_2)_{10}-COO^- + Na^+)$ ou $CH_3-(CH_2)_{10}-COONa$																														
1.1.4.	$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{1,3 \cdot 10^6}{638} = 2,0 \cdot 10^3 \text{ mol}$ $n_0 = c_0 V_0 = 2,0 \cdot 10^3 \times 6,0 = 12 \times 10^3 \text{ mol}$ <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Équation</th> <th colspan="6">$C_{39}H_{74}O_6 + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+) + C_3H_8O_3$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>É.l.</td> <td>0</td> <td>n_1</td> <td>n_0</td> <td>n_0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>E.int.</td> <td>x</td> <td>$n_1 - x$</td> <td>$n_0 - 3x$</td> <td>$n_0 - 3x$</td> <td>3x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>É.F.</td> <td>x_{max}</td> <td>$n_1 - x_{max}$</td> <td>$n_0 - 3x_{max}$</td> <td>$n_0 - 3x_{max}$</td> <td>$3x_{max}$</td> <td>x_{max}</td> </tr> </tbody> </table>	Équation	$C_{39}H_{74}O_6 + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+) + C_3H_8O_3$						É.l.	0	n_1	n_0	n_0	0	0	E.int.	x	$n_1 - x$	$n_0 - 3x$	$n_0 - 3x$	3x	x	É.F.	x_{max}	$n_1 - x_{max}$	$n_0 - 3x_{max}$	$n_0 - 3x_{max}$	$3x_{max}$	x_{max}		
Équation	$C_{39}H_{74}O_6 + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+) + C_3H_8O_3$																														
É.l.	0	n_1	n_0	n_0	0	0																									
E.int.	x	$n_1 - x$	$n_0 - 3x$	$n_0 - 3x$	3x	x																									
É.F.	x_{max}	$n_1 - x_{max}$	$n_0 - 3x_{max}$	$n_0 - 3x_{max}$	$3x_{max}$	x_{max}																									
1.1.5.	$x_{max} = n_1 = 2,0 \cdot 10^3 \text{ mol}$ ou $x_{max} = \frac{n_0}{3} = \frac{12 \times 10^3}{3} = 4,0 \times 10^3 \text{ mol}$ donc $x_{max} = 2,0 \times 10^3 \text{ mol}$																														
1.1.6.	$m_2 = 3x_{max} M_2 = 3 \times 2,0 \cdot 10^3 \times 222 = 1,3 \times 10^6 \text{ g} = 1,3 \text{ tonnes}$																														
1.1.7.	Définition $\rho = \frac{m}{m_2} = \frac{1,0 \times 10^3}{1,3 \times 10^3} = 0,77 = 77\%$																														
1.2.	Les propriétés du laurate de sodium																														
1.2.1.	 Tête hydrophile, lipophile, queue hydrophobe/lipophile																														
1.2.2.	Schéma 1.a, les queues lipophiles pénètrent la goutte de graisse pour lui permettre de passer dans la solution aqueuse grâce aux têtes hydrophiles.																														
2.	Le salicylate de méthyle issu de la fleur de Tiaré																														
2.1.	Réaction d'hydrolyse du salicylate de méthyle																														
2.1.1.	Groupes ester et hydroxyle																														
2.1.2.	Lente ou limitée ou donnant lieu à un équilibre chimique																														
2.1.3.	Chauffer, utiliser un catalyseur, ...																														
2.1.4.	On utilise un excès d'un réactif ou on élimine un produit. Ici, on peut distiller le méthanol à mesure de sa formation car son point d'ébullition est le plus bas.																														
2.2.	Dégradation photochimique du salicylate de méthyle																														
2.2.1.	Environ 305 nm car cela correspond au maximum d'absorption																														
2.2.2.	Elle se situe dans l'ultra-violet																														
2.2.3.	Après irradiation, l'absorbance a diminué montrant la dégradation du salicylate de méthyle.																														
2.2.4.	Le coefficient directeur de la tangente diminue au cours du temps, donc la vitesse de décomposition diminue.																														
2.2.5.	Temps pour lequel $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$																														
2.2.6.	$t_{1/2} = 60 \text{ h}$																														
2.2.7.	A priori oui, le temps de demi-vie est de 60 heures à 60°C pour une puissance égale à 6,3 fois celle de l'irradiation solaire. A fortiori 6 heures à 30°C au soleil.																														

EXERCICE II. DE LA TERRE À LA LUNE (5,5 points).

Réponses			
1. Ascension de la fusée Saturn V			
1.1.	référentiel terrestre ou géocentrique		
1.2.	<ul style="list-style-type: none"> - son poids \vec{P} - la poussée \vec{F} des réacteurs - force de frottement fluide \vec{f} - poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ 		
1.3.	La masse m est variable lors de l'ascension donc la seconde loi ne peut s'appliquer que sur une durée suffisamment courte pour considérer m comme constante.		
1.4.	Deuxième loi de Newton : $\vec{F} + \vec{P} = m \vec{a}$ On projette cette relation sur un axe vertical Oz ascendant : $-P + F = m a_z \Leftrightarrow -mg + F = m a_z$ D'où $a_z = \frac{F}{m} - g$ $a_z = a$ car $a_z > 0$ et $a = \frac{3,3 \cdot 10^7}{2900 \cdot 10^3} - 9,8 = 1,6 \text{ m.s}^{-2}$		
2. Mise en orbite autour de la Terre du système {S-IVB + Apollo XI}			
2.1.		Dans le référentiel géocentrique supposé galiléen, le système {fusée} est soumis à la force d'attraction gravitationnelle terrestre :	
		$\vec{F}_{T/F} = -G \frac{mM_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$	
2.2.	Deuxième loi de Newton : $\vec{F}_{T \rightarrow F} = m \vec{a}$ $\Rightarrow \vec{a} = -G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \vec{u}$ Le vecteur accélération est de même direction et de sens opposé au vecteur unitaire \vec{u} donc centripète.		
2.3.	Pour un mouvement circulaire uniforme, la norme de l'accélération du centre d'inertie du système {fusée} a pour expression : $a = \frac{v^2}{(R_T + h)}$		

	<p>En identifiant cette expression à celle de la question précédente il vient :</p> $\frac{v^2}{(R_T + h)} = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM_T}{R_T + h}}$ <p>A.N. : $v = \sqrt{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{6,37 \cdot 10^6 + 185 \cdot 10^3}} = 7,80 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$</p>		
3. Quelques expériences associées à la mission Apollo			
3.1.	Il faut choisir le potassium 40 car son temps de demi-vie est de l'ordre de grandeur de l'âge de la Lune.		
3.2.	${}^{40}_{19}\text{K} \rightarrow {}^{40}_{18}\text{Ar} + {}^0_1\text{e}$		
3.3.	Loi de décroissance radioactive : $N_K(t) = N_K(0) e^{-\lambda t}$		
3.4.	<p>Définition</p> $N_K(t_{1/2}) = \frac{N_K(0)}{2}$ $N_K(t_{1/2}) = N_K(0) e^{-\lambda t_{1/2}} ; N_K(0) e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_K(0)}{2} ;$ $e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2} ; e^{\lambda t_{1/2}} = 2$ $\ln e^{\lambda t_{1/2}} = \ln 2 ; \lambda t_{1/2} = \ln 2 ; \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ <p>on en déduit : $\lambda = \frac{\ln 2}{1,26 \cdot 10^9} = 5,50 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$</p>		
3.5.	<p>$N_K(0) = N_K(t) + N_{Ar}(t) = 2,5 \cdot 10^{17}$ noyaux</p> $N_K(t) = N_K(0) e^{-\lambda t} \text{ d'où } t = \frac{\ln\left(\frac{N_K(0)}{N_K(t)}\right)}{\lambda}$ <p>A.N. : $t = \frac{\ln\left(\frac{2,5 \cdot 10^{17}}{2,4 \cdot 10^{16}}\right)}{5,50 \cdot 10^{-10}} = 4,3 \cdot 10^9 \text{ ans}$</p>		

EXERCICE III. ATTENTION A VOS OREILLES (4 points)

Réponses			
1.1.	Biseau : mettre l'air en vibration		
1.2.	Modes propres de vibration.		
1.3.	La fréquence ou la longueur d'onde		
2.1.	On détermine la période en mesurant le nombre maximum de périodes soit 9, $T = 1,14$ ms. On utilise ensuite la relation $f = 1/T$ pour en déduire la fréquence : $f = 877$ Hz		
2.2.	Harmonique de rang 2 : $f_2 = 2f$ (1,86 kHz) Harmonique de rang 3 : $f_3 = 3f$ (2,64 kHz)		
3.1.	Seul le bouchon moulé permet une atténuation ne dépassant pas 25 dB.		
3.2.	Les sons aigus (fréquences élevées) sont d'avantage atténués. Les sons graves (basses fréquences) traversent le bouchon car ils sont les moins atténués. Cela donne l'impression d'entendre un son "sourd".		
4.1.	On compare les deux spectres en fréquence (fig. 11 et 12) à celui du la_4 émis par la flûte (fig 10). Le port d'un bouchon en mousse: <ul style="list-style-type: none"> • ne modifie pas la hauteur du son car la fréquence du fondamental reste identique • modifie le timbre car la décomposition en harmoniques est différente. Le port d'un bouchon moulé ne modifie ni la hauteur, ni le timbre du son émis par la flûte (spectres en fréquence identiques).		
4.2.	On veut ainsi dire que la hauteur et le timbre du son ne sont pas modifiés.		
5.1.	$L = 10 \log \frac{1,0 \times 10^{-2}}{10^{-12}} = 1,0 \times 10^2 \text{ dBA}$		
5.2.	L'atténuation du niveau sonore par un bouchon moulé est comprise entre 20 et 25 dBA. Le tympan d'un batteur muni d'un bouchon moulé perçoit donc une intensité sonore comprise entre 80 et 75 dBA, inférieure à 85 dBA. Les facultés auditives du batteur ne sont pas altérées au cours du concert.		

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE ET PHYSIQUE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 10) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

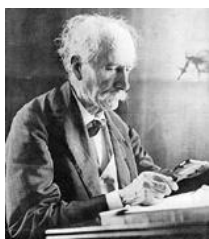
Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. DES ÉCRITS D'ILLUSTRES SCIENTIFIQUES (6,5 points)

Cet exercice est constitué de trois parties indépendantes. Chaque partie correspond à l'étude d'un texte historique scientifique. Le premier concerne l'étude d'une réaction d'estérification. Les deux suivants traitent de l'étude de la trajectoire des satellites de Jupiter.

1. Texte de Marcellin Berthelot (chimiste français 1827 - 1907) sur la réaction d'estérification

Dans leur Mémoire publié en 1862 sous le titre *Recherche sur les affinités*, Berthelot et Péan de Saint Gilles écrivent :



« ... Les esters sont formés par l'union des acides et des alcools ; ils peuvent reproduire en se décomposant les acides et les alcools. [...] En général, les expériences consistent, [...] à faire agir sur un alcool pur un acide pur, les proportions de l'alcool et de l'acide étant déterminées par des pesées précises [...]. Le produit final se compose de quatre corps à savoir : l'ester, l'alcool libre, l'acide libre, l'eau. Mais ces quatre corps sont dans des proportions telles **qu'il suffit de déterminer exactement la masse d'un seul d'entre eux, à un moment quelconque des expériences, pour en déduire toutes les autres, pourvu que l'on connaisse les masses des matières primitivement mélangées.** [...] Ceci posé, entre les quatre éléments suivants : ester, alcool, acide, eau, le choix ne saurait être douteux, c'est évidemment l'acide qu'il faut déterminer. »

Dans cette partie, on étudie la transformation chimique entre l'acide éthanoïque et l'éthanol afin de comprendre la phrase notée en gras dans le texte.

Données :

	acide éthanoïque	éthanol	éthanoate d'éthyle
masse molaire M en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	60,0	46,0	88,0
masse volumique ρ en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	1,05	0,79	0,90

Au laboratoire, on mélange dans un flacon, un volume $V_1 = 57$ mL d'acide éthanoïque et un volume $V_2 = 58$ mL d'éthanol. Le flacon est ensuite hermétiquement fermé et placé dans l'obscurité à température ambiante. On laisse le système évoluer pendant six mois ; après cette durée, l'état final du système n'est pas encore atteint.

1.1. Étude des quantités de matière initiales des réactifs

- 1.1.1. Calculer la quantité de matière n_1 d'acide éthanoïque introduite dans le flacon.
- 1.1.2. Montrer que le mélange réalisé est équimolaire.

1.2. Étude du milieu réactionnel au bout de six mois

Au bout de six mois, le flacon est ouvert et on y prélève un volume $V = 2,0$ mL du mélange. L'acide éthanoïque restant dans ce prélèvement est dosé, à froid, à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 1,00$ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré de fin de dosage. Le volume équivalent est égal à $V_E = 12,0$ mL.

- 1.2.1. À l'aide des formules semi-développées, écrire l'équation de l'équilibre chimique d'estérification entre l'acide éthanoïque et l'éthanol.
- 1.2.2. Écrire l'équation de la réaction chimique support du dosage.
- 1.2.3. Définir l'équivalence du dosage et en déduire la quantité de matière n_R d'acide éthanoïque restant au bout de six mois dans le prélèvement de 2,0 mL.
- 1.2.4. En supposant que le volume du milieu réactionnel est resté constant au cours du temps, en déduire la quantité de matière n_R d'acide éthanoïque restant au bout de six mois dans le milieu réactionnel.
- 1.2.5. Déterminer les quantités de matière de toutes les espèces chimiques présentes dans le flacon au bout de six mois. On peut s'aider éventuellement d'un tableau d'avancement.
- 1.2.6. À partir des résultats obtenus à la question précédente, justifier la phrase en gras dans le texte de Berthelot et Péan de Saint Gilles. Aucun calcul n'est demandé.

2. Texte d'Isaac Newton (physicien anglais 1642 – 1726) sur la loi de gravitation universelle



En 1610, Galilée découvre des satellites de la planète Jupiter qu'il observe à l'aide de sa lunette astronomique.

En 1687, Isaac Newton publie les *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* et écrit dans le Livre III :

« **Les forces** par lesquelles les satellites de Jupiter sont retirés perpétuellement du mouvement rectiligne et retenus dans leurs orbites **tendent au centre de Jupiter** et **sont en raison réciproque des carrés de leurs distances à ce centre** ».

Dans cette partie, on étudie le mouvement du satellite Callisto par rapport à la planète Jupiter.

Données :

- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$;
- la planète Jupiter de centre J et son satellite Callisto de centre C sont des astres que l'on considère à répartition de masse à symétrie sphérique ;
- la masse de Jupiter est égale à $M_J = 1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$ et celle de Callisto est notée M_C ;
- Callisto décrit autour de Jupiter une orbite circulaire de rayon $r = 1,88 \times 10^6 \text{ km}$.

Le mouvement de Callisto est étudié dans le référentiel galiléen lié au centre de Jupiter, appelé référentiel jovicentrique.

2.1. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma la force \vec{F}_{JC} exercée par Jupiter sur le satellite Callisto en orbite circulaire autour de Jupiter.

2.2. À propos des forces, donner la signification de chacune des deux parties de phrase en gras à la fin du texte de Newton.

2.3. En utilisant les notations de l'énoncé, donner l'expression vectorielle de la force \vec{F}_{JC} . On note \vec{u}_{JC} un vecteur unitaire de la droite (JC) dirigé de J vers C.

2.4. En appliquant la seconde loi de Newton à Callisto, déterminer l'expression du vecteur accélération \vec{a}_C de son centre C.

2.5. On considère que le mouvement de Callisto est uniforme sur son orbite. On note v_C la vitesse du centre C du satellite Callisto. Donner l'expression de l'accélération a_C du centre C de Callisto en fonction de v_C et r .

2.6. Montrer que la vitesse v_C peut s'exprimer par :

$$v_C = \sqrt{\frac{G \cdot M_J}{r}}$$

2.7. Étude de la période de révolution du satellite Callisto autour de Jupiter

2.7.1. Déterminer l'expression de la période de révolution T_C du satellite Callisto autour de Jupiter en fonction de G , M_J et r .

2.7.2. Calculer la valeur de cette période.

3. Texte de Galilée (physicien italien 1564 - 1642) sur la découverte de quatre satellites de Jupiter



En 1610, Galilée découvre Io, Europe, Ganymède et Callisto, quatre satellites de Jupiter qu'il observe à l'aide de sa lunette astronomique. Il relate ainsi ses observations dans un ouvrage, *Le messager des étoiles*, dans lequel il dessine également ce qu'il voit. Sur ses schémas, Galilée note « Ori. » la direction « Est » et « Occ. » la direction « Ouest ».

« Le 7 janvier de cette année 1610, à la première heure de la nuit, alors que j'observais les étoiles à la lunette, Jupiter se présenta, et comme je disposais d'un instrument tout à fait excellent je reconnus que trois petites étoiles, il est vrai toutes petites mais très brillantes, étaient près de la planète [...]. Je pensais que c'étaient des étoiles fixes mais quelque chose m'étonnait : elles semblaient disposées en ligne droite, parallèlement à l'écliptique, et étaient plus brillantes que le reste des étoiles. Voici quelle était leur position les unes par rapport aux autres et par rapport à Jupiter :


Croquis (a) 

À l'est, se trouvaient deux étoiles, mais une seule à l'ouest [...]. Je ne me préoccupais pas d'abord de leurs distances entre elles et Jupiter car, comme je l'ai dit, je les avais prises pour des étoiles fixes. Mais quand, le 8 janvier, guidé par je ne sais quel destin, je regardais du même côté du ciel, je trouvais une disposition très différente. Les trois petites étoiles étaient en effet toutes à l'ouest de Jupiter et elles étaient plus proches entre elles que la nuit précédente [...], comme le montre le dessin ci-dessous :

Croquis (b) 

[...] Je commençais à me demander avec embarras comment Jupiter pouvait se trouver à l'est de toutes les étoiles fixes mentionnées plus haut alors que la veille il était à l'ouest de deux d'entre elles. »

Les jours suivants, Galilée continue à observer cette région du ciel et réalise une série de croquis à l'échelle. Il comprend que les « étoiles » sont en réalité de petits astres tournant autour de Jupiter comme la Lune tourne autour de la Terre. Le 13 janvier, pour la première fois, il aperçoit quatre petites « étoiles ».

Croquis (c) 

Par rapport à Jupiter, les orbites des satellites sont pratiquement circulaires et appartiennent quasiment au même plan (P) qui est celui de l'équateur de Jupiter. Les orbites sont représentées sur la **figure 1 des documents page 5**. Les positions des satellites sont indiquées à une date donnée. Le schéma a été réalisé sans souci d'échelle.

3.1. Étude de la trajectoire des satellites de Jupiter observés par Galilée

On admet que Galilée, regardant dans sa lunette depuis un point de la Terre, appartient au plan (P) défini précédemment.

3.1.1. La **figure 1** page 5 correspond-elle au croquis (a), (b) ou (c) ci-dessus ? Justifier.

3.1.2. Donner une raison possible permettant d'expliquer pourquoi les quatre satellites ne sont pas toujours vus en même temps par Galilée.

3.1.3. Quelle est la trajectoire des satellites de Jupiter vue par Galilée ?

3.2. Étude de la période de révolution du satellite Callisto autour de Jupiter

La **figure 2 des documents page 5** donne les croquis réalisés à l'échelle par Galilée entre le 8 février 1610 et le 2 mars 1610.

3.2.1. À certaines dates, le satellite Callisto apparaît le plus éloigné de Jupiter pour Galilée. À l'aide de la **figure 1**, justifier cette observation.

3.2.2. On cherche à déterminer la valeur approchée de la période T_C de révolution de Callisto autour de Jupiter. Le 11 février, Callisto apparaît pour Galilée comme étant le plus éloigné à l'Est (« Ori. ») de Jupiter.

a. À quelle date, Galilée voit-il Callisto à nouveau le plus éloigné à l'Est de Jupiter ?

b. En déduire la valeur approchée de la période T_C . Un résultat en nombre de jours entier est attendu. Est-ce compatible avec le résultat obtenu au 2.7.2 ?

DOCUMENTS DE L'EXERCICE I

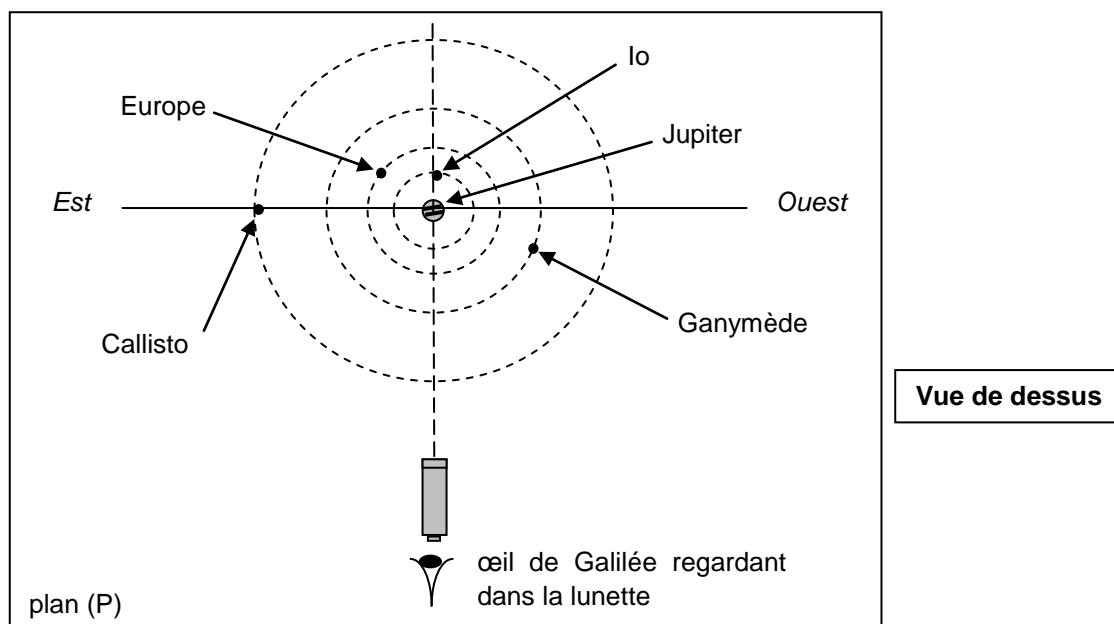


Figure 1. Galilée observe Jupiter et ses satellites

Date	Heure d'observation	Croquis de Galilée (documents d'époque)
8 février 1610	1 h	Ori. * * = ○ = Occ.
9 février 1610	0 h 30 min	Ori. * * ○ = Occ.
10 février 1610	1 h 30 min	Ori. * * ○ = Occ.
11 février 1610	1 h	Ori. * * ○ * Occ.
12 février 1610	0 h 40 min	Ori. * * ○ = * Occ.
13 février 1610	0 h 30 min	Ori. = * ○ * * Occ.
14 février 1610	Ciel couvert	
15 février 1610	1 h	Ori. * ** ○ Occ.
16 février 1610	Ciel couvert	
17 février 1610	1 h	Ori. * ○ = Occ.
18 février 1610	1 h	Ori. * ○ * * Occ.
19 février 1610	0 h 40 min	Ori. ○ * * Occ.
20 février 1610	Ciel nuageux	
21 février 1610	1 h 30 min	Ori. * ○ = * Occ.
22 février 1610	Ciel couvert	
23 février 1610	Ciel couvert	
24 février 1610	Ciel couvert	
25 février 1610	1 h 30 min	Ori. = = ○ = Occ.
26 février 1610	0 h 30 min	Ori. = ○ * Occ.
27 février 1610	1 h	Ori. * * ○ * * Occ.
28 février 1610	1 h	Ori. * ○ * Occ.
1 mars 1610	0 h 40 min	Ori. = * * * ○ Occ.
2 mars 1610	0 h 40 min	Ori. * * ○ * Occ.

Figure 2. Croquis réalisés à l'échelle par Galilée

EXERCICE II. NUCLÉAIRE AU SERVICE DE LA MÉDECINE (5,5 points)

La médecine nucléaire désigne l'ensemble des applications où des substances radioactives sont associées au diagnostic et à la thérapie. Depuis les années 1930, la médecine nucléaire progresse grâce à la découverte et à la maîtrise de nouveaux isotopes.

La radiothérapie vise à administrer un radiopharmaceutique dont les rayonnements ionisants sont destinés à traiter un organe cible dans un but curatif ou palliatif. Ainsi on utilise du rhénium 186 dans le but de soulager la maladie rhumatoïde et du phosphore 32 pour réduire la production excessive de globules rouges dans la moelle osseuse.

D'après le site : <http://www.asn.fr>

La première partie de cet exercice traite de l'utilisation du rhénium 186 et la seconde partie de l'utilisation du phosphore 32. On s'intéresse à l'aspect physique des phénomènes, les aspects biologiques ne sont pas pris en compte.

Données :

- temps de demi-vie du rhénium 186 : $t_{1/2}({}^{186}_{Z}\text{Re}) = 3,7 \text{ j (jours)}$;
- constantes radioactives : $\lambda({}^{186}_{Z}\text{Re}) = 2,2 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$; $\lambda({}^{32}_{15}\text{P}) = 5,6 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$;
- masse molaire du rhénium 186 : $M({}^{186}_{Z}\text{Re}) = 186 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masses de quelques noyaux et particules :
 $m({}^{32}_{15}\text{P}) = 5,30803 \times 10^{-26} \text{ kg}$; $m({}^{32}_{16}\text{S}) = 5,30763 \times 10^{-26} \text{ kg}$; $m({}^0_{-1}\text{e}) = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- électron-volt : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

1. Injection intra-articulaire d'une solution contenant du rhénium 186

1.1. Le rhénium 186 (${}^{186}_{Z}\text{Re}$) est un noyau radioactif β^- .

Sur le diagramme (N, Z) de la **figure 3** ci-contre où N représente le nombre de neutrons et Z le nombre de protons, la courbe tracée permet de situer la vallée de stabilité des isotopes. Le point représentatif du noyau de rhénium 186 est placé au-dessus de cette courbe.

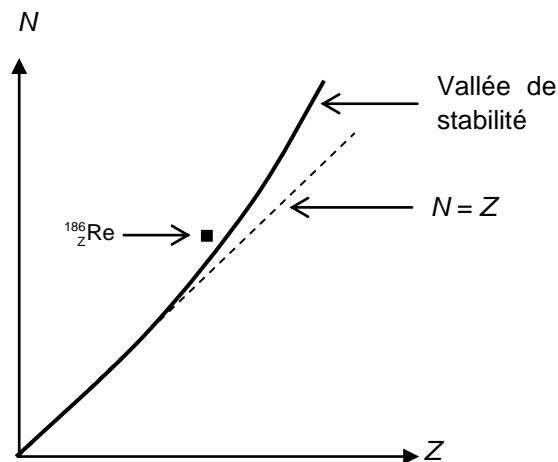


Figure 3. Diagramme (N, Z)

1.1.1. Déduire de ce diagramme si cet isotope radioactif possède un excès de neutron(s) ou un excès de proton(s) par rapport à un isotope stable du même élément.

1.1.2. Quel nom porte la particule émise au cours d'une désintégration β^- ?

1.1.3. Écrire l'équation de la désintégration du noyau de rhénium 186 noté (${}^{186}_{Z}\text{Re}$) sachant que le noyau fils obtenu correspond à un isotope de l'osmium noté (${}^A_{76}\text{Os}$). En énonçant les lois utilisées, déterminer les valeurs de A et de Z .

On admet que le noyau fils obtenu lors de cette transformation n'est pas dans un état excité.

1.2. Le produit injectable se présente sous la forme d'une solution contenue dans un flacon de volume $V_{\text{flacon}} = 10 \text{ mL}$ ayant une activité $A_0 = 3700 \text{ MBq}$ à la date de calibration, c'est-à-dire à la sortie du laboratoire pharmaceutique. Pourquoi est-il précisé "à la date de calibration" en plus de l'activité ?

1.3. Calcul du volume de la solution à injecter

1.3.1. L'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif peut s'exprimer par la relation suivante $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ où $N(t)$ représente le nombre de noyaux radioactifs à la date t et λ la constante radioactive. Calculer la masse m de rhénium 186 contenu dans le flacon de volume V_{flacon} à la date de calibration.

1.3.2. En s'aidant des données, quelle est la valeur de l'activité A_1 de l'échantillon contenu dans le flacon au bout de 3,7 jours après la date de calibration ?

1.3.3. L'activité de l'échantillon à injecter dans l'articulation d'une épaule est $A_{\text{thérapie}} = 70 \text{ MBq}$. En supposant que l'injection a lieu 3,7 jours après la date de calibration, calculer le volume V de la solution à injecter dans l'épaule.

2. Injection intraveineuse d'une solution contenant du phosphore 32

Carte d'identité du phosphore 32 :

nom de l'isotope	Phosphore 32
symbole	${}_{15}^{32}\text{P}$
type de radioactivité	β^-
énergie du rayonnement émis	1,7 MeV
équation de la désintégration	${}_{15}^{32}\text{P} \rightarrow {}_{16}^{32}\text{S} + {}_{-1}^0\text{e}$
demi-vie	14 jours

L'injection en voie veineuse d'une solution contenant du phosphore 32 radioactif permet dans certains cas de traiter une production excessive de globules rouges au niveau des cellules de la moelle osseuse.

2.1. Donner la composition du noyau de phosphore 32.

2.2. À l'aide des masses données en début d'exercice et de la carte d'identité du phosphore 32, vérifier par un calcul la valeur E de l'énergie du rayonnement émis par la désintégration du phosphore 32.

2.3. Pour la très grande majorité d'entre eux, les noyaux fils obtenus lors de cette transformation ne sont pas dans un état excité. À quel type de rayonnement particulièrement pénétrant le patient n'est-il pas exposé ?

2.4. Rappeler la loi de décroissance du nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs d'un échantillon en fonction de λ et N_0 (nombre de noyaux radioactifs à la date $t = 0$).

2.5. Définir le temps de demi-vie radioactive $t_{1/2}$ et établir la relation qui existe entre la demi-vie et la constante de désintégration radioactive λ .

2.6. Vérifier, par un calcul, la valeur approchée du temps de demi-vie proposée dans la carte d'identité ci-dessus.

EXERCICE III. LA PILE GÉNÉPAC (4 points) (GÉNÉrateur Électrique à Pile À Combustible)

Faire le tour de la Méditerranée à bord d'un voilier dont le moteur auxiliaire est sans rejet direct de gaz carbonique, tel est le défi du projet « Zéro CO₂ ». Présenté pour la première fois en Europe, au salon nautique de Paris en décembre 2009, un voilier de 12 m sera équipé d'un moteur électrique auxiliaire alimenté par une pile à combustible à hydrogène.

Ce projet doit permettre de tester un bateau aux énergies renouvelables et au dihydrogène pour promouvoir un littoral économe et respectueux de l'environnement. L'industrie automobile a développé la pile GÉNÉPAC : c'est la pile à combustible choisie pour le projet « Zéro CO₂ ».



D'après les sites Internet :
« <http://www.zeroCO2sailing.com> », « <http://www.cea.fr> »,
« <http://www.psa-peugeot-citroen.com> ».

Le principe de la pile à combustible est le suivant : une réaction électrochimique contrôlée, entre du dihydrogène et le dioxygène de l'air, produit simultanément de l'électricité, de l'eau et de la chaleur. Cette réaction s'opère au sein d'une cellule élémentaire composée de deux électrodes, de forme ondulée, séparées par un électrolyte (**figure 4**).

L'électrolyte est constitué d'une membrane polymère échangeuse de protons H⁺.

Cette pile est un empilement de 170 cellules élémentaires identiques.

Le dihydrogène est stocké à bord sous forme de gaz comprimé à la pression de 700 bars ; le volume du réservoir est V = 15,0 L.

Lorsque le réservoir de dihydrogène est plein, la masse du dihydrogène disponible est de 3,0 kg.

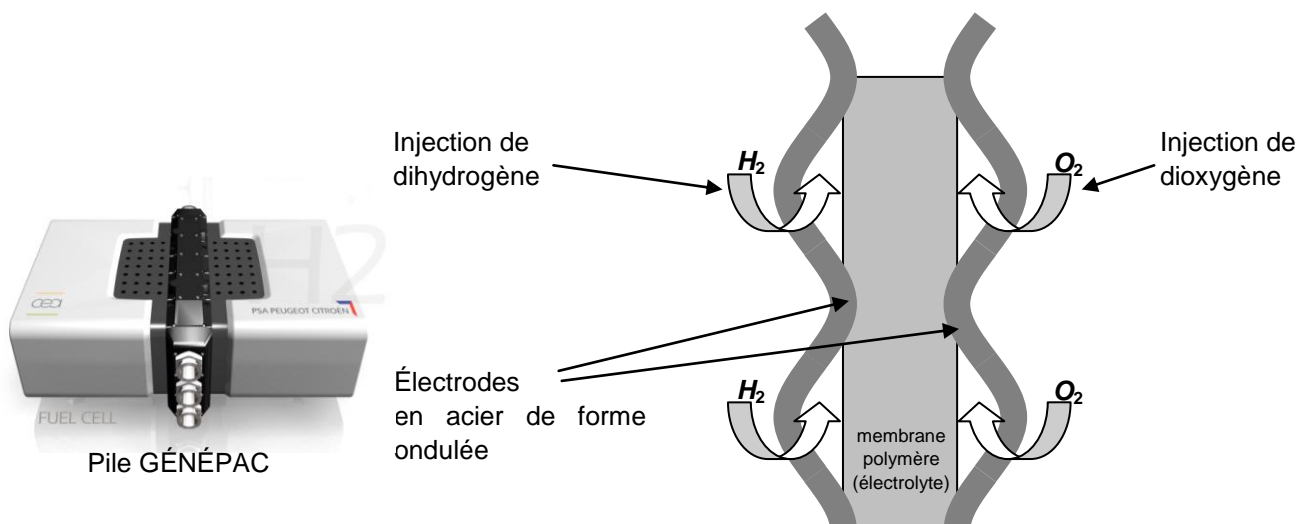


Figure 4. Schéma d'une des 170 cellules élémentaires

Dans cet exercice, on étudie le principe de fonctionnement d'une cellule élémentaire et la durée d'autonomie de la pile GÉNÉPAC.

Données :

- masses molaires atomiques : $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$;
- pression normale : $P_0 = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$;
- température normale : $T_0 = 273 \text{ K}$;
- loi des gaz parfaits dans les conditions normales de pression et de température : $P_0.V_0 = n.R.T_0$, où n représente la quantité de matière de gaz et V_0 son volume ;
- charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- couples d'oxydo-réduction mis en jeu dans la réaction : $\text{H}^+(\text{aq}) / \text{H}_2(\text{g})$ et $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}(\ell)$.

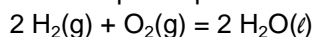
1. Principe de fonctionnement d'une cellule élémentaire

1.1. Réactions dans la cellule

1.1.1. Écrire les équations des réactions à chaque électrode quand la pile débite.

1.1.2. Préciser pour chaque réaction s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

1.1.3. Montrer que l'équation de la réaction chimique mise en jeu dans le fonctionnement de la pile est :



1.2. Mouvement des porteurs de charge

Sur **LA FIGURE 5 DE L'ANNEXE PAGE 10**, indiquer :

- le sens de circulation et la nature des porteurs de charges circulant à l'extérieur de la pile ;
- le sens conventionnel de circulation du courant électrique ;
- la polarité de chaque électrode ;
- le sens de circulation des protons H^+ dans la membrane polymère (électrolyte).

1.3. Quel peut être l'intérêt d'utiliser des électrodes ondulées plutôt que des électrodes planes ?

2. Durée d'autonomie de la pile GÉNÉPAC

Les 170 cellules élémentaires constituant la pile sont montées électriquement en série.

Dans certaines conditions d'utilisation, on peut considérer que le courant circulant dans les cellules élémentaires est constant, d'intensité $I = 120 \text{ A}$.

2.1. Quantités de matière de dihydrogène

2.1.1. En utilisant la masse de dihydrogène disponible dans le réservoir plein, calculer la quantité de matière de dihydrogène $n_R(\text{H}_2)$ correspondante. En considérant que le dihydrogène est un gaz parfait, déterminer le volume de dihydrogène V_0 , pris dans les conditions normales de pression et de température, qu'il a fallu comprimer pour remplir le réservoir.

2.1.2. On note $n_C(\text{H}_2)$ la quantité de matière de dihydrogène disponible pour chaque cellule élémentaire. Quelle est la relation entre $n_C(\text{H}_2)$ et $n_R(\text{H}_2)$?

2.2. Quantité d'électricité

On note Δt la durée de fonctionnement d'une cellule élémentaire.

2.2.1. Donner l'expression de la quantité d'électricité Q échangée par une cellule élémentaire pendant une durée Δt .

2.2.2. On note $n(e^-)$ la quantité de matière d'électrons échangés pendant cette durée Δt . Donner l'expression de Q en fonction de $n(e^-)$, N_A et e .

2.2.3. Donner la relation entre la quantité de matière d'électrons échangés $n(e^-)$ et la quantité de matière $n_C(\text{H}_2)$. Justifier.

2.3. Durée d'autonomie de la pile GÉNÉPAC

Par construction, la durée d'autonomie de la pile est égale à la durée de fonctionnement Δt d'une cellule élémentaire.

2.3.1. Montrer que $\Delta t = \frac{2.n_C(\text{H}_2).N_A.e}{I}$.

2.3.2. Calculer la durée théorique Δt de fonctionnement de la pile GÉNÉPAC.

ANNEXE DE L'EXERCICE III

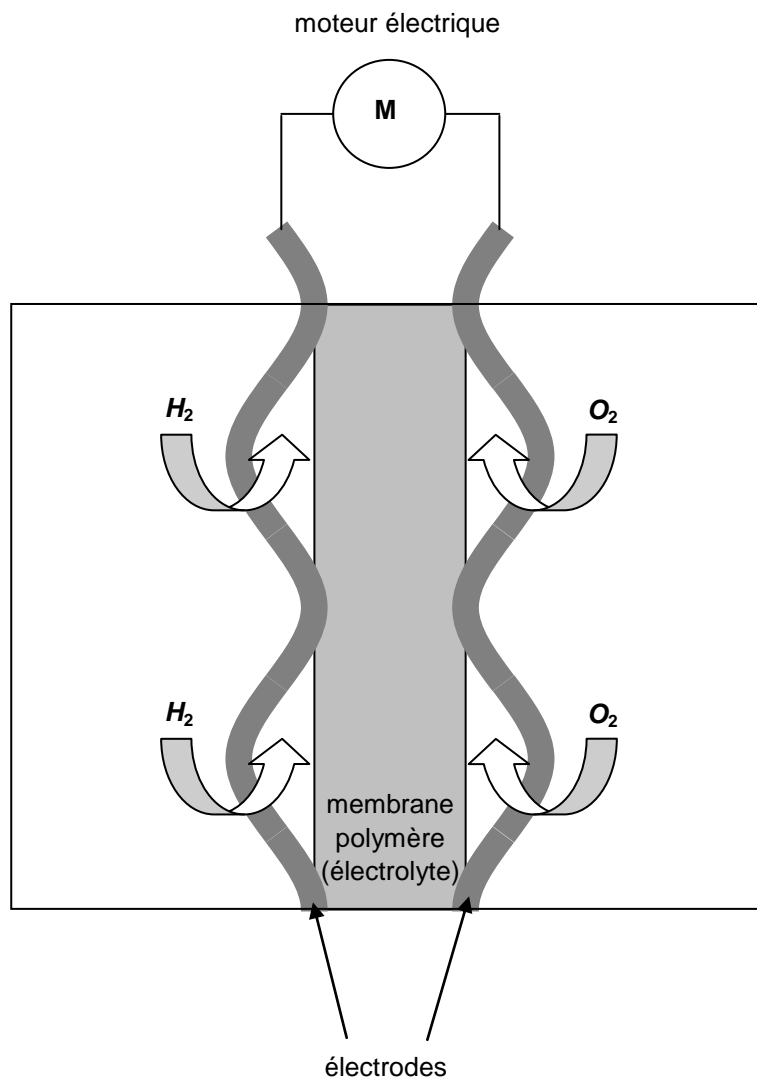


Figure 5. Schéma d'une des 170 cellules élémentaires qui alimentent le moteur

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE ET PHYSIQUE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 10) EST À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

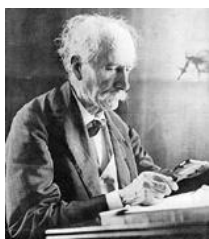
Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. DES ÉCRITS D'ILLUSTRES SCIENTIFIQUES (6,5 points)

Cet exercice est constitué de trois parties indépendantes. Chaque partie correspond à l'étude d'un texte historique scientifique. Le premier concerne l'étude d'une réaction d'estérification. Les deux suivants traitent de l'étude de la trajectoire des satellites de Jupiter.

1. Texte de Marcellin Berthelot (chimiste français 1827 - 1907) sur la réaction d'estérification

Dans leur Mémoire publié en 1862 sous le titre *Recherche sur les affinités*, Berthelot et Péan de Saint Gilles écrivent :



« ... Les esters sont formés par l'union des acides et des alcools ; ils peuvent reproduire en se décomposant les acides et les alcools. [...] En général, les expériences consistent, [...] à faire agir sur un alcool pur un acide pur, les proportions de l'alcool et de l'acide étant déterminées par des pesées précises [...]. Le produit final se compose de quatre corps à savoir : l'ester, l'alcool libre, l'acide libre, l'eau. Mais ces quatre corps sont dans des proportions telles **qu'il suffit de déterminer exactement la masse d'un seul d'entre eux, à un moment quelconque des expériences, pour en déduire toutes les autres, pourvu que l'on connaisse les masses des matières primitivement mélangées.** [...] Ceci posé, entre les quatre éléments suivants : ester, alcool, acide, eau, le choix ne saurait être douteux, c'est évidemment l'acide qu'il faut déterminer. »

Dans cette partie, on étudie la transformation chimique entre l'acide éthanoïque et l'éthanol afin de comprendre la phrase notée en gras dans le texte.

Données :

	acide éthanoïque	éthanol	éthanoate d'éthyle
masse molaire M en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	60,0	46,0	88,0
masse volumique ρ en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	1,05	0,79	0,90

Au laboratoire, on mélange dans un flacon, un volume $V_1 = 57$ mL d'acide éthanoïque et un volume $V_2 = 58$ mL d'éthanol. Le flacon est ensuite hermétiquement fermé et placé dans l'obscurité à température ambiante. On laisse le système évoluer pendant six mois ; après cette durée, l'état final du système n'est pas encore atteint.

1.1. Étude des quantités de matière initiales des réactifs

- 1.1.1. Calculer la quantité de matière n_1 d'acide éthanoïque introduite dans le flacon.
- 1.1.2. Montrer que le mélange réalisé est équimolaire.

1.2. Étude du milieu réactionnel au bout de six mois

Au bout de six mois, le flacon est ouvert et on y prélève un volume $V = 2,0$ mL du mélange. L'acide éthanoïque restant dans ce prélèvement est dosé, à froid, à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 1,00$ mol.L⁻¹ en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré de fin de dosage.

Le volume équivalent est égal à $V_E = 12,0$ mL.

- 1.2.1. À l'aide des formules semi-développées, écrire l'équation de l'équilibre chimique d'estérification entre l'acide éthanoïque et l'éthanol.
- 1.2.2. Écrire l'équation de la réaction chimique support du dosage.
- 1.2.3. Définir l'équivalence du dosage et en déduire la quantité de matière n_R d'acide éthanoïque restant au bout de six mois dans le prélèvement de 2,0 mL.
- 1.2.4. En supposant que le volume du milieu réactionnel est resté constant au cours du temps, en déduire la quantité de matière n_R' d'acide éthanoïque restant au bout de six mois dans le milieu réactionnel.
- 1.2.5. Déterminer les quantités de matière de toutes les espèces chimiques présentes dans le flacon au bout de six mois. On peut s'aider éventuellement d'un tableau d'avancement.
- 1.2.6. À partir des résultats obtenus à la question précédente, justifier la phrase en gras dans le texte de Berthelot et Péan de Saint Gilles. Aucun calcul n'est demandé.

2. Texte d'Isaac Newton (physicien anglais 1642 – 1726) sur la loi de gravitation universelle



En 1610, Galilée découvre des satellites de la planète Jupiter qu'il observe à l'aide de sa lunette astronomique.

En 1687, Isaac Newton publie les *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* et écrit dans le Livre III :

« **Les forces** par lesquelles les satellites de Jupiter sont retirés perpétuellement du mouvement rectiligne et retenus dans leurs orbites **tendent au centre de Jupiter et sont en raison réciproque des carrés de leurs distances à ce centre** ».

Dans cette partie, on étudie le mouvement du satellite Callisto par rapport à la planète Jupiter.

Données :

- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$;
- la planète Jupiter de centre J et son satellite Callisto de centre C sont des astres que l'on considère à répartition de masse à symétrie sphérique ;
- la masse de Jupiter est égale à $M_J = 1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$ et celle de Callisto est notée M_C ;
- Callisto décrit autour de Jupiter une orbite circulaire de rayon $r = 1,88 \times 10^6 \text{ km}$.

Le mouvement de Callisto est étudié dans le référentiel galiléen lié au centre de Jupiter, appelé référentiel jovicentrique.

2.1. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma la force \vec{F}_{JC} exercée par Jupiter sur le satellite Callisto en orbite circulaire autour de Jupiter.

2.2. À propos des forces, donner la signification de chacune des deux parties de phrase en gras à la fin du texte de Newton.

2.3. En utilisant les notations de l'énoncé, donner l'expression vectorielle de la force \vec{F}_{JC} . On note \vec{u}_{JC} un vecteur unitaire de la droite (JC) dirigé de J vers C.

2.4. En appliquant la seconde loi de Newton à Callisto, déterminer l'expression du vecteur accélération \vec{a}_C de son centre C.

2.5. On considère que le mouvement de Callisto est uniforme sur son orbite. On note v_C la vitesse du centre C du satellite Callisto. Donner l'expression de l'accélération a_C du centre C de Callisto en fonction de v_C et r .

2.6. Montrer que la vitesse v_C peut s'exprimer par :

$$v_C = \sqrt{\frac{G \cdot M_J}{r}}$$

2.7. Étude de la période de révolution du satellite Callisto autour de Jupiter

2.7.1. Déterminer l'expression de la période de révolution T_C du satellite Callisto autour de Jupiter en fonction de G , M_J et r .

2.7.2. Calculer la valeur de cette période.

3. Texte de Galilée (physicien italien 1564 - 1642) sur la découverte de quatre satellites de Jupiter



En 1610, Galilée découvre Io, Europe, Ganymède et Callisto, quatre satellites de Jupiter qu'il observe à l'aide de sa lunette astronomique. Il relate ainsi ses observations dans un ouvrage, *Le messager des étoiles*, dans lequel il dessine également ce qu'il voit. Sur ses schémas, Galilée note « Ori. » la direction « Est » et « Occ. » la direction « Ouest ».

« Le 7 janvier de cette année 1610, à la première heure de la nuit, alors que j'observais les étoiles à la lunette, Jupiter se présenta, et comme je disposais d'un instrument tout à fait excellent je reconnus que trois petites étoiles, il est vrai toutes petites mais très brillantes, étaient près de la planète [...]. Je pensais que c'étaient des étoiles fixes mais quelque chose m'étonnait : elles semblaient disposées en ligne droite, parallèlement à l'écliptique, et étaient plus brillantes que le reste des étoiles. Voici quelle était leur position les unes par rapport aux autres et par rapport à Jupiter :

Croquis (a)

À l'est, se trouvaient deux étoiles, mais une seule à l'ouest [...]. Je ne me préoccupais pas d'abord de leurs distances entre elles et Jupiter car, comme je l'ai dit, je les avais prises pour des étoiles fixes. Mais quand, le 8 janvier, guidé par je ne sais quel destin, je regardais du même côté du ciel, je trouvais une disposition très différente. Les trois petites étoiles étaient en effet toutes à l'ouest de Jupiter et elles étaient plus proches entre elles que la nuit précédente [...], comme le montre le dessin ci-dessous :

Croquis (b)

[...] Je commençais à me demander avec embarras comment Jupiter pouvait se trouver à l'est de toutes les étoiles fixes mentionnées plus haut alors que la veille il était à l'ouest de deux d'entre elles. »

Les jours suivants, Galilée continue à observer cette région du ciel et réalise une série de croquis à l'échelle. Il comprend que les « étoiles » sont en réalité de petits astres tournant autour de Jupiter comme la Lune tourne autour de la Terre. Le 13 janvier, pour la première fois, il aperçoit quatre petites « étoiles ».

Croquis (c)

Par rapport à Jupiter, les orbites des satellites sont pratiquement circulaires et appartiennent quasiment au même plan (P) qui est celui de l'équateur de Jupiter. Les orbites sont représentées sur la **figure 1 des documents page 5**. Les positions des satellites sont indiquées à une date donnée. Le schéma a été réalisé sans souci d'échelle.

3.1. Étude de la trajectoire des satellites de Jupiter observés par Galilée

On admet que Galilée, regardant dans sa lunette depuis un point de la Terre, appartient au plan (P) défini précédemment.

- 3.1.1. La **figure 1** page 5 correspond-elle au croquis (a), (b) ou (c) ci-dessus ? Justifier.
- 3.1.2. Donner une raison possible permettant d'expliquer pourquoi les quatre satellites ne sont pas toujours vus en même temps par Galilée.
- 3.1.3. Quelle est la trajectoire des satellites de Jupiter vue par Galilée ?

3.2. Étude de la période de révolution du satellite Callisto autour de Jupiter

La **figure 2 des documents page 5** donne les croquis réalisés à l'échelle par Galilée entre le 8 février 1610 et le 2 mars 1610.

- 3.2.1. À certaines dates, le satellite Callisto apparaît le plus éloigné de Jupiter pour Galilée. À l'aide de la **figure 1**, justifier cette observation.
- 3.2.2. On cherche à déterminer la valeur approchée de la période T_C de révolution de Callisto autour de Jupiter. Le 11 février, Callisto apparaît pour Galilée comme étant le plus éloigné à l'Est (« Ori. ») de Jupiter.
 - a. À quelle date, Galilée voit-il Callisto à nouveau le plus éloigné à l'Est de Jupiter ?
 - b. En déduire la valeur approchée de la période T_C . Un résultat en nombre de jours entier est attendu. Est-ce compatible avec le résultat obtenu au 2.7.2 ?

DOCUMENTS DE L'EXERCICE I

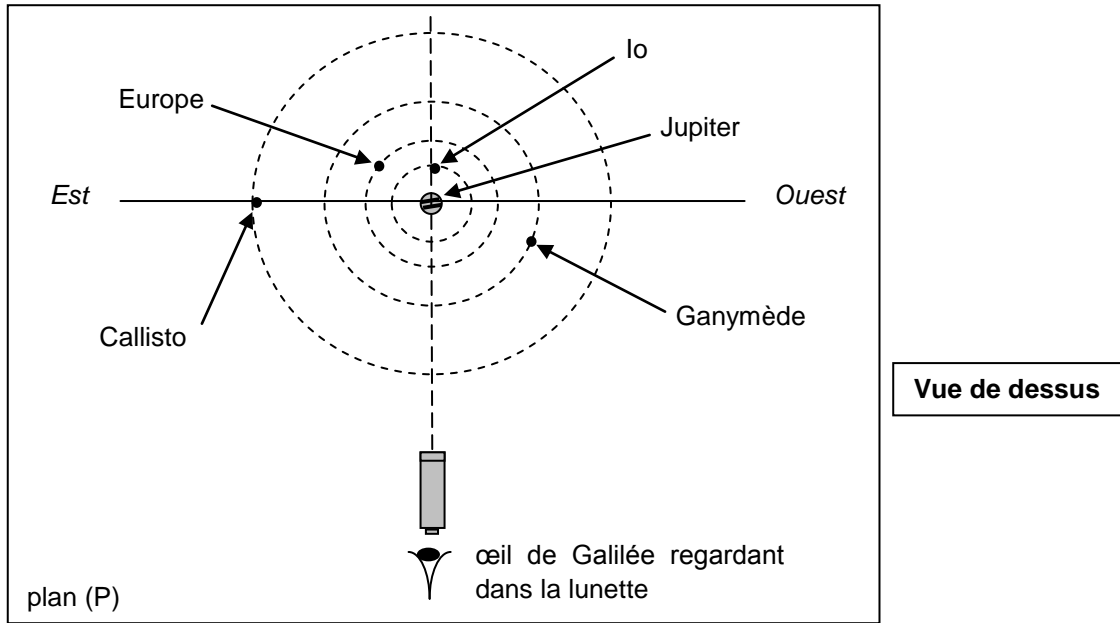


Figure 1. Galilée observe Jupiter et ses satellites

Date	Heure d'observation	Croquis de Galilée (documents d'époque)
8 février 1610	1 h	Ori. * * = ○ = Occ.
9 février 1610	0 h 30 min	Ori. * * ○ = Occ.
10 février 1610	1 h 30 min	Ori. * * ○ = Occ.
11 février 1610	1 h	Ori. * * ○ * Occ.
12 février 1610	0 h 40 min	Ori. * * ○ = * Occ.
13 février 1610	0 h 30 min	Ori. = * ○ * * Occ.
14 février 1610	Ciel couvert	
15 février 1610	1 h	Ori. * ** ○ Occ.
16 février 1610	Ciel couvert	
17 février 1610	1 h	Ori. * ○ = Occ.
18 février 1610	1 h	Ori. * ○ * * Occ.
19 février 1610	0 h 40 min	Ori. ○ * * Occ.
20 février 1610	Ciel nuageux	
21 février 1610	1 h 30 min	Ori. * ○ = * Occ.
22 février 1610	Ciel couvert	
23 février 1610	Ciel couvert	
24 février 1610	Ciel couvert	
25 février 1610	1 h 30 min	Ori. = = ○ = Occ.
26 février 1610	0 h 30 min	Ori. = ○ * Occ.
27 février 1610	1 h	Ori. * * ○ * * Occ.
28 février 1610	1 h	Ori. * ○ * Occ.
1 mars 1610	0 h 40 min	Ori. = * * * ○ Occ.
2 mars 1610	0 h 40 min	Ori. * * ○ * Occ.

Figure 2. Croquis réalisés à l'échelle par Galilée

EXERCICE II. NUCLÉAIRE AU SERVICE DE LA MÉDECINE (5,5 points)

La médecine nucléaire désigne l'ensemble des applications où des substances radioactives sont associées au diagnostic et à la thérapie. Depuis les années 1930, la médecine nucléaire progresse grâce à la découverte et à la maîtrise de nouveaux isotopes.

La radiothérapie vise à administrer un radiopharmaceutique dont les rayonnements ionisants sont destinés à traiter un organe cible dans un but curatif ou palliatif. Ainsi on utilise du rhénium 186 dans le but de soulager la maladie rhumatoïde et du phosphore 32 pour réduire la production excessive de globules rouges dans la moelle osseuse.

D'après le site : <http://www.asn.fr>

La première partie de cet exercice traite de l'utilisation du rhénium 186 et la seconde partie de l'utilisation du phosphore 32. On s'intéresse à l'aspect physique des phénomènes, les aspects biologiques ne sont pas pris en compte.

Données :

- temps de demi-vie du rhénium 186 : $t_{1/2}({}^{186}_{Z}\text{Re}) = 3,7 \text{ j (jours)}$;
- constantes radioactives : $\lambda({}^{186}_{Z}\text{Re}) = 2,2 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$; $\lambda({}^{32}_{15}\text{P}) = 5,6 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$;
- masse molaire du rhénium 186 : $M({}^{186}_{Z}\text{Re}) = 186 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masses de quelques noyaux et particules :
 $m({}^{32}_{15}\text{P}) = 5,30803 \times 10^{-26} \text{ kg}$; $m({}^{32}_{16}\text{S}) = 5,30763 \times 10^{-26} \text{ kg}$; $m({}^0_{-1}\text{e}) = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- électron-volt : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

1. Injection intra-articulaire d'une solution contenant du rhénium 186

1.1. Le rhénium 186 (${}^{186}_{Z}\text{Re}$) est un noyau radioactif β^- .

Sur le diagramme (N, Z) de la **figure 3** ci-contre où N représente le nombre de neutrons et Z le nombre de protons, la courbe tracée permet de situer la vallée de stabilité des isotopes. Le point représentatif du noyau de rhénium 186 est placé au-dessus de cette courbe.

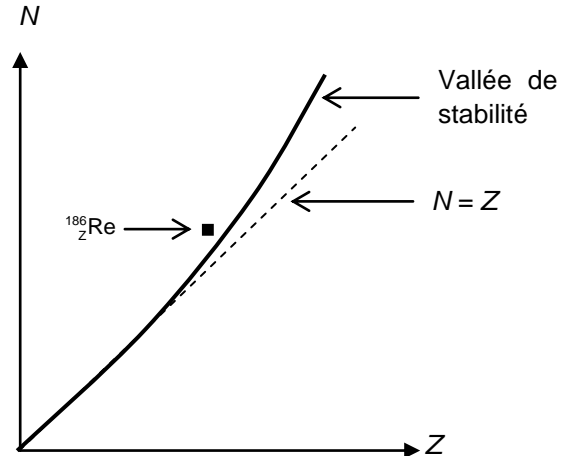


Figure 3. Diagramme (N, Z)

1.1.1. Dédurre de ce diagramme si cet isotope radioactif possède un excès de neutron(s) ou un excès de proton(s) par rapport à un isotope stable du même élément.

1.1.2. Quel nom porte la particule émise au cours d'une désintégration β^- ?

1.1.3. Écrire l'équation de la désintégration du noyau de rhénium 186 noté (${}^{186}_{Z}\text{Re}$) sachant que le noyau fils obtenu correspond à un isotope de l'osmium noté (${}^A_{76}\text{Os}$). En énonçant les lois utilisées, déterminer les valeurs de A et de Z .

On admet que le noyau fils obtenu lors de cette transformation n'est pas dans un état excité.

1.2. Le produit injectable se présente sous la forme d'une solution contenue dans un flacon de volume $V_{\text{flacon}} = 10 \text{ mL}$ ayant une activité $A_0 = 3700 \text{ MBq}$ à la date de calibration, c'est-à-dire à la sortie du laboratoire pharmaceutique. Pourquoi est-il précisé "à la date de calibration" en plus de l'activité ?

1.3. Calcul du volume de la solution à injecter

1.3.1. L'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif peut s'exprimer par la relation suivante $A(t) = \lambda \cdot N(t)$ où $N(t)$ représente le nombre de noyaux radioactifs à la date t et λ la constante radioactive. Calculer la masse m de rhénium 186 contenu dans le flacon de volume V_{flacon} à la date de calibration.

1.3.2. En s'aidant des données, quelle est la valeur de l'activité A_1 de l'échantillon contenu dans le flacon au bout de 3,7 jours après la date de calibration ?

1.3.3. L'activité de l'échantillon à injecter dans l'articulation d'une épaule est $A_{\text{thérapie}} = 70 \text{ MBq}$. En supposant que l'injection a lieu 3,7 jours après la date de calibration, calculer le volume V de la solution à injecter dans l'épaule.

2. Injection intraveineuse d'une solution contenant du phosphore 32

Carte d'identité du phosphore 32 :

nom de l'isotope	Phosphore 32
symbole	${}^{32}_{15}\text{P}$
type de radioactivité	β^-
énergie du rayonnement émis	1,7 MeV
équation de la désintégration	${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^0_{-1}\text{e}$
demi-vie	14 jours

L'injection en voie veineuse d'une solution contenant du phosphore 32 radioactif permet dans certains cas de traiter une production excessive de globules rouges au niveau des cellules de la moelle osseuse.

2.1. Donner la composition du noyau de phosphore 32.

2.2. À l'aide des masses données en début d'exercice et de la carte d'identité du phosphore 32, vérifier par un calcul la valeur E de l'énergie du rayonnement émis par la désintégration du phosphore 32.

2.3. Pour la très grande majorité d'entre eux, les noyaux fils obtenus lors de cette transformation ne sont pas dans un état excité. À quel type de rayonnement particulièrement pénétrant le patient n'est-il pas exposé ?

2.4. Rappeler la loi de décroissance du nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs d'un échantillon en fonction de λ et N_0 (nombre de noyaux radioactifs à la date $t = 0$).

2.5. Définir le temps de demi-vie radioactive $t_{1/2}$ et établir la relation qui existe entre la demi-vie et la constante de désintégration radioactive λ .

2.6. Vérifier, par un calcul, la valeur approchée du temps de demi-vie proposée dans la carte d'identité ci-dessus.

EXERCICE III. DE LA BROCANTE À L'ORFÈVRERIE (4 points)

La photographie, ci-contre, est celle d'une « égoïste ». Il s'agit d'une théière de salon, pour une seule personne, datant du début du XIX^{ème} siècle. Elle est en laiton (alliage de cuivre et de zinc) et, à l'origine, elle était recouverte d'argent métallique qui a disparu au fil des années.

Pour redonner à ce type de pièce leur éclat d'antan, les orfèvres savent déposer une mince couche adhérente d'argent par électrolyse. Outre l'embellissement de l'objet traité, cette opération permet de le protéger de l'attaque de l'air et des aliments acides et lui confère des propriétés germicide et bactéricide.



L'objectif de cet exercice est d'étudier le principe de cette électrolyse, dite à anode soluble, qui permet de déposer une fine couche d'argent sur une pièce métallique.

Données :

- couple oxydant/réducteur : $\text{Ag}^+(\text{aq}) / \text{Ag}(\text{s})$;
- masse molaire atomique de l'argent : $M(\text{Ag}) = 108 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masse volumique de l'argent : $\rho(\text{Ag}) = 10 \text{ g.cm}^{-3}$;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

1. Principe de l'argenture électrolytique

Avant de recevoir l'argenture, la théière subit plusieurs traitements de la part de l'orfèvre : le métal est aplani, décapé, poli et dégraissé de manière à ce que le dépôt d'argent adhère bien par la suite.

La théière, une fois prête à recevoir l'argenture (**figure 4**), est plongée dans un bain nommé bain « d'argent brillant », solution contenant entre autres des ions dicyanoargentate en équilibre avec des ions argent.

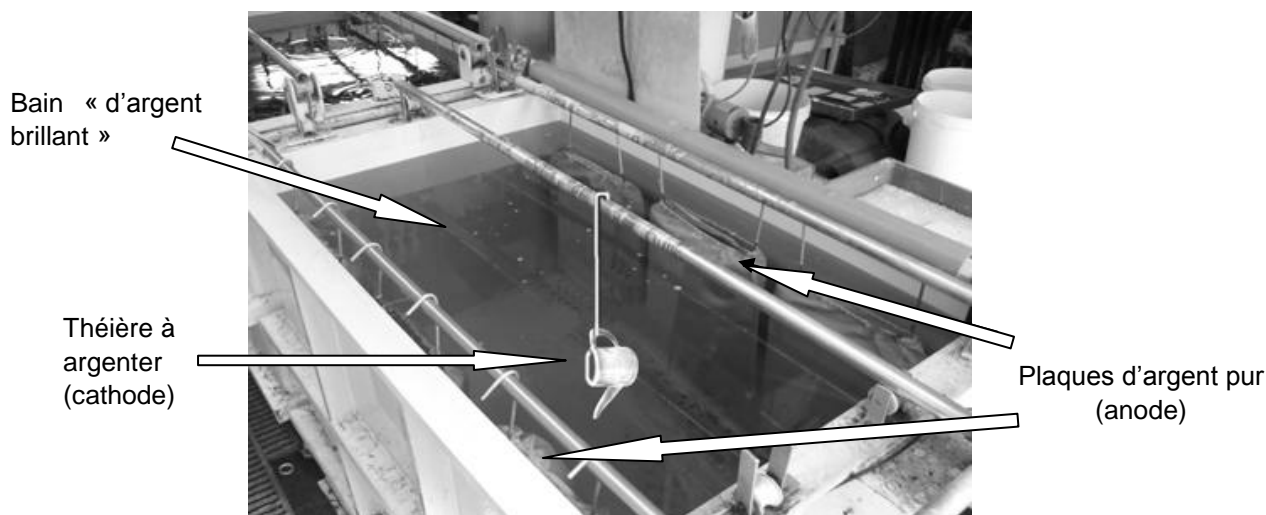
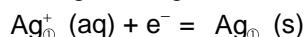


Figure 4. Théière plongée dans le bain « d'argent brillant »

La théière plongée dans ce bain joue le rôle de cathode. Des plaques d'argent pur, placées de chaque côté du bain, jouent le rôle d'anode. Un générateur de basse tension délivre dans l'électrolyseur ainsi constitué un courant d'intensité constante dont on peut régler la valeur.

1.1. On a simplifié le circuit d'électrolyse en résumant l'action des deux plaques d'argent en une seule sur **LA FIGURE 5 DE L'ANNEXE PAGE 10**. Indiquer sur ce schéma, le sens conventionnel du courant électrique et le sens de déplacement des électrons.

1.2. Dans le bain « d'argent brillant », les ions argent réagissent à la cathode (notée ①) selon l'équation :



Quel est l'intérêt d'avoir utilisé la théière comme cathode ?

1.3. À l'anode (notée ②), l'argent métallique Ag_{s} des plaques réagit, écrire l'équation de la réaction à cette électrode. On notera Ag^+ les ions argent intervenant à cette électrode. De quel type de réaction s'agit-il ?

1.4. À partir des questions 1.2 et 1.3, écrire l'équation de la réaction chimique ayant lieu lors de l'électrolyse. Pourquoi appelle-t-on cette électrolyse « électrolyse à anode soluble » ?

2. Étude quantitative de l'électrolyse

On souhaite argenter extérieurement et intérieurement la théière qui possède une surface totale $S = 850 \text{ cm}^2$ par un dépôt uniforme d'argent. La théière, qui joue le rôle de cathode, est plongée entièrement dans le bain d'argent brillant pendant une durée $\Delta t = 35 \text{ min}$. L'intensité du courant délivrée par le générateur est constante et vaut $I = 7,0 \text{ A}$.

2.1. Exprimer la quantité d'électricité Q qui a traversé l'électrolyseur pendant une durée Δt .

2.2. Donner l'expression de la quantité de matière d'électrons échangés $n(\text{e}^-_{\text{éch}})$ pendant l'électrolyse en fonction de Q , N_A et e .

2.3. Montrer que la masse d'argent métallique $m(\text{Ag}_{\text{dép}})$ déposée sur la théière pendant l'électrolyse a pour

$$\text{expression : } m(\text{Ag}_{\text{dép}}) = \frac{I \cdot \Delta t}{N_A \cdot e} \cdot M(\text{Ag}) .$$

Calculer sa valeur.

2.4. Sur la **figure 4**, on voit que la théière est suspendue entre deux plaques d'argent jouant le rôle d'anode. Quel avantage présente ce dispositif pour le dépôt d'argent sur la théière ?

3. Qualité du dépôt d'argent sur la théière

Une fois l'électrolyse terminée, l'orfèvre doit appliquer un poinçon. Ce poinçon comporte les chiffres **I** ou **II** selon la qualité de fabrication correspondant à une certaine couche d'argent déposée sur la pièce (**figure 6**).



Figure 6. Exemples de poinçons avec le symbole de l'orfèvre et ses initiales

Les qualités **I** ou **II** dépendent de l'épaisseur moyenne du dépôt d'argent sur l'objet et du type d'objet argenté comme le montre le tableau ci-dessous :

	Épaisseur moyenne minimale du dépôt d'argent en μm			
	Articles de couvert d'usage fréquent (couteaux, fourchettes)	Articles de couvert d'usage occasionnel (couteaux, fourchettes)	Articles d'orfèvrerie au contact des aliments (plats, théières, timbales)	Articles d'orfèvrerie décoratifs (bougeoirs, vases)
Qualité I	33	19	15	10
Qualité II	20	12	9	6

3.1. Exprimer le volume $V(\text{Ag}_{\text{dép}})$ d'argent déposé sur la théière au cours de l'électrolyse en fonction de $m(\text{Ag}_{\text{dép}})$ et $\rho(\text{Ag})$.

3.2. À partir de la question 2.3, calculer l'épaisseur moyenne d d'argent déposé sur la théière au cours de l'électrolyse.

3.3. Déduire des données du tableau ci-dessus, le poinçon de l'orfèvre à appliquer sur la théière restaurée.

ANNEXE DE L'EXERCICE III

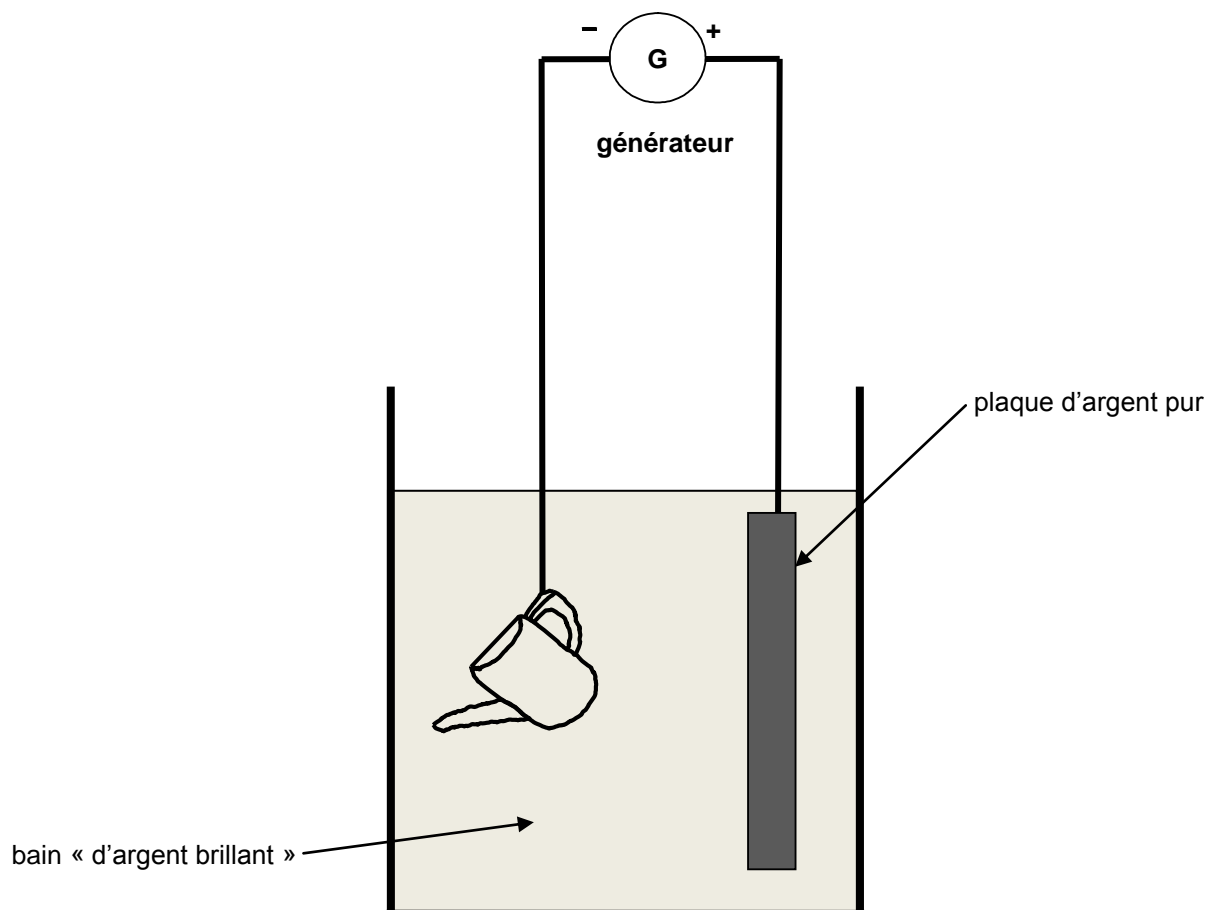
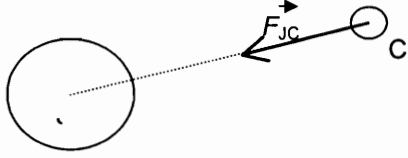


Figure 5. Schéma simplifié de l'électrolyseur

EXERCICE I. DES ÉCRITS D'ILLUSTRES SCIENTIFIQUES (6,5 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires															
1.	Texte de Marcellin Berthelot																	
1.1.1.	$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{\rho_1 \cdot V_1}{M_1} = \frac{1,05 \times 57}{60,0} = 1,0 \text{ mol}$	0,5 point globalisé sur les deux questions	0,25 pour la formule 0,25 pour les deux AN exactes $n_1 = n_2$ non exigible Accepter 0,99mol															
1.1.2.	La quantité de matière initiale d'éthanol vaut : $n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{\rho_2 \cdot V_2}{M_2} = \frac{0,79 \times 58}{46,0} = 1,0 \text{ mol}$ $n_1 = n_2$: le mélange réalisé est équimolaire																	
1.2.1.	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH} = \text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,25	0 si « → » à la place du « = » CH_3COOH accepté On ne pénalise pas un état physique faux															
1.2.2.	L'acide éthanoïque restant est titré lors du dosage. $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HO}^- = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$	0,25	Accepter « → » à la place du « = ». L'état physique n'est pas exigé															
1.2.3.	À l'équivalence : - les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques <p align="center">ou</p> - il y a changement de réactif limitant. $n_R = n_{\text{HO}^-}^E = C_B \cdot V_E = 1,00 \times 12,0 \times 10^{-3} = 1,20 \times 10^{-2} \text{ mol}$	0,25 0,25	Toute définition correcte est acceptée. Un tableau d'avancement n'est pas exigé.															
1.2.4.	n_R est la quantité d'acide éthanoïque restante dans 2,0 mL du mélange donc dans le flacon, c'est-à-dire dans un volume total égal à $57 + 58 = 115 \text{ mL}$ on obtient : $n_R' = n_R \times \frac{115}{2,0} = 1,20 \times 10^{-2} \times \frac{115}{2,0} = 0,69 \text{ mol}$	0,25																
1.2.5.	Au bout de six mois : <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td></td> <td>$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$</td> <td>$+ \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$</td> <td>$= \text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$</td> <td>$+ \text{H}_2\text{O}$</td> </tr> <tr> <td>Etat initial</td> <td>1,0</td> <td>1,0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Etat à 6 mois</td> <td>$1,0 - x$</td> <td>$1,0 - x$</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> </table> acide éthanoïque : $n_R' = 0,69 \text{ mol} = 1,0 - x$; on en déduit $x = 0,31 \text{ mol}$ éthanol : $n_R' = 0,69 \text{ mol}$ éthanoate d'éthyle : $0,31 \text{ mol}$ eau : $0,31 \text{ mol}$		$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	$+ \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$= \text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$	$+ \text{H}_2\text{O}$	Etat initial	1,0	1,0	0	0	Etat à 6 mois	$1,0 - x$	$1,0 - x$	x	x	0,25 0,25	Admettre état final. L'état final n'étant pas atteint, il est normal que le rendement ne soit que de 31%. Tout raisonnement logique est accepté. 0,25 pour le raisonnement 0,25 pour l'application numérique correcte
	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	$+ \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$= \text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$	$+ \text{H}_2\text{O}$														
Etat initial	1,0	1,0	0	0														
Etat à 6 mois	$1,0 - x$	$1,0 - x$	x	x														
1.2.6.	À partir de la connaissance de la quantité de matière restante d'acide éthanoïque au bout de six mois, on en a déduit les	0,25	Accepter toute réponse															

	quantités de matière des autres corps connaissant les quantités de matière des réactifs initialement introduites. Le passage quantité de matière à masse se fait aisément avec la masse molaire des corps. La phrase soulignée est ainsi justifiée.		correcte. Le mot <i>masse</i> doit apparaître dans la justification
2.	Texte d'Isaac Newton		
2.1.		0,25	
2.2.	« tendent au centre de Jupiter » : la force de gravitation est orientée <u>vers le centre</u> de Jupiter. « sont en raison réciproque... à ce centre » : la valeur de la force de gravitation est <u>inversement proportionnelle</u> au carré de la distance entre les centres de Jupiter et du satellite.	0,25 0,25	Accepter centripète.
2.3.	D'après la loi de gravitation universelle : $\vec{F}_{JC} = -G \frac{M_J \cdot M_C}{r^2} \vec{u}_{JC}$	0,25	
2.4.	D'après la deuxième loi de Newton (appliquée au satellite Callisto dans le référentiel jovicentrique supposé galiléen) : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = M_C \cdot \vec{a}_C \text{ donc } -G \frac{M_J \cdot M_C}{r^2} \vec{u}_{JC} = M_C \cdot \vec{a}_C$ Finalement, on obtient : $\vec{a}_C = -G \frac{M_J}{r^2} \vec{u}_{JC}$	0,25 0,25	Partie entre parenthèses non exigée.
2.5.	$a_c = \frac{v_c^2}{r}$	0,25	
2.6.	Mouvement circulaire uniforme donc : Par analogie : $\frac{v_c^2}{r} = G \cdot \frac{M_J}{r^2}$ On en déduit : $v_c = \sqrt{G \cdot \frac{M_J}{r}}$	0,25	
2.7.1.	Pendant une période T_C , le satellite Callisto parcourt une trajectoire circulaire de périmètre $2\pi r$ autour de Jupiter, d'où : $T_C = \frac{2\pi r}{v_C} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{G \cdot M_J}{r}}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M_J}}$	0,25	Démarche demandée. Utilisation de la 3 ^{ème} loi de Kepler acceptée.
2.7.2.	$T_C = 2\pi \sqrt{\frac{(1,88 \times 10^9)^3}{6,67 \times 10^{-11} \times 1,90 \times 10^{27}}} = 1,44 \times 10^6 \text{ s}$	0,25	
3.	Texte de Galilée		
3.1.1.	C'est le croquis (a) car lo est caché par Jupiter. Il voit donc deux satellites vers l'est et un vers l'ouest.	0,25	
3.1.2.	Par exemple, un satellite peut être caché par Jupiter.	0,25	Accepter toute réponse correcte.
3.1.3.	La trajectoire des satellites vue par Galilée est un segment de droite	0,25	Accepter droite ou rectiligne.
3.2.1.	L'orbite de Callisto a le plus grand rayon ou diamètre.	0,25	Accepter un raisonnement correct basé sur la période
3.2.2.	Le 27 février 1610 a.	0,25	
3.2.2.	b. $T_C = 27 - 11 = 16$ jours À la question 2.7.2., il a été trouvé $T_C = 1,44 \times 10^6 \text{ s}$ soit 16,7 jours. Les deux réponses sont compatibles.	0,25	Tout ou rien.

EXERCICE II. DU NUCLEAIRE DANS LA MEDECINE (5,5 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

1.	Injection intra-articulaire d'une solution contenant du rhénium 186		
1.1.1.	Au dessus de la courbe donc excès de neutrons	0,25	Pas de justification attendue
1.1.2.	Un électron est émis	0,25	Pas de justification attendue
1.1.3.	${}^{186}_{Z}\text{Re} \rightarrow {}^A_{76}\text{Os} + {}^0_{-1}\text{e}$ Calcul de A en utilisant la conservation du nombre de nucléons : $186 = A + 0$, d'où $A = 186$ Calcul de Z en utilisant la conservation de la charge : $Z = 76 + (-1)$, d'où $Z = 75$.	1	Accepter e^- dans l'équation (= non accepté) 0,25 équation 0,25 x 2 pour l'énoncé complet des lois et le calcul de Z et de A 0,25 pour les deux valeurs numériques (de A et Z)
1.2.	L'activité décroît dans le temps, il faut donc indiquer un instant d'origine.	0,25	Accepter une formulation qui fait apparaître la notion de décroissance radioactive.
1.3.1.	À la date de calibration, $A_0 = \lambda \cdot N_0$ et $m_0 = n_0 \cdot M({}^{186}_{Z}\text{Re})$ $m_0 = [N_0/N_A] \cdot M({}^{186}_{Z}\text{Re}) = \frac{A_0}{\lambda \cdot N_A} \cdot M({}^{186}_{Z}\text{Re})$ $m_0 = \frac{3700 \times 10^6}{2,2 \times 10^{-6} \times 6,0 \times 10^{23}} \times 186 = 5,2 \times 10^{-7} \text{ g}$	0,5	
1.3.2.	3,7 jours après la date de calibration, l'activité a diminué de moitié puisque 3,7 jours correspond au temps de demi-vie $A_1 = A_0/2 = 1850 \text{ MBq}$	0,25	
1.3.3.	A(t) est proportionnelle à V 1850 MBq correspondent à 10mL à $t_{1/2}$, donc : $V = 70 \times 10 / 1850 = 0,38 \text{ mL}$	0,5	accepter toute justification cohérente
2.	Injection intraveineuse d'une solution contenant du phosphore 32		
2.1.	Le noyau de phosphore 32 contient 15 protons et 17 neutrons	0,25	
2.2.	$E = [m({}^{32}_{15}\text{P}) - m({}^{32}_{16}\text{S}) - m({}^0_{-1}\text{e})] \cdot c^2$ AN : $E = 2,8 \times 10^{-13} \text{ J}$ (Le résultat exprimé en joules n'est pas exigé, le calcul de la conversion peut être intégré à l'expression littérale). $E = 1,7 \times 10^6 \text{ eV} = 1,7 \text{ MeV}$ ou $1,8 \text{ MeV}$ Résultat en accord avec la valeur de l'énoncé.	0,75	0,25 expression littérale en acceptant une valeur négative 0,25 calcul en J ou eV 0,25 passage en MeV
2.3.	Pas de rayonnement gamma	0,25	
2.4.	$N(t) = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$	0,25	
2.5.	Quand $t = t_{1/2}$, $N = N_0/2$ $N_0/2 = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t_{1/2})$ soit $1/2 = \exp(-\lambda \cdot t_{1/2})$ $\ln(1/2) = -\lambda \cdot t_{1/2}$ $\ln 1 - \ln 2 = -\lambda \cdot t_{1/2}$ Finalement, $\ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2}$	0,5	0,25 pour la définition de $t_{1/2}$ 0,25 pour la démonstration
2.6.	$t_{1/2} = \ln 2 / \lambda({}^{32}_{15}\text{P}) = 1,2 \times 10^6 \text{ s}$ $t_{1/2} = 1,2 \times 10^6 / (60 \times 60 \times 24) = 14 \text{ j}$ Cohérent avec l'énoncé.	0,5	

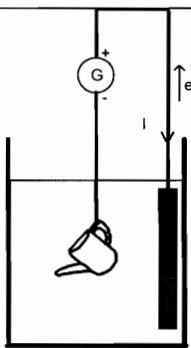
EXERCICE III. LA PILE GÉNÉPAC (GÉNÉrateur Électrique à Pile À Combustible) (4 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1.1.1.	$H_2(g) = 2H^+(aq) + 2e^-$ $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- = 2H_2O(l)$	0,25 0,25	Etats physiques non exigés
1.1.2.	$H_2(g) = 2H^+(aq) + 2e^-$ est une oxydation $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- = 2H_2O(l)$ est une réduction.	0,25	
1.1.3.	$(H_2(g) = 2H^+(aq) + 2e^-) \times 2$ $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- = 2H_2O(l)$ <hr/> $2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(l)$	0,25	
1.2.		0,25 (électrons et courant) 0,25 (polarité) 0,25(H ⁺)	
1.3.	Les électrodes ondulées présentent une plus grande surface de contact avec les réactifs.	0,25	Toute réponse pertinente est acceptée.
2.1.1.	$n_R(H_2) = \frac{m}{M(H_2)} = \frac{3,0 \times 10^3}{2 \times 1,0} = 1,5 \times 10^3 \text{ mol}$ Dans les conditions normales : $P_0 \cdot V_0 = n_R(H_2) \cdot R \cdot T_0$ Donc $V_0 = \frac{n_R(H_2) \cdot R \cdot T_0}{P_0} = \frac{1,5 \cdot 10^3 \times 8,314 \times 273}{1,01 \cdot 10^5} = 34 \text{ m}^3$	0,25 0,25	
2.1.2.	$n_C(H_2) = \frac{n_R(H_2)}{170}$	0,25	
2.2.1.	$Q = I \times \Delta t$	0,25	
2.2.2.	$Q = n(e^-) \times N_A \times e$	0,25	
2.2.3.	D'après l'équation : $H_2(g) = 2H^+ + 2e^-$, on a $n(e^-) = 2 \cdot n_C(H_2)$	0,25	
2.3.1.	$\Delta t = \frac{Q}{I} = \frac{n(e^-) \cdot N_A \cdot e}{I} = \frac{2 \cdot n_C(H_2) \cdot N_A \cdot e}{I}$	0,25	
2.3.2.	$\Delta t = \frac{2 \cdot n_C(H_2) \cdot N_A \cdot e}{I} = \frac{2 \times 1,5 \times 10^3 \times 6,0 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19}}{170 \times 120}$ $\Delta t = 14 \cdot 10^3 \text{ s}$ soit, en divisant par 3600, $\Delta t = 3,9 \text{ h}$	0,25	Conversion en h non exigée

EXERCICE III. DE LA BROCANTE À L'ORFÈVRERIE (4 points) Spécialité

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1.	Présentation de l'argenture électrolytique		
1.1.	<p>- Sens conventionnel du courant électrique. - Sens de déplacement des électrons.</p> 	0,25	Tout ou rien
1.2.	La théière va se recouvrir d'argent métallique à la cathode.	0,25	
1.3.	$Ag_2(s) = Ag_2^+(aq) + e^-$ À l'anode se produit une réaction d'oxydation (perte d'électrons)	0,25 0,25	
1.4.	À l'anode : $Ag_2(s) = Ag_2^+(aq) + e^-$ À la cathode : $Ag_2^+(aq) + e^- = Ag_2(s)$ Bilan : $Ag_2^+(aq) + Ag_2(s) = Ag_2(s) + Ag_2^+(aq)$ À l'anode, l'argent métallique est consommé et la masse de l'anode diminue.	0,25 0,25	Demi-équations non exigées dans cette question.
2.	Etude quantitative de l'électrolyse		
2.1.	Par définition : $Q = I.\Delta t$	0,25	
2.2.	Par définition : $n(e_{éch}^-) = \frac{Q}{N_A \cdot e}$	0,25	
2.3.	D'après l'équation qui se produit à la cathode : $n(Ag_{dép}) = n(e_{éch}^-)$. avec $n(e_{éch}^-) = \frac{I.\Delta t}{N_A \cdot e}$ On en déduit : $m(Ag_{dép}) = n(Ag_{dép}) \cdot M(Ag) = n(e_{éch}^-) \cdot M(Ag) = \frac{I.\Delta t}{N_A \cdot e} \cdot M(Ag)$ $m(Ag_{dép}) = \frac{7,0 \times 35 \times 60}{6,0 \times 10^{23} \times 1,6 \times 10^{-19}} \times 108 = 17g$	0,25 0,25 0,25	
2.4.	Cela permet un dépôt plus régulier sur la surface de la théière.	0,25	
3.	Qualité du dépôt d'argent sur la théière		
3.1.	Par déf. : $\rho(Ag) = \frac{m(Ag_{dép})}{V(Ag_{dép})}$ d'où $V(Ag_{dép}) = \frac{m(Ag_{dép})}{\rho(Ag)}$	0,25	
3.2.	Par définition : $d = \frac{V(Ag_{dép})}{S} = \frac{m(Ag_{dép})}{\rho(Ag) \cdot S}$ $d = \frac{17}{10 \times 850} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ cm} = 20 \mu\text{m}$	0,25 0,25	
3.3.	La théière est un article d'orfèvrerie au contact des aliments. Pour un tel article, la qualité de fabrication est de I si l'épaisseur moyenne du dépôt d'argent est au moins de 15 μm . Ici, l'épaisseur est de 20 μm : la qualité de fabrication est donc une qualité I.	0,25	Accepter une réponse cohérente avec la question précédente.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 11 et 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. TRAITEMENTS D'UNE INFECTION VIRALE (6,5 points)

Pour une infection provoquée par le virus Influenza, deux types de traitements peuvent être prescrits aux patients : les traitements symptomatiques tels que les antipyrétiques (paracétamol, ibuprofène,...) et les traitements antiviraux (oséltamivir, zanamivir,...)

Dans un laboratoire, on reçoit deux comprimés : l'un étant de l' « ibuprofène 100 mg » et l'autre de l' « oséltamivir 75 mg ». Ces médicaments contiennent un principe actif différent et d'autres espèces chimiques appelées excipients. Le principe actif est l'espèce chimique utile au traitement. Par exemple, pour le comprimé « ibuprofène 100 mg », il s'agit de l'ibuprofène.

Dans cet exercice on se propose de vérifier l'identité des deux comprimés, puis de réaliser le dosage pH-métrique de l'ibuprofène et enfin d'étudier quelques propriétés de l'oséltamivir.

Les trois parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Identification des comprimés d'ibuprofène et d'oséltamivir

1.1. Analyse chromatographique

On réalise une chromatographie sur couche mince des deux comprimés reçus que l'on nomme arbitrairement A et B. L'éluant utilisé est un mélange complexe de solvants organiques.

Identifier, en justifiant les réponses, les deux comprimés A et B à partir du chromatogramme représenté en **figure 1**.

Dépôt 1 : principe actif du comprimé A
Dépôt 2 : principe actif du comprimé B
Dépôt 3 : ibuprofène de référence
Dépôt 4 : « oséltamivir » de référence

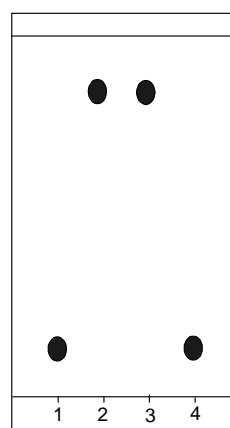


Figure 1. Chromatogramme

1.2. Principe actif

Données :

- masse molaire de l'ibuprofène : $M_i = 206 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masse molaire de l'oséltamivir : $M_o = 312 \text{ g.mol}^{-1}$.

Aide au calcul : $\frac{100}{206} = 0,485$; $100 \times 206 = 2,06 \times 10^4$; $\frac{312}{485} = 0,643$; $312 \times 485 = 1,51 \times 10^5$

1.2.1. La masse du comprimé d' « ibuprofène 100 mg » est de 300 mg. Celle du comprimé d' « oséltamivir 75 mg » est de 225 mg. Expliquer la différence entre les masses annoncées et les masses mesurées.

1.2.2. Déterminer la quantité de matière de principe actif contenu dans le comprimé d' « ibuprofène 100 mg ».

1.2.3. Calculer la masse d'oséltamivir correspondant à la même quantité de matière.

1.2.4. Les deux comprimés contiennent-ils la même quantité de matière de leur principe actif ? Justifier.

2. Dosage pH-métrique de l' « ibuprofène »

On souhaite vérifier la masse d'ibuprofène présente dans un comprimé. L'ibuprofène a été synthétisé pour la première fois dans les années 1960. Sa formule correspond à la **figure 2**.

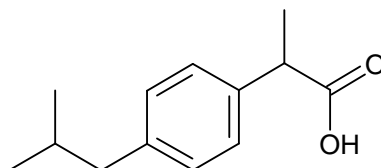


Figure 2. Ibuprofène

2.1. Préparation de la solution aqueuse d'ibuprofène

On broie puis on dissout le comprimé contenant l'ibuprofène dans 30 mL d'éthanol. Les excipients y sont insolubles. On filtre alors sous vide le mélange. Le filtrat, contenant l'ibuprofène dissous, est dilué dans 70 mL d'eau. On obtient une solution S d'ibuprofène dont on admet qu'elle a le même comportement qu'une solution aqueuse.

2.1.1. En utilisant les mots contenus dans le tableau ci-dessous, légendez le schéma de la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

filtrat	fiole à vide	papier filtre
entonnoir Büchner	excipients solides	vers la trompe à vide

2.1.2. Expliquer pourquoi la filtration sous vide est préférée à la filtration simple.

2.2. Réalisation du dosage pH-métrique de l'ibuprofène

On dose l'ibuprofène contenu dans la solution S à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration en soluté apporté $c_B = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La mesure du pH permet de tracer les courbes de la **FIGURE 4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

2.2.1. À l'aide de la formule de l'ibuprofène (**figure 2**), expliquer pourquoi il est possible de doser la solution S par une solution d'hydroxyde de sodium.

2.2.2. On note l'ibuprofène AH. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.

2.2.3. À l'aide du graphique de la **FIGURE 4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, justifier qu'aux erreurs de mesure près, le volume versé à l'équivalence est $V_{BE} = 9,4 \text{ mL}$.

2.2.4. Parmi les propositions ci-dessous, choisir, en le justifiant, l'expression littérale correcte pour déterminer la masse effective m d'ibuprofène dans le comprimé où M_i est la masse molaire de l'ibuprofène.

a. $m = \frac{c_B \cdot V_{BE}}{M_i}$ b. $m = \frac{c_B \cdot M_i}{V_{BE}}$ c. $m = \frac{M_i \cdot V_{BE}}{c_B}$ d. $m = c_B \cdot V_{BE} \cdot M_i$

2.2.5. Calculer la masse effective m d'ibuprofène dans le comprimé et conclure.

Aide au calcul : $\frac{5,00 \times 9,4}{2,06} = 23$; $\frac{5,00 \times 2,06}{9,4} = 1,1$; $\frac{2,06 \times 9,4}{5,00} = 3,9$; $2,06 \times 5,00 \times 9,4 = 97$

3. Propriétés de l'oséltamivir

L'oséltamivir a été développé vers 1995. Sa formule semi-développée correspond à la **figure 5**.

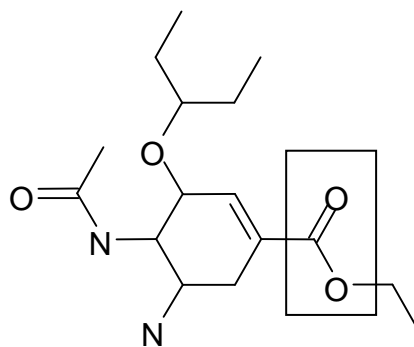


Figure 5. Oséltamivir

Par souci de simplification d'écriture, cette formule sera notée $R_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-R_2$.
 R_1 étant un groupe n'intervenant pas dans le sujet et contenant les éléments C, H, O et N.

3.1. Groupes caractéristiques

- 3.1.1. Nommer le groupe caractéristique encadré.
- 3.1.2. Donner la formule semi-développée du groupe R_2 .

3.2. Transformation chimique de l'oséltamivir

L'oséltamivir, une fois ingéré, est transformé par une enzyme en ion carboxylate ; celui-ci agit alors sur le virus. On admet que l'enzyme joue le même rôle que l'ion hydroxyde HO^- sur le groupe caractéristique encadré.

- 3.2.1. Écrire la réaction entre l'oséltamivir (noté $R_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-R_2$) et l'ion hydroxyde.
- 3.2.2. Comment se nomme cette réaction ?
- 3.2.3. Donner les deux caractéristiques de la réaction chimique précédente.

3.3. Première étape de la synthèse de l'oséltamivir

En 2005, il a été révélé que l'oséltamivir était produit à partir de l'acide shikimique (voir **figure 6**) contenu dans la badiane chinoise, aussi appelée anis étoilé et cultivée dans le sud de la Chine. Cet acide, qui ne présente aucune activité antivirale, subit de multiples transformations avant de devenir l'oséltamivir. La première étape est une estérification entre l'acide shikimique et l'éthanol.

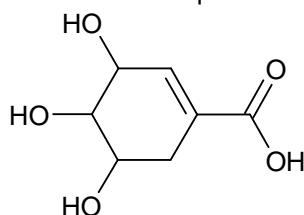


Figure 6. Acide shikimique

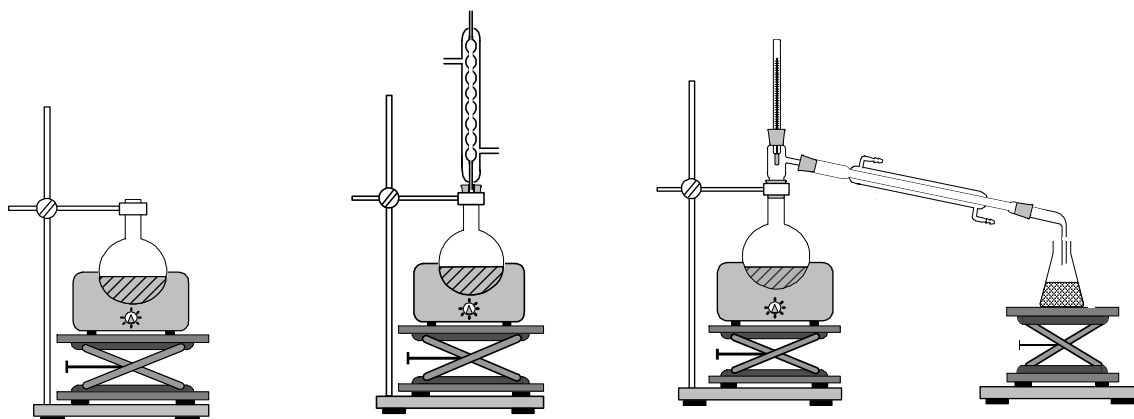
3.3.1. Caractéristiques d'une estérification

- a. Écrire l'équation de la réaction d'estérification entre l'acide shikimique (noté $R-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$) et l'éthanol, en formule semi-développée.
- b. Citer deux caractéristiques de cette réaction d'estérification.

3.3.2. Synthèse de l'ester

On dissout 200 mg d'acide shikimique dans 10 mL d'éthanol et on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique, ainsi que quelques grains de pierre ponce. On chauffe à reflux le mélange réactionnel.

- a. Parmi les trois propositions ci-dessous, choisir le schéma correct correspondant au protocole décrit :



A.

B.

C.

- b. Quel est le rôle du réfrigérant à eau ?
c. Quel est l'intérêt de chauffer le mélange réactionnel ?
d. Quel est l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique ?

3.3.3. Rôles de l'éthanol

- a. Parmi les propositions ci-dessous, choisir la (ou les) réponse(s) correctes relatives au(x) rôle(s) joué(s) par l'éthanol :

A. catalyseur

B. réactif

C. solvant

- b. Quel est l'intérêt d'utiliser l'éthanol en excès sur l'état d'équilibre du système ?
c. Une réaction est-elle possible entre deux groupes caractéristiques de deux molécules d'acide shikimique ? Justifier.

EXERCICE II. LA NUIT DU 21 JUIN 1822 (5,5 points)

L'une des expériences historiques permettant de déterminer la célérité du son dans l'air a été réalisée en 1822 près de Paris par ordre du Bureau des Longitudes. Présenté ci-dessous, l'extrait du traité élémentaire de physique (1836) de Monsieur l'abbé Pinault relate cette expérience.

Les deux stations que l'on avait choisies étaient Villejuif et Montlhéry. À Villejuif, le capitaine Boscary fit déposer, sur un point élevé, une pièce de six¹, avec des gargousses² de deux et trois livres de poudre. À Montlhéry, le capitaine Pernetty fit déposer une pièce de même calibre, avec des gargousses de même poids. Les expériences furent faites de nuit et commencèrent à onze heures du soir, le 21 et le 22 juin 1822. De Villejuif on apercevait très distinctement le feu de l'explosion de Montlhéry et vice versa : le ciel était serein et à peu près calme.

La température de l'atmosphère était de 15,9 degrés Celsius. Les coups de canon des deux stations opposées étaient réciproques, de sorte que les résultats ne fussent pas influencés par le vent.

Chacun des observateurs notait sur son chronomètre le temps qui s'écoulait entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du son. On peut prendre 54,6 secondes pour le temps moyen que le son mettait à passer d'une station à l'autre. Les deux canons étaient à une distance de 9 549,6 toises³.

¹ pièce de canon.

² charge de poudre contenue dans une enveloppe de tissu ou de papier au diamètre de la chambre du canon.

³ unité de longueur ancienne qui correspond à 1,949 m.

Données :

- célérité de la lumière dans l'air $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante des gaz parfaits $R = 8,3 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$;
- masse d'une mole d'air $M = 2,9 \times 10^{-2} \text{ kg.mol}^{-1}$;
- température absolue $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,1$.

1. Détermination expérimentale et historique de la célérité des ondes sonores dans l'air

1.1. Les ondes sonores sont des ondes mécaniques longitudinales. Définir une onde mécanique puis préciser ce que signifie le caractère longitudinal de l'onde sonore.

1.2. Dans l'expérience, la célérité des ondes sonores produites par les deux canons opposés est-elle augmentée, diminuée ou inchangée lors de leur croisement ?

1.3. En utilisant les valeurs mesurées par les observateurs, calculer la valeur de la célérité des ondes sonores, notée v_{exp} . D'après le texte, pour les observateurs, de quel(s) paramètre(s) dépend, a priori, la célérité du son ?

Aide au calcul :

$$\frac{9549,6}{1,9490} = 4899,7 \quad ; \quad 9549,6 \times 1,9490 = 18612 \quad ; \quad \frac{4899,7}{54,6} = 89,7 \quad ; \quad \frac{54,6}{18612} = 293 \times 10^{-5} \quad ; \quad \frac{18612}{54,6} = 341$$

1.4. Les observateurs déclenchent leur chronomètre à l'apparition de la lumière. Quelle durée négligent-ils ? Pourquoi est-ce raisonnable ?

2. Détermination de la célérité des ondes sonores dans l'air en utilisant un modèle théorique

Le développement de la mécanique des fluides a permis d'élaborer un modèle pour la propagation des ondes mécaniques dans les gaz. L'expression théorique de la célérité de ces ondes qui découle de ce modèle est :

$$v_{\text{théo}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

avec M la masse d'une mole d'air, T sa température absolue, R la constante des gaz parfaits et γ un nombre sans dimension qui dépend notamment des propriétés de l'air.

La valeur du coefficient γ de l'air a été déterminée par Rückhardt (1929, scientifique allemand) en utilisant les propriétés élastiques des gaz avec le dispositif schématisé **figure 7**.

Un piston étanche coulisse sans frottement dans un tube cylindrique ; le tube et le récipient enferment une quantité de matière n_0 d'air. Le piston écarté de sa position d'équilibre oscille autour de cette position d'un mouvement analogue à celui de l'oscillateur élastique {ressort + solide de masse m }.

Le système {air + piston de masse m } est équivalent à un système {ressort + solide de masse m }.

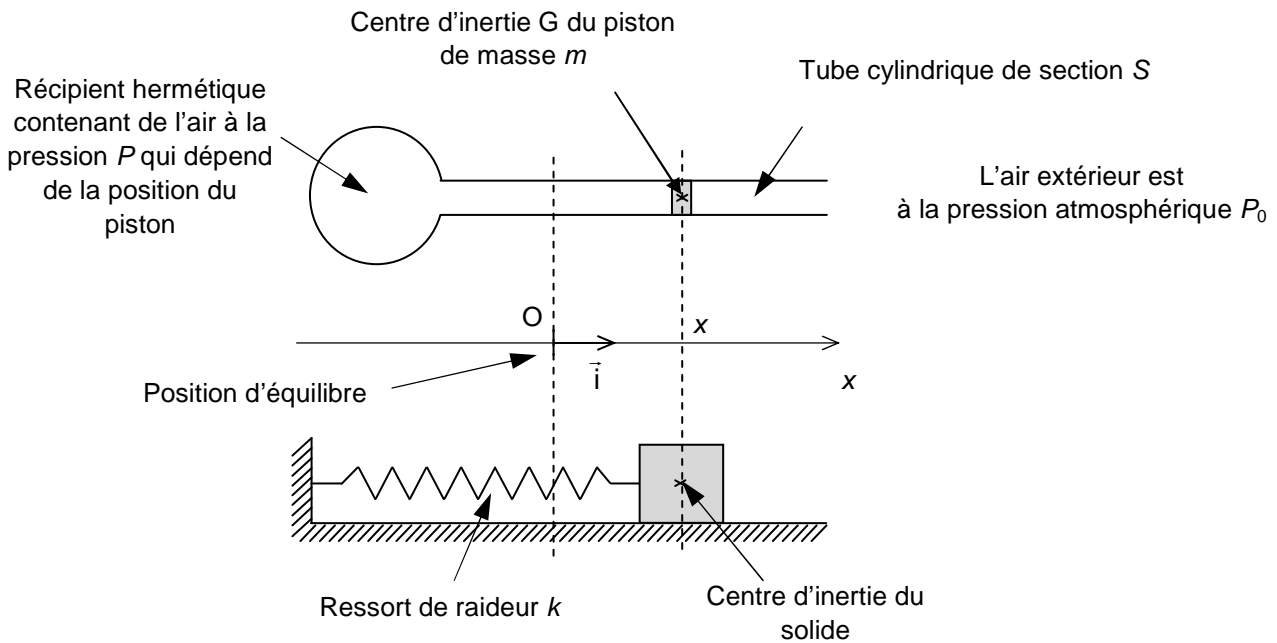


Figure 7. Système {air + piston} et système {ressort + solide}

Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

La position du piston est repérée par son abscisse x sur l'axe Ox dont l'origine O est confondue avec la position du piston à l'équilibre.

Dans tout l'exercice, les frottements sont négligés. L'air extérieur et l'air intérieur sont à la même température. Cette température est constante tout au long de l'expérience, on la note T_0 .

2.1. Le piston est soumis aux forces citées ci-dessous :

- Le poids \vec{P}
- La réaction du support \vec{R}
- Les forces pressantes de l'air à l'intérieur du récipient, dont la somme est équivalente à une force unique \vec{F}_{int}
- Les forces pressantes de l'air à l'extérieur du récipient, dont la somme est équivalente à une force unique \vec{F}_{ext}

Donner pour chacune de ces forces la nature de l'interaction : interaction de contact ou à distance.

2.2. L'ensemble des forces s'exerçant sur le piston est équivalent à une force unique horizontale :

$$\vec{F} = -kx\vec{i} \quad \text{avec} \quad k = \frac{\gamma S^2 P_0^2}{n_0 R T_0} \quad \text{où } k \text{ est une constante positive}$$

Pourquoi peut-on dire que cette force se comporte comme une force de rappel ? Justifier.

2.3. Écarté de sa position d'équilibre, le piston oscille autour de cette position avec une fréquence propre notée f_0 .

2.3.1. Énoncer la deuxième loi de Newton.

2.3.2. Déterminer l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie G du piston, en projetant sur l'axe (Ox) l'égalité vectorielle obtenue en appliquant la deuxième loi de Newton.

2.3.3. L'équation différentielle obtenue peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 4\pi^2 f_0^2 x = 0$$

En déduire l'expression de k en fonction de la masse m du piston et de sa fréquence propre f_0 .

2.4. Montrer que le coefficient γ a pour expression : $\gamma = \frac{4\pi^2 f_0^2 m n_0 R T_0}{S^2 P_0^2}$.

2.5. Dans les unités du système international, on trouve $\gamma = 1,4$ à la température $\theta = 15,9^\circ\text{C}$ de l'atmosphère dans la nuit du 21 juin 1822.

Recopier et compléter le calcul qu'il faut poser pour obtenir ce résultat.

$$\gamma = \frac{4\pi^2 \times 1,0^2 \times \dots \times 1,0 \times 8,3 \times \dots}{(3,1 \times 10^{-4} \times 1,013 \times 10^5)^2} = 1,4$$

Données :

- masse du piston : $m = 14,8 \text{ g}$;
- section du tube cylindrique : $S = 3,1 \text{ cm}^2$;
- fréquence propre : $f_0 = 1,0 \text{ Hz}$;
- pression atmosphérique : $P_0 = 1,013 \text{ bar}$;
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$;
- quantité de matière d'air enfermé : $n_0 = 1,0 \text{ mol}$.

2.6. Calculer la valeur théorique $v_{\text{théo}}$ de la célérité des ondes sonores dans l'air à cette température θ .

Aide aux calculs : $\frac{1,4 \times 8,3}{2,9} = 4,0$;	$\sqrt{289} = 17$;	$\frac{2,9}{(1,4 \times 8,3)} = 25 \times 10^{-2}$;	$\frac{17}{5} = 3,4$
---	---------------------	--	----------------------

3. Cohérence avec la mesure effectuée dans la nuit du 21 juin 1822

3.1. Vérifier que la valeur théorique $v_{\text{théo}}$ est proche de la valeur expérimentale v_{exp} déterminée dans la question 1.3.

3.2. Si l'expérience s'était déroulée en hiver avec une température extérieure de 0°C et en considérant que γ reste constant, la valeur trouvée de la célérité serait-elle plus grande ou plus petite ? Justifier.

EXERCICE III. DÉTECTION DE MÉTAUX (4 points)

À l'occasion d'un atelier scientifique, deux élèves de terminale S, Léo et Julie s'intéressent aux chercheurs de trésors. En faisant des investigations sur Internet, ils se lancent avec l'aide de camarades spécialisés en électronique dans le projet de réaliser un détecteur de métaux, appelé « poêle à frire » par les chercheurs de trésors.

Un détecteur de métaux est un appareil capable de détecter la présence ou non de métal à distance. Léo et Julie choisissent une méthode de détection qui s'appuie sur la variation de l'inductance d'une bobine à l'approche d'un métal. En effet, l'inductance augmente si on approche de la bobine un objet en fer alors qu'elle diminue si l'objet est en or.

Le détecteur est équivalent à un oscillateur constitué d'un condensateur et d'une bobine.

Du fait de la variation de l'inductance de la bobine, l'oscillateur voit sa fréquence modifiée. Un montage électronique permet alors de comparer la fréquence de cet oscillateur à une fréquence fixe. La comparaison indique ainsi la présence de métal et sa nature.

L'objectif de cet exercice est d'étudier le principe d'un détecteur de métal.

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

1. Variation de l'inductance d'une bobine à l'approche d'un métal

Dans le laboratoire du lycée, Léo et Julie ont à leur disposition une bobine plate portant les indications : $L = 20 \text{ mH}$, $r = 5,0 \Omega$. Ils décident de tester le comportement de cette bobine en présence ou non de métaux dans le but de vérifier la variation de l'inductance.

Le montage utilisé, schématisé sur la **figure 8**, est réalisé avec un générateur de tension continue de force électromotrice $E = 5,0 \text{ V}$, un conducteur ohmique de résistance $R = 10 \Omega$ et la bobine d'inductance L et de résistance r .

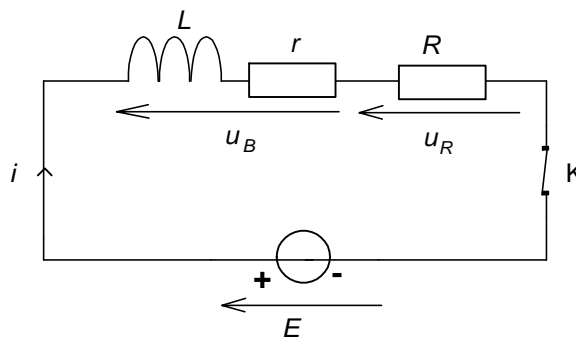


Figure 8. Montage permettant l'étude de l'inductance de la bobine

À l'aide d'un système d'acquisition convenablement protégé, ils enregistrent l'évolution de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique de résistance R en fonction du temps. L'origine des temps est prise à l'instant où l'on ferme l'interrupteur. L'expérience est faite dans un premier temps sans métal à proximité (courbe a) puis avec un morceau de fer à proximité de la bobine (courbe b) ; les enregistrements des courbes (a) et (b) sont représentés sur la **FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**.

1.1. Étude qualitative des courbes obtenues

- 1.1.1. Expliquer pourquoi l'évolution de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique représente celle de l'intensité du courant i dans le circuit.
- 1.1.2. Repérer sur la courbe (a) de la **FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12** le régime transitoire et le régime permanent. Expliquer qualitativement le phénomène observé pour l'intensité.
- 1.1.3. Comment évolue l'intensité du courant dans chaque régime ?
- 1.1.4. Donner l'expression de la tension u_B aux bornes de la bobine. Que devient cette expression quand le régime permanent est atteint ?

1.2. Exploitation du régime transitoire

1.2.1. La constante de temps du dipôle étudié a pour expression : $\tau = \frac{L}{R+r}$.

- Montrer par une analyse dimensionnelle que τ est homogène à un temps.
- Déterminer graphiquement, par une méthode au choix, les valeurs des constantes de temps τ_a et τ_b respectivement pour les courbes (a) et (b) de la **FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**.

1.2.2. En utilisant l'expression de τ et le résultat de la question précédente, comparer les valeurs L_a et L_b des inductances de la bobine en présence ou non de fer. L'information donnée à propos du fer dans le texte est-elle vérifiée ?

2. L'oscillateur

L'oscillateur utilisé dans le détecteur de métaux de Léo et Julie est un montage électronique complexe. Il est équivalent à un oscillateur électrique non amorti constitué par un condensateur et une bobine de résistance nulle, schématisé **figure 10**. Dans un souci de simplification, le dispositif de charge n'est pas représenté sur la **figure 10**. Le circuit est orienté comme indiqué sur la **figure 10**.

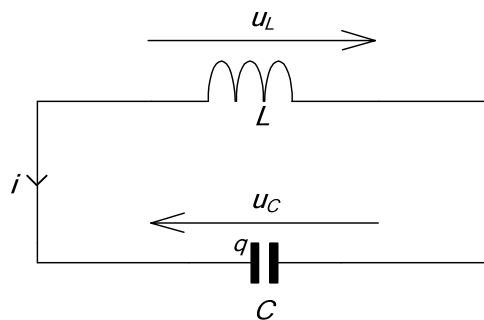


Figure 10. L'oscillateur

- Donner l'expression de la tension u_L en fonction de L et i .
- Donner l'expression de l'intensité du courant i en fonction de C et u_C .
- En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle satisfaite par u_C .
- L'équation différentielle est de la forme : $\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{4\pi^2}{T_0^2} u_C = 0$, où T_0 représente la période propre de l'oscillateur. Exprimer T_0 en fonction de L et C .
- L'enregistrement de la tension u_C en l'absence de métal à proximité de l'oscillateur est donné sur la **FIGURE 11 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**. Déterminer graphiquement la période propre T_0 de l'oscillateur en l'absence de métal.
- On rappelle qu'en l'absence de métal l'inductance de la bobine vaut 20 mH. En déduire la valeur de la capacité C utilisée dans l'oscillateur.

Aide aux calculs :	$\pi^2 = 10$;	$\frac{25}{8} = 3,1$;	$\frac{8}{25} = 3,2 \times 10^{-2}$
--------------------	----------------	------------------------	-------------------------------------

3. Recherche de métaux

3.1. On rappelle que l'inductance L de l'oscillateur augmente si on approche de la bobine un objet en fer alors qu'elle diminue si l'objet est en or. En absence de métal à proximité, la fréquence propre $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ de l'oscillateur est voisine de 20 kHz. Comment évolue cette fréquence si on approche de la bobine un objet en or ?

3.2. Léo et Julie sortent du laboratoire et partent sur la plage proche du lycée pour tester leur détecteur en situation réelle associé à un fréquencemètre. Soudain, au cours de leur recherche, ils détectent un signal de fréquence égale à 15 kHz. Ont-ils trouvé de l'or ? Justifier.

ANNEXE DE L'EXERCICE I

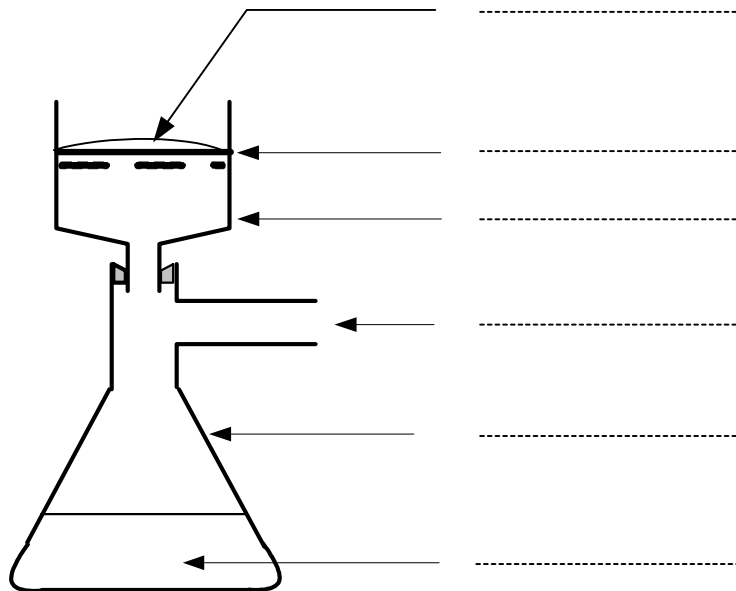


Figure 3. Schéma du montage de filtration sous vide

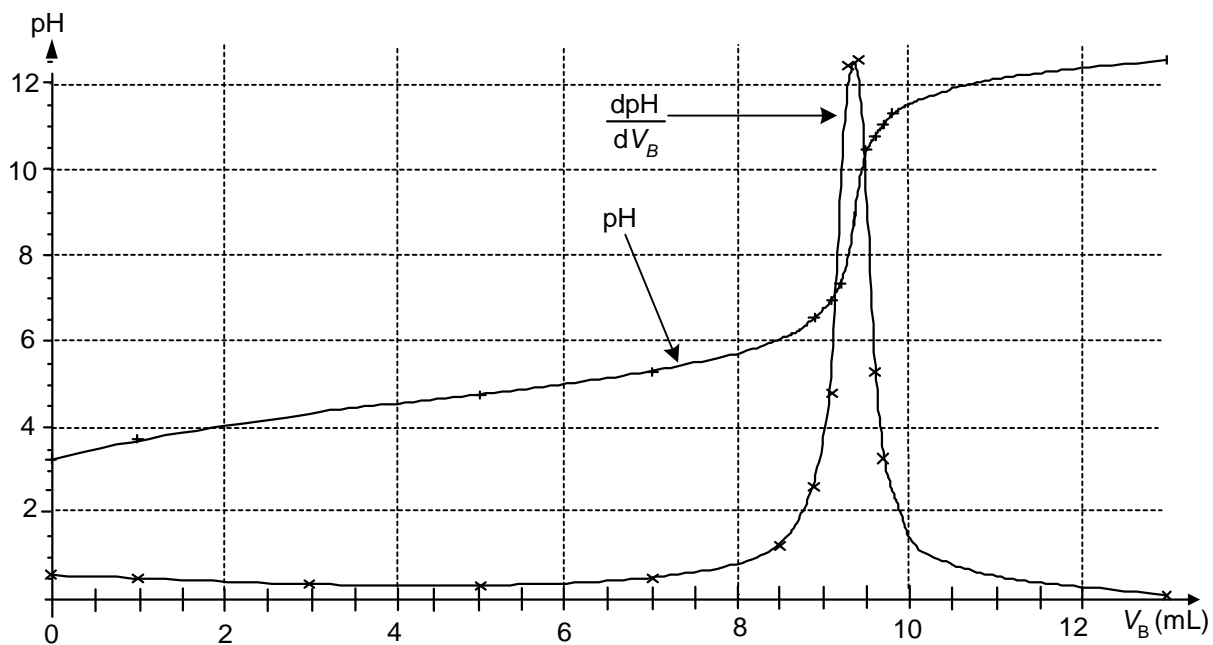


Figure 4. Évolution du pH de la solution et de sa dérivée au cours du dosage

ANNEXE DE L'EXERCICE III

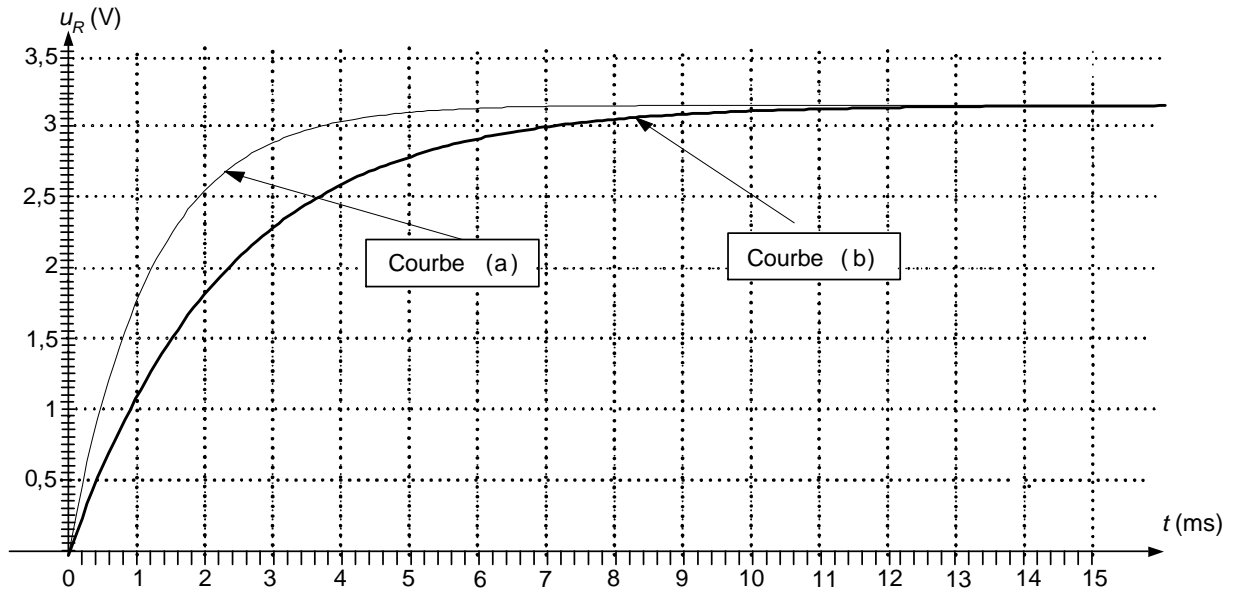


Figure 9. Évolution temporelle de la tension aux bornes du conducteur ohmique
 courbe (a) : bobine seule ; courbe (b) : bobine proche d'un morceau de fer

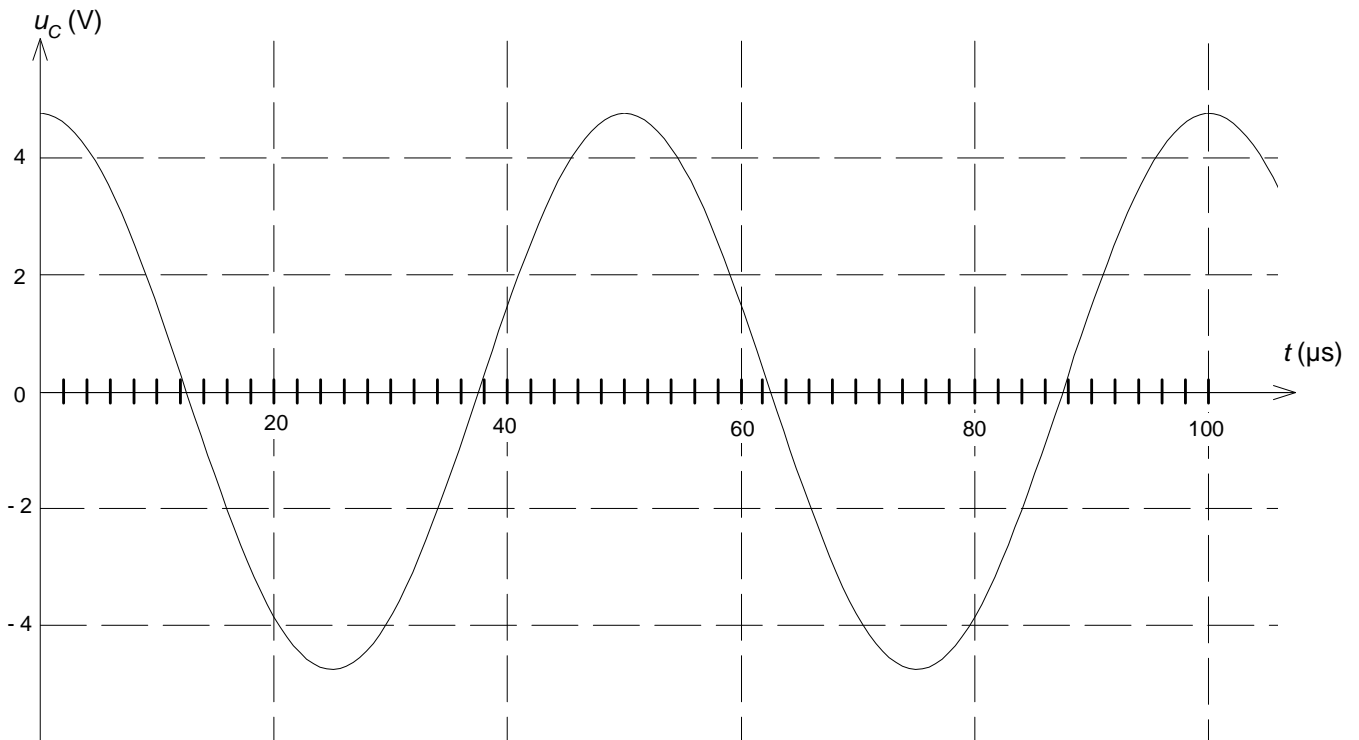


Figure 11. Évolution temporelle de la tension u_C

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2010

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 11 et 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. TRAITEMENTS D'UNE INFECTION VIRALE (6,5 points)

Pour une infection provoquée par le virus Influenza, deux types de traitements peuvent être prescrits aux patients : les traitements symptomatiques tels que les antipyrétiques (paracétamol, ibuprofène,...) et les traitements antiviraux (oséltamivir, zanamivir,...)

Dans un laboratoire, on reçoit deux comprimés : l'un étant de l' « ibuprofène 100 mg » et l'autre de l' « oséltamivir 75 mg ». Ces médicaments contiennent un principe actif différent et d'autres espèces chimiques appelées excipients. Le principe actif est l'espèce chimique utile au traitement. Par exemple, pour le comprimé « ibuprofène 100 mg », il s'agit de l'ibuprofène.

Dans cet exercice on se propose de vérifier l'identité des deux comprimés, puis de réaliser le dosage pH-métrique de l'ibuprofène et enfin d'étudier quelques propriétés de l'oséltamivir.

Les trois parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Identification des comprimés d'ibuprofène et d'oséltamivir

1.1. Analyse chromatographique

On réalise une chromatographie sur couche mince des deux comprimés reçus que l'on nomme arbitrairement A et B. L'éluant utilisé est un mélange complexe de solvants organiques.

Identifier, en justifiant les réponses, les deux comprimés A et B à partir du chromatogramme représenté en **figure 1**.

Dépôt 1 : principe actif du comprimé A

Dépôt 2 : principe actif du comprimé B

Dépôt 3 : ibuprofène de référence

Dépôt 4 : « oséltamivir » de référence

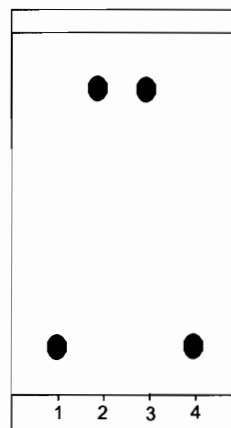


Figure 1. Chromatogramme

1.2. Principe actif

Données :

- masse molaire de l'ibuprofène : $M_i = 206 \text{ g.mol}^{-1}$;

- masse molaire de l'oséltamivir : $M_o = 312 \text{ g.mol}^{-1}$.

Aide au calcul : $\frac{100}{206} = 0,485$; $100 \times 206 = 2,06 \times 10^4$; $\frac{312}{485} = 0,643$; $312 \times 485 = 1,51 \times 10^5$

1.2.1. La masse du comprimé d' « ibuprofène 100 mg » est de 300 mg. Celle du comprimé d' « oséltamivir 75 mg » est de 225 mg. Expliquer la différence entre les masses annoncées et les masses mesurées.

1.2.2. Déterminer la quantité de matière de principe actif contenu dans le comprimé d' « ibuprofène 100 mg ».

1.2.3. Calculer la masse d'oséltamivir correspondant à la même quantité de matière.

1.2.4. Les deux comprimés contiennent-ils la même quantité de matière de leur principe actif ? Justifier.

2. Dosage pH-métrique de l' « ibuprofène »

On souhaite vérifier la masse d'ibuprofène présente dans un comprimé. L'ibuprofène a été synthétisé pour la première fois dans les années 1960. Sa formule correspond à la **figure 2**.

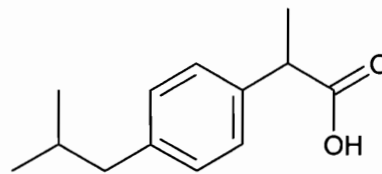


Figure 2. Ibuprofène

2.1. Préparation de la solution aqueuse d'ibuprofène

On broie puis on dissout le comprimé contenant l'ibuprofène dans 30 mL d'éthanol. Les excipients y sont insolubles. On filtre alors sous vide le mélange. Le filtrat, contenant l'ibuprofène dissous, est dilué dans 70 mL d'eau. On obtient une solution S d'ibuprofène dont on admet qu'elle a le même comportement qu'une solution aqueuse.

2.1.1. En utilisant les mots contenus dans le tableau ci-dessous, légénder le schéma de la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

filtrat	fiolle à vide	papier filtre
entonnoir Büchner	excipients solides	vers la trompe à vide

2.1.2. Expliquer pourquoi la filtration sous vide est préférée à la filtration simple.

2.2. Réalisation du dosage pH-métrique de l'ibuprofène

On dose l'ibuprofène contenu dans la solution S à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration en soluté apporté $c_B = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La mesure du pH permet de tracer les courbes de la **FIGURE 4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

2.2.1. À l'aide de la formule de l'ibuprofène (**figure 2**), expliquer pourquoi il est possible de doser la solution S par une solution d'hydroxyde de sodium.

2.2.2. On note l'ibuprofène AH. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.

2.2.3. À l'aide du graphique de la **FIGURE 4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, justifier qu'aux erreurs de mesure près, le volume versé à l'équivalence est $V_{BE} = 9,4 \text{ mL}$.

2.2.4. Parmi les propositions ci-dessous, choisir, en le justifiant, l'expression littérale correcte pour déterminer la masse effective m d'ibuprofène dans le comprimé où M_i est la masse molaire de l'ibuprofène.

a. $m = \frac{c_B \cdot V_{BE}}{M_i}$ b. $m = \frac{c_B \cdot M_i}{V_{BE}}$ c. $m = \frac{M_i \cdot V_{BE}}{c_B}$ d. $m = c_B \cdot V_{BE} \cdot M_i$

2.2.5. Calculer la masse effective m d'ibuprofène dans le comprimé et conclure.

Aide au calcul : $\frac{5,00 \times 9,4}{2,06} = 23$; $\frac{5,00 \times 2,06}{9,4} = 1,1$; $\frac{2,06 \times 9,4}{5,00} = 3,9$; $2,06 \times 5,00 \times 9,4 = 97$

3. Propriétés de l'oséltamivir

L'oséltamivir a été développé vers 1995. Sa formule semi-développée correspond à la **figure 5**.

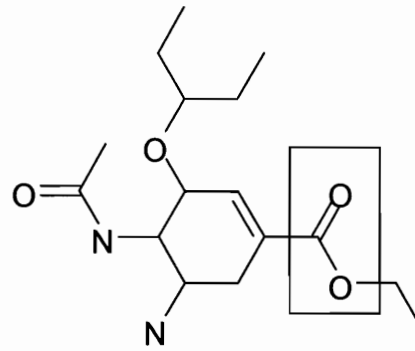


Figure 5. Oséltamivir

Par souci de simplification d'écriture, cette formule sera notée $R_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-R_2$.
 R_1 étant un groupe n'intervenant pas dans le sujet et contenant les éléments C, H, O et N.

3.1. Groupes caractéristiques

3.1.1. Nommer le groupe caractéristique encadré.

3.1.2. Donner la formule semi-développée du groupe R_2 .

3.2. Transformation chimique de l'oséltamivir

L'oséltamivir, une fois ingéré, est transformé par une enzyme en ion carboxylate ; celui-ci agit alors sur le virus. On admet que l'enzyme joue le même rôle que l'ion hydroxyde HO^- sur le groupe caractéristique encadré.

3.2.1. Écrire la réaction entre l'oséltamivir (noté $R_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-R_2$) et l'ion hydroxyde.

3.2.2. Comment se nomme cette réaction ?

3.2.3. Donner les deux caractéristiques de la réaction chimique précédente.

3.3. Première étape de la synthèse de l'oséltamivir

En 2005, il a été révélé que l'oséltamivir était produit à partir de l'acide shikimique (voir **figure 6**) contenu dans la badiane chinoise, aussi appelée anis étoilé et cultivée dans le sud de la Chine. Cet acide, qui ne présente aucune activité antivirale, subit de multiples transformations avant de devenir l'oséltamivir. La première étape est une estérification entre l'acide shikimique et l'éthanol.

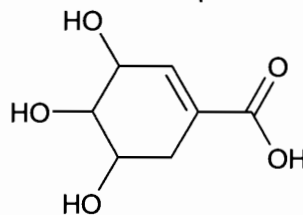


Figure 6. Acide shikimique

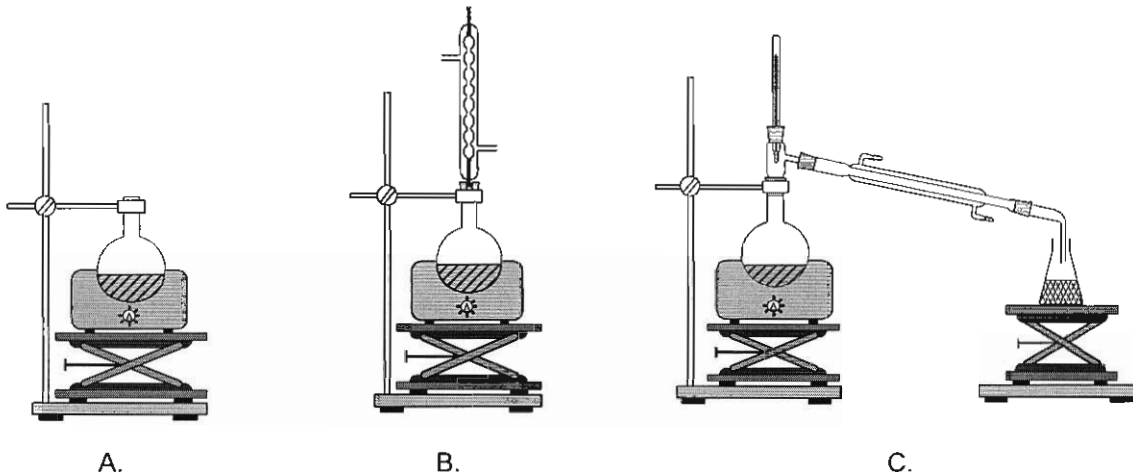
3.3.1. Caractéristiques d'une estérification

- a. Écrire l'équation de la réaction d'estérification entre l'acide shikimique (noté $R-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$) et l'éthanol, en formule semi-développée.
- b. Citer deux caractéristiques de cette réaction d'estérification.

3.3.2. Synthèse de l'ester

On dissout 200 mg d'acide shikimique dans 10 mL d'éthanol et on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique, ainsi que quelques grains de pierre ponce. On chauffe à reflux le mélange réactionnel.

- a. Parmi les trois propositions ci-dessous, choisir le schéma correct correspondant au protocole décrit :



- b. Quel est le rôle du réfrigérant à eau ?
c. Quel est l'intérêt de chauffer le mélange réactionnel ?
d. Quel est l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique ?

3.3.3. Rôles de l'éthanol

- a. Parmi les propositions ci-dessous, choisir la (ou les) réponse(s) correctes relatives au(x) rôle(s) joué(s) par l'éthanol :
- A. catalyseur B. réactif C. solvant
- b. Quel est l'intérêt d'utiliser l'éthanol en excès sur l'état d'équilibre du système ?
c. Une réaction est-elle possible entre deux groupes caractéristiques de deux molécules d'acide shikimique ? Justifier.

EXERCICE II. LA NUIT DU 21 JUIN 1822 (5,5 points)

L'une des expériences historiques permettant de déterminer la célérité du son dans l'air a été réalisée en 1822 près de Paris par ordre du Bureau des Longitudes. Présenté ci-dessous, l'extrait du traité élémentaire de physique (1836) de Monsieur l'abbé Pinault relate cette expérience.

Les deux stations que l'on avait choisies étaient Villejuif et Montlhéry. À Villejuif, le capitaine Boscary fit déposer, sur un point élevé, une pièce de six¹, avec des gargousses² de deux et trois livres de poudre. À Montlhéry, le capitaine Pernetty fit déposer une pièce de même calibre, avec des gargousses de même poids. Les expériences furent faites de nuit et commencèrent à onze heures du soir, le 21 et le 22 juin 1822. De Villejuif on apercevait très distinctement le feu de l'explosion de Montlhéry et vice versa : le ciel était serein et à peu près calme.

La température de l'atmosphère était de 15,9 degrés Celsius. Les coups de canon des deux stations opposées étaient réciproques, de sorte que les résultats ne fussent pas influencés par le vent.

Chacun des observateurs notait sur son chronomètre le temps qui s'écoulait entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du son. On peut prendre 54,6 secondes pour le temps moyen que le son mettait à passer d'une station à l'autre. Les deux canons étaient à une distance de 9 549,6 toises³.

¹ pièce de canon.

² charge de poudre contenue dans une enveloppe de tissu ou de papier au diamètre de la chambre du canon.

³ unité de longueur ancienne qui correspond à 1,949 m.

Données :

- célérité de la lumière dans l'air $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante des gaz parfaits $R = 8,3 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$;
- masse d'une mole d'air $M = 2,9 \times 10^{-2} \text{ kg.mol}^{-1}$;
- température absolue $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,1$.

1. Détermination expérimentale et historique de la célérité des ondes sonores dans l'air

1.1. Les ondes sonores sont des ondes mécaniques longitudinales. Définir une onde mécanique puis préciser ce que signifie le caractère longitudinal de l'onde sonore.

1.2. Dans l'expérience, la célérité des ondes sonores produites par les deux canons opposés est-elle augmentée, diminuée ou inchangée lors de leur croisement ?

1.3. En utilisant les valeurs mesurées par les observateurs, calculer la valeur de la célérité des ondes sonores, notée v_{exp} . D'après le texte, pour les observateurs, de quel(s) paramètre(s) dépend, a priori, la célérité du son ?

Aide au calcul :

$$\frac{9549,6}{1,9490} = 4899,7 \quad ; \quad 9549,6 \times 1,9490 = 18612 \quad ; \quad \frac{4899,7}{54,6} = 89,7 \quad ; \quad \frac{54,6}{18612} = 293 \times 10^{-5} \quad ; \quad \frac{18612}{54,6} = 341$$

1.4. Les observateurs déclenchent leur chronomètre à l'apparition de la lumière. Quelle durée négligent-ils ? Pourquoi est-ce raisonnable ?

2. Détermination de la célérité des ondes sonores dans l'air en utilisant un modèle théorique

Le développement de la mécanique des fluides a permis d'élaborer un modèle pour la propagation des ondes mécaniques dans les gaz. L'expression théorique de la célérité de ces ondes qui découle de ce modèle est :

$$v_{\text{théo}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

avec M la masse d'une mole d'air, T sa température absolue, R la constante des gaz parfaits et γ un nombre sans dimension qui dépend notamment des propriétés de l'air.

La valeur du coefficient γ de l'air a été déterminée par Rückhardt (1929, scientifique allemand) en utilisant les propriétés élastiques des gaz avec le dispositif schématisé **figure 7**.

Un piston étanche coulisse sans frottement dans un tube cylindrique ; le tube et le récipient enferment une quantité de matière n_0 d'air. Le piston écarté de sa position d'équilibre oscille autour de cette position d'un mouvement analogue à celui de l'oscillateur élastique {ressort + solide de masse m }.

Le système {air + piston de masse m } est équivalent à un système {ressort + solide de masse m }.

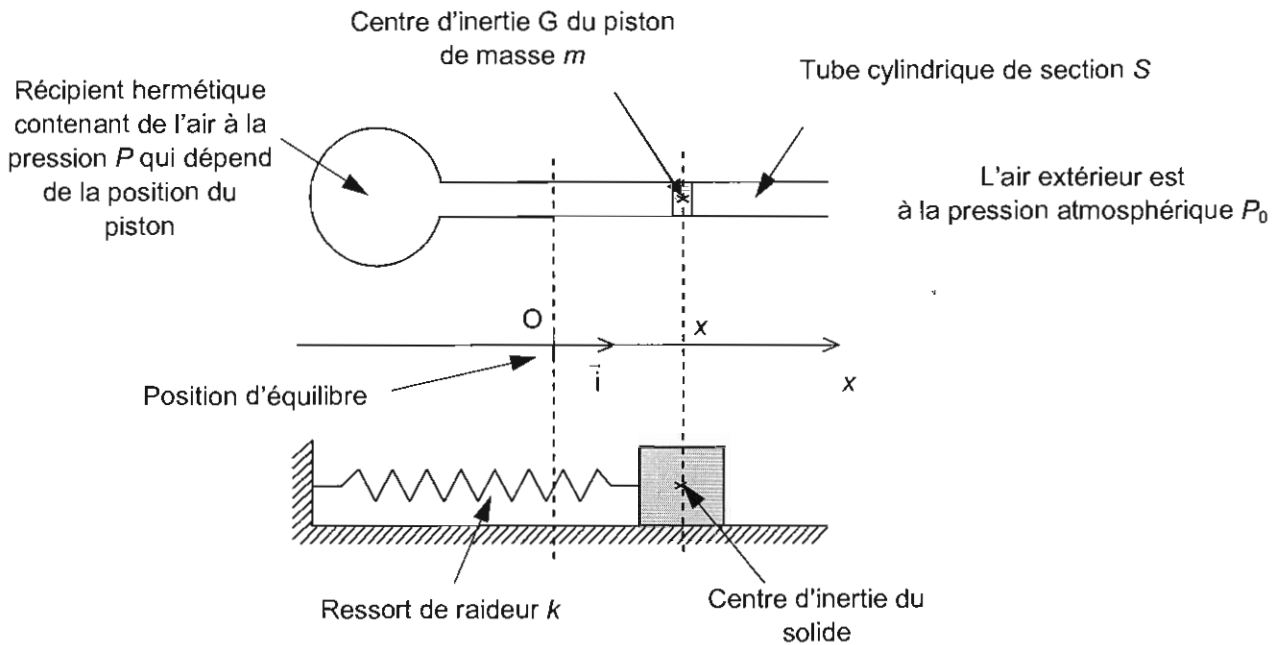


Figure 7. Système {air + piston} et système {ressort + solide}

Le référentiel d'étude est le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

La position du piston est repérée par son abscisse x sur l'axe Ox dont l'origine O est confondue avec la position du piston à l'équilibre.

Dans tout l'exercice, les frottements sont négligés. L'air extérieur et l'air intérieur sont à la même température. Cette température est constante tout au long de l'expérience, on la note T_0 .

2.1. Le piston est soumis aux forces citées ci-dessous :

- Le poids \vec{P}
- La réaction du support \vec{R}
- Les forces pressantes de l'air à l'intérieur du récipient, dont la somme est équivalente à une force unique \vec{F}_{int}
- Les forces pressantes de l'air à l'extérieur du récipient, dont la somme est équivalente à une force unique \vec{F}_{ext}

Donner pour chacune de ces forces la nature de l'interaction : interaction de contact ou à distance.

2.2. L'ensemble des forces s'exerçant sur le piston est équivalent à une force unique horizontale :

$$\vec{F} = -kx\vec{i} \quad \text{avec} \quad k = \frac{\gamma S^2 P_0^2}{n_0 R T_0} \quad \text{où } k \text{ est une constante positive}$$

Pourquoi peut-on dire que cette force se comporte comme une force de rappel ? Justifier.

2.3. Écarté de sa position d'équilibre, le piston oscille autour de cette position avec une fréquence propre notée f_0 .

2.3.1. Énoncer la deuxième loi de Newton.

2.3.2. Déterminer l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie G du piston, en projetant sur l'axe (Ox) l'égalité vectorielle obtenue en appliquant la deuxième loi de Newton.

2.3.3. L'équation différentielle obtenue peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 4\pi^2 f_0^2 x = 0$$

En déduire l'expression de k en fonction de la masse m du piston et de sa fréquence propre f_0 .

2.4. Montrer que le coefficient γ a pour expression : $\gamma = \frac{4\pi^2 f_0^2 m n_0 R T_0}{S^2 P_0^2}$.

2.5. Dans les unités du système international, on trouve $\gamma = 1,4$ à la température $\theta = 15,9^\circ\text{C}$ de l'atmosphère dans la nuit du 21 juin 1822.

Recopier et compléter le calcul qu'il faut poser pour obtenir ce résultat.

$$\gamma = \frac{4\pi^2 \times 1,0^2 \times \dots \times 1,0 \times 8,3 \times \dots}{(3,1 \times 10^{-4} \times 1,013 \times 10^5)^2} = 1,4$$

Données :

- masse du piston : $m = 14,8 \text{ g}$;
- section du tube cylindrique : $S = 3,1 \text{ cm}^2$;
- fréquence propre : $f_0 = 1,0 \text{ Hz}$;
- pression atmosphérique : $P_0 = 1,013 \text{ bar}$;
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$;
- quantité de matière d'air enfermé : $n_0 = 1,0 \text{ mol}$.

2.6. Calculer la valeur théorique $v_{\text{théo}}$ de la célérité des ondes sonores dans l'air à cette température θ .

Aide aux calculs : $\frac{1,4 \times 8,3}{2,9} = 4,0$;	$\sqrt{289} = 17$;	$\frac{2,9}{(1,4 \times 8,3)} = 25 \times 10^{-2}$;	$\frac{17}{5} = 3,4$
---	---------------------	--	----------------------

3. Cohérence avec la mesure effectuée dans la nuit du 21 juin 1822

3.1. Vérifier que la valeur théorique $v_{\text{théo}}$ est proche de la valeur expérimentale v_{exp} déterminée dans la question 1.3.

3.2. Si l'expérience s'était déroulée en hiver avec une température extérieure de 0°C et en considérant que γ reste constant, la valeur trouvée de la célérité serait-elle plus grande ou plus petite ? Justifier.

EXERCICE III. AFFICHAGE TÊTE HAUTE (4 points)

Le dispositif d'**Affichage Tête Haute (ATH)** est principalement utilisé dans les avions de chasse et certaines voitures. Il consiste à projeter des informations (valeur de la vitesse instantanée, indication sur la route à suivre ...), devant le pare-brise d'un véhicule, dans le bas du champ de vision du conducteur. Ces images se superposent au paysage et permettent donc au conducteur de voir les informations fournies sans quitter la route des yeux (**figure 8**).



Figure 8. Vue du tableau de bord d'un véhicule muni de l'affichage tête haute

La première partie de cet exercice montre l'intérêt de ce dispositif d'affichage du point de vue de la sécurité et la deuxième partie en étudie le principe simplifié.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Intérêt du dispositif ATH

On étudie, au préalable, la lecture de la vitesse affichée au compteur par un conducteur dans un véhicule qui n'est pas équipé du dispositif d'affichage ATH.

L'œil du conducteur est modélisé par l'ensemble constitué de :

- une lentille mince convergente, de centre O, de foyer image $F'_{\text{œil}}$ et de distance focale $f'_{\text{œil}}$ réglable, qui représente le système optique convergent de l'œil ;
- un écran plat vertical représentant la rétine, sur laquelle se forme l'image.

L'orbite de l'œil n'étant pas déformable, la distance entre l'écran et la lentille est fixe.

Le schéma de ce modèle se trouve en **FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**.

On rappelle qu'un œil normal au repos voit net un objet situé à l'infini.

1.1. Le conducteur voit net un objet AB situé à l'infini.

1.1.1. Sur la **FIGURE 9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, tracer l'image $A'B'$ de l'objet AB situé à l'infini.

1.1.2. Indiquer, sur la figure **9 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, les positions du foyer objet $F_{\text{œil}}$ et du foyer image $F'_{\text{œil}}$ de la lentille modélisant l'œil du conducteur.

1.2. L'expression de la relation de conjugaison pour une lentille mince est :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$$

1.2.1. Que représentent les distances OA , OA' et OF' ?

1.2.2. Définir la vergence C d'une lentille en indiquant son unité.

1.3. Pour contrôler sa vitesse, le conducteur regarde maintenant le compteur de vitesse situé à une distance d'environ un mètre de son œil.

La valeur de la vergence de la lentille qui modélise l'œil doit-elle augmenter ou diminuer par rapport à sa valeur au repos pour voir nettement le compteur de vitesse ? Justifier.

1.4. La notice d'utilisation d'un afficheur tête haute du commerce donne les informations suivantes :

«En disposant d'informations dans son champ de vision, le conducteur évite ainsi des allers et des retours du regard entre le tableau de bord et la route. L'effet d'éloignement des images projetées lui évite également de réadapter constamment sa vue à des changements de distance. Dispensé de ces deux actions, le conducteur gagne alors *environ une seconde d'attention ...*»

D'après la notice d'utilisation d'un afficheur tête haute du commerce

1.4.1. Quelle distance parcourt une voiture roulant à la vitesse de 120 km/h pendant la « seconde d'attention » perdue lors d'un aller-retour du regard ?

Aide aux calculs : $1,2 \times 3,6 = 4,3$; $\frac{1,2}{3,6} = 3,3 \times 10^{-1}$; $\frac{3,6}{1,2} = 3,0$

1.4.2. En déduire l'intérêt principal de l'affichage tête haute.

2. Principe de l'affichage tête haute

La technologie embarquée sur les automobiles actuelles fonctionne avec un dispositif optique situé derrière le tableau de bord qui projette des informations au-delà du pare-brise, le conducteur ayant l'illusion que ces dernières se trouvent à *l'extérieur de la voiture*, à environ 1 mètre par rapport au bas du pare-brise.

Principe de l'affichage tête haute, d'après un site Internet

2.1. L'ensemble du dispositif optique installé dans le tableau de bord est constitué :

- d'une source lumineuse à diodes affichant la valeur de la vitesse, considérée dans l'exercice comme l'objet lumineux AB ;
- d'une lentille mince convergente de distance focale f' .

Sur la **FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12** schématisant le dispositif, on a représenté l'image A_1B_1 de l'objet AB donnée par la lentille.

2.1.1. Sur la **FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, tracer la marche de deux rayons issus de B permettant de construire l'image B_1 .

2.1.2. Définir le grandissement γ de la lentille. Sa valeur algébrique est-elle positive ou négative ? Sa valeur absolue est-elle supérieure ou inférieure à 1 ?

2.2. Réflexion sur le pare-brise

L'image A_1B_1 de la partie précédente est ensuite réfléchi par le pare-brise. Pour simplifier le problème, on peut considérer que le pare-brise se comporte pour A_1B_1 comme un miroir plan, incliné de 45° par rapport à la verticale Oz (**figure 10**).

2.2.1. Quel rôle joue A_1B_1 pour le miroir plan ?

2.2.2. Sur la **FIGURE 10 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**, placer l'image $A'B'$ de A_1B_1 donnée par le miroir plan. Justifier.

2.3. On voudrait faire en sorte que les indications de l'affichage tête haute soient plus grandes. Sans faire de calcul, quelle solution proposeriez-vous ?

ANNEXE DE L'EXERCICE I

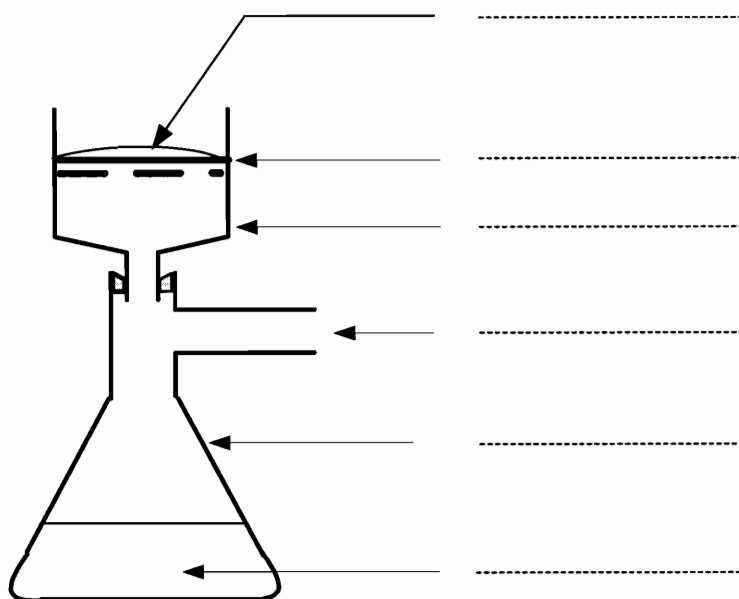


Figure 3. Schéma du montage de filtration sous vide

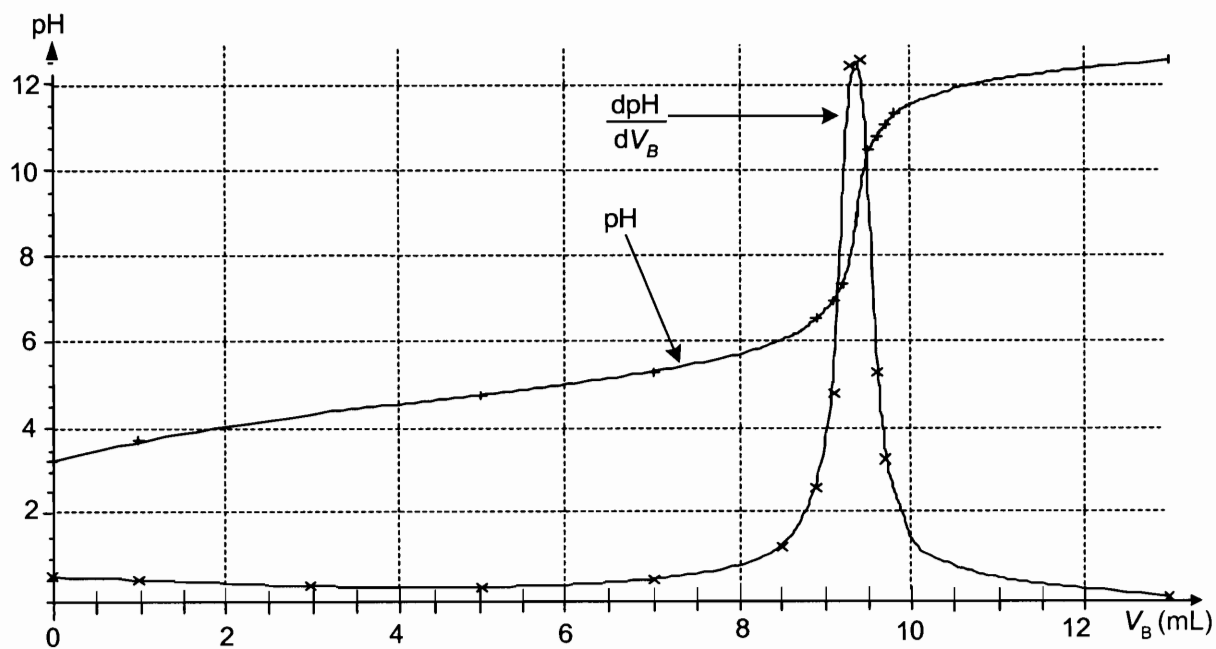


Figure 4. Évolution du pH de la solution et de sa dérivée au cours du dosage

ANNEXE DE L'EXERCICE III

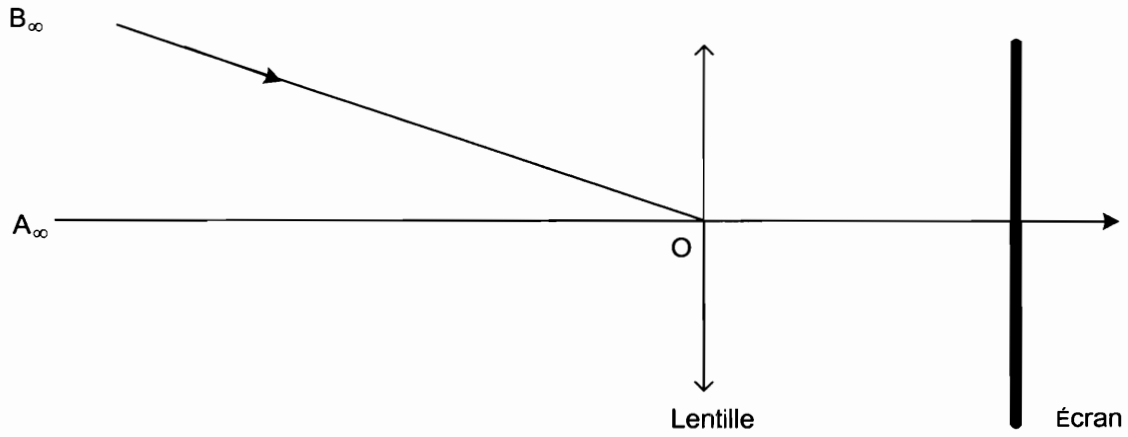


Figure 9. Schéma modélisant l'œil du conducteur

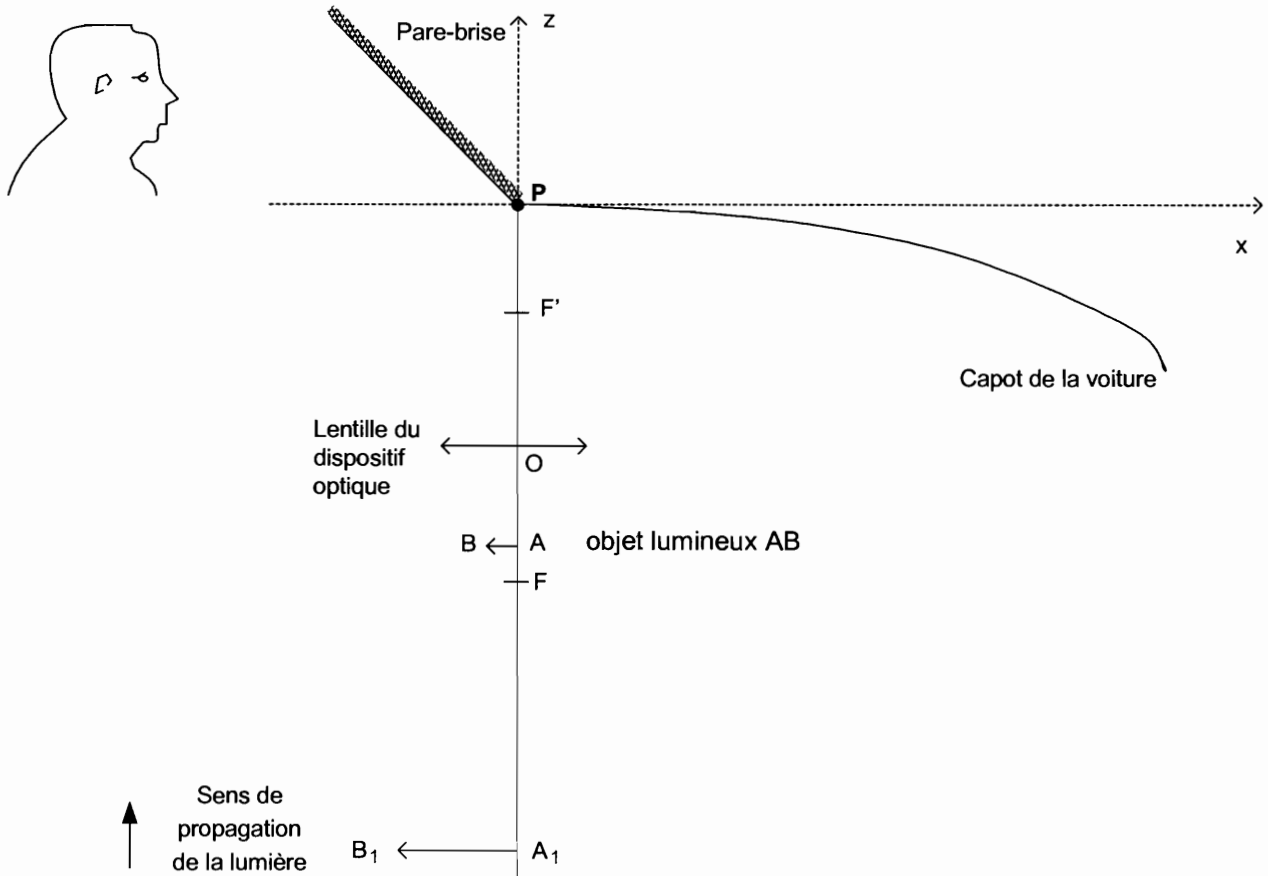


Figure 10. Schéma du dispositif d'affichage tête haute

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (OBLIGATOIRE)

I. TRAITEMENTS DE L'INFECTION VIRALE (6,5 points)

II. LA NUIT DU 21 JUIN 1822 (5,5 points)

III. DÉTECTION DE MÉTAUX (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, **il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires** (B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de **la session 2003, sont fixées par :**

- **la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, complétée par le rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002**

- **la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au B.O. n° 42 du 14 novembre 2002 donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au B.O. n° 41 du 7 novembre 2002 concernant l'épreuve du baccalauréat général.**

Pour l'écrit :

Sur la copie le correcteur porte la note sur 16 arrondie au demi-point.

On rappelle que le traitement équitable des candidats impose de respecter scrupuleusement les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve B.O. n° 27 du 4 juillet 2002, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au B.O. n° 31 du 29-8-2002.

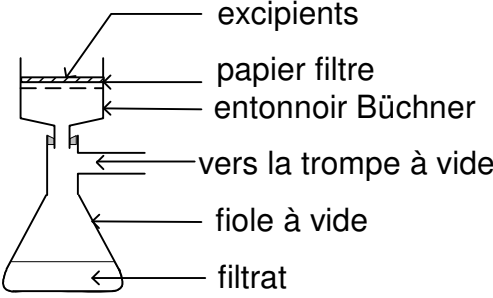
Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

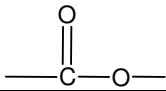
Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. TRAITEMENTS DE L'INFECTION VIRALE (6,5 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1. Identification des comprimés d'ibuprofène et d'oséltamivir			
1.1. Analyse chromatographique			
1.1.	Le dépôt 1 a migré à la même hauteur que le dépôt 4 donc A est le comprimé d'oséltamivir Le dépôt 2 a migré à la même hauteur que le dépôt 3 donc B est le comprimé d'ibuprofène.	0,25	
1.2. Principe actif			
1.2.1.	La masse annoncée correspond à la masse de principe actif. La masse mesurée correspond à la masse de principe actif et d'excipients.	0,25	
1.2.2.	$n = \frac{m_i}{M_i} = \frac{1,00 \times 10^{-1}}{206} = 4,85 \times 10^{-4}$ mol avec n quantité d'ibuprofène dans $m_i = 100$ mg de principe actif.	0,25	tout ou rien
1.2.3.	$m_o = n \times M_o = 4,85 \times 10^{-4} \times 312 = 151$ mg	0,25	tout ou rien
1.2.4.	Non car $m_o \neq 75$ mg.	0,25	
2. Dosage pH-métrique de l' « ibuprofène »			
2.1. Préparation de la solution aqueuse d'ibuprofène			
2.1.1.		0,25	Tout ou rien
2.1.2.	Une filtration sous vide est plus rapide qu'une filtration simple.	0,25	
2.2. Réalisation du dosage pH-métrique de l'ibuprofène			
2.2.1.	La molécule d'ibuprofène présente un groupe caractéristique acide - COOH qui permet un dosage pH-métrique	0,25	
2.2.2.	$AH(aq) + HO^-(aq) = A^-(aq) + H_2O(l)$	0,25	Ne pas pénaliser en l'absence de (aq) ou (l)
2.2.3.	La courbe $\frac{dpH}{dV_B} = f(V_B)$ présente un maximum pour $V = V_{BE}$ donc par lecture graphique : $V_{BE} = 9,4$ mL	0,25	
2.2.4.	Proposition d : à l'équivalence, $n_{(HO^-)} \text{ versé} = n_{(AH)} \text{ à doser}$. Donc $n_{(AH)} = C_B \cdot V_{BE}$ $m = C_B \cdot V_{BE} \cdot M_i$	0,25	
2.2.5.	$m = 5,00 \times 10^{-2} \times 9,4 \times 10^{-3} \times 206 = 97$ mg valeur voisine de 100 mg comme annoncé	0,25	

3. Propriétés de l'oséltamivir			
3.1. Groupes caractéristiques			
3.1.1.	 est le groupe ester	0,25	
3.1.2.	-CH ₂ -CH ₃	0,25	
3.2. Transformation chimique de l'oséltamivir			
3.2.1.	$R_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-R_2 + \text{HO}^- = R_1-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}^- + R_2-\text{OH}$	0,25	
3.2.2.	Il s'agit d'une réaction d'hydrolyse basique.	0,25	Accepter saponification
3.2.3.	Une réaction d'hydrolyse basique est rapide et totale.	0,25	0 si réponse incomplète
3.3. Première étape de la synthèse de l'oséltamivir			
3.3.1.a.	$R-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} = R-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0,25	0 si les formules ne sont pas semi-développées
3.3.1.b.	Une réaction d'estérification est lente et limitée.	0,25	
3.3.2.a.	schéma B	0,25	
3.3.2.b.	Le réfrigérant condense les vapeurs pour éviter les pertes de matière vers l'environnement.	0,25	
3.3.2.c.	On chauffe le mélange réactionnel pour augmenter la vitesse de la réaction.	0,25	
3.3.2.d.	L'acide sulfurique permet d'augmenter la vitesse de la réaction.	0,25	
3.3.3.a.	L'éthanol est le solvant et un des réactifs : réponses B et C.	0,25	0 si réponse incomplète
3.3.3.b.	Un réactif en excès déplace l'état d'équilibre du système dans le sens direct.	0,25	
3.3.3.c.	L'acide shikimique possède un groupe caractéristique acide carboxylique et des groupes caractéristiques hydroxyle, il peut donc y avoir estérification entre les groupes.	0,25	

EXERCICE II. LA NUIT DU 21 JUIN 1822 (5,5 points)

Remarque générale : Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

Réponses attendues		Barème	Commentaires
1. Détermination expérimentale et historique de la célérité des ondes sonores dans l'air			
1.1.	On appelle onde mécanique le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière. Une onde est longitudinale si la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation de l'onde.	0,25 0,25	
1.2.	Lors de leur croisement la célérité des ondes n'est pas modifiée.	0,25	
1.3.	$V_{\text{exp}} = \frac{d}{t} = \frac{9549,6 \times 1,9490}{54,6} = \frac{18612}{54,6} = 341 \text{ m.s}^{-1}$ Le vent et la température.	0,25 0,25	Un seul paramètre demandé.
1.4.	Les scientifiques ont négligé le temps de propagation de la lumière entre Villejuif et Monthéry ce qui est très raisonnable car la célérité de la lumière est très supérieure à celle des ondes sonores.	0,5	Accepter toute réponse correcte
2. Détermination de la célérité des ondes sonores dans l'air en utilisant un modèle théorique			
2.1.	\vec{P} interaction à distance ; \vec{R} , \vec{F}_{int} et \vec{F}_{ext} interaction de contact	0,5	
2.2.	Comme pour la force de rappel d'un ressort, l'expression de la force montre que quel que soit le signe de x , la force ramène le solide vers sa position d'équilibre	0,25	Accepter toute réponse correcte
2.3.1.	Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces est égale au produit de la masse par l'accélération $\sum \vec{F} = m \vec{a}$	0,25	
2.3.2.	D'après la seconde loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m \vec{a} \Rightarrow m \vec{a} = \vec{F} \text{ donc } m \ddot{x} + k.x = 0$	0,5	
2.3.3.	$k = 4\pi^2 f_0^2 m$	0,25	
2.4.	$k = \frac{\gamma S^2 P_0^2}{n_0 R T_0} d'$ où $\gamma = \frac{4\pi^2 f_0^2 m n_0 R T_0}{S^2 P_0^2}$	0,5	
2.5.	$\gamma = \frac{4\pi^2 \times 1,0^2 \times 14,8 \times 10^{-3} \times 1,0 \times 8,3 \times (15,9 + 273,1)}{(3,1 \times 10^{-4} \times 1,013 \times 10^5)^2} = 1,4$	0,25 0,25	
2.6.	$T = 15,9 + 273,1 = 289,0 \text{ K}$ $M = 29,0 \times 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$ $v_{\text{théo}} = \sqrt{\frac{1,4 \times 8,3 \times 289,0}{29,0 \cdot 10^{-3}}} = 3,4 \cdot 10^2 \text{ m.s}^{-1}$	0,5	
3. Cohérence de la mesure effectuée dans la nuit du 21 juin 1822			
3.1.	La mesure expérimentale de la célérité du son dans l'air réalisée dans la nuit du 21 juin 1822 est bien cohérente avec le modèle théorique.	0,25	
3.2.	La température baisse donc la célérité aussi (cf. formule $v_{\text{théo}}$).	0,25	

EXERCICE III (Obligatoire). DETECTION DE METAUX (4 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1.	Variation de l'inductance d'une bobine		
1.1.	Etude qualitative des courbes		
1.1.1.	$u_R = Ri$ d'après la loi d'ohm, donc u_R et i sont proportionnels. La tension aux bornes du conducteur ohmique est donc l'image de l'intensité i .	0,25	Toute justification correcte est acceptée
1.1.2.	Pour $t < 7\text{ms}$ régime transitoire ; $t > 7\text{ms}$, régime permanent. La courbe illustre le retard à l'établissement du courant à cause de la bobine.	0,25	Tout ou rien Accepter entre 7 et 9ms
1.1.3.	En régime transitoire, i augmente puis est constant en régime permanent.	0,25	
1.1.4.	$u_B = ri + L \frac{di}{dt}$; en régime permanent, i est constant donc $u_B = ri$.	0,25	
1.2.	Exploitation du régime transitoire		
1.2.1.	a. $\tau = \frac{L}{R+r} \Leftrightarrow [\tau] = \left[\frac{L}{R+r} \right] = \frac{[U].T.[I]^{-1}}{[U].[I]^{-1}} = T$ τ est bien homogène à un temps. b. $\tau_a = 1,2\text{ms}$ $\tau_b = 2,3\text{ms}$	0,25 0,25	Accepter tout résultat cohérent avec la construction graphique
1.2.2.	Comme $r+R$ est constant, L_a est inférieur à L_b ce qui confirme le texte .	0,25	Accepter toute proposition cohérente
2.	L'oscillateur		
2.1.	$u_L = L \frac{di}{dt}$	0,25	
2.2.	$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$	0,25	
2.3.	$u_C + u_L = 0$ $u_L = L \frac{di}{dt} = LC \frac{d^2 u_C}{dt^2}$ $\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C = 0$	0,25 0,25	
2.4.	$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$	0,25	
2.5.	Graphiquement, $T_0 = 50\ \mu\text{s}$	0,25	
2.6.	$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$, soit $T_0^2 = 4\pi^2 LC$ et $C = \frac{T_0^2}{4\pi^2 L} = 3,1 \times 10^{-9}\text{F}$	0,25	
3.	Recherche de métaux		
3.1.	D'après le texte, à l'approche d'un objet en or, L diminue donc T_0 diminue ($T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$) et f_0 augmente ($f_0 = \frac{1}{T_0}$).	0,25	
3.2.	La fréquence diminue en présence de l'objet trouvé, donc d'après la question précédente, l'inductance L va augmenter : ils n'ont pas trouvé d'or.	0,25	

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 6

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte deux exercices de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 10 et 11) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I - DÉTARTRANT À BASE D'ACIDE LACTIQUE (6,5 points)

Ennemi numéro un des cafetières, le tartre s'y installe au quotidien. Il peut rendre ces machines inutilisables et altérer le goût du café. Pour préserver ces appareils, il est donc indispensable de les détartrer régulièrement. Plusieurs fabricants d'électroménager recommandent d'utiliser des détartrants à base d'acide lactique ; en plus d'être efficace contre le tartre, cet acide est biodégradable et non corrosif pour les pièces métalliques se trouvant à l'intérieur des cafetières.



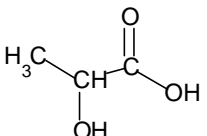
Après une étude de la réaction entre l'acide lactique et l'eau, on vérifiera par un titrage la teneur en acide lactique dans un détartrant et on s'intéressera à l'action de ce détartrant sur le tartre.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. L'acide lactique

Le détartrant à base d'acide lactique est conditionné sous forme liquide dans un petit flacon. La notice d'utilisation indique qu'il faut verser la totalité de son contenu dans le réservoir de la cafetière et qu'il faut ajouter de l'eau. On prépare ainsi un volume $V = 0,60$ L d'une solution aqueuse d'acide lactique de concentration molaire en soluté apporté $c = 1$ mol.L⁻¹. Après agitation, la valeur du pH mesuré est 1,9.

Données :

Formule de l'acide lactique	K_A à 25°C du couple acide lactique / ion lactate
	$1,3 \times 10^{-4}$

1.1. La molécule d'acide lactique

Recopier la formule de l'acide lactique puis entourer et nommer le groupe caractéristique responsable de l'acidité de la molécule.

1.2. Réaction de l'acide lactique avec l'eau

1.2.1. On note AH la molécule d'acide lactique. Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.

1.2.2. Compléter en utilisant les notations de l'énoncé, le tableau descriptif de l'évolution du système, **TABLEAU A1 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**.

1.2.3. Donner l'expression de l'avancement final x_f en fonction du pH de la solution et du volume V .

1.2.4. Calculer le taux d'avancement final τ de la transformation. La transformation est-elle totale ? Justifier.

1.3. Constante d'acidité de l'acide lactique

1.3.1. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple acide lactique / ion lactate.

1.3.2. À partir de l'expression de K_A , calculer le rapport $\frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$.

1.3.3. En déduire l'espèce qui prédomine dans la solution de détartrant.

2. Titrage de l'acide lactique dans un détartrant

Sur l'étiquette de la solution commerciale de détartrant, on trouve les indications suivantes :
« contient de l'acide lactique, 45 % en masse ».

Données :

- masse molaire de l'acide lactique : $M = 90,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masse volumique du détartrant : $\rho = 1,13 \text{ kg.L}^{-1}$.

Afin de déterminer la concentration molaire c en acide lactique apporté dans la solution de détartrant, on réalise un titrage acido-basique.

La solution de détartrant étant trop concentrée, on prépare par dilution une solution 10 fois moins concentrée (on note c_d la concentration de la solution diluée).

2.1. Dilution

On dispose des lots de verrerie A, B, C, D suivants :

Lot A	Lot B	Lot C	Lot D
Pipette jaugée de 5,0 mL	Pipette jaugée de 10,0 mL	Pipette jaugée de 10,0 mL	Éprouvette graduée de 10 mL
Bécher de 50 mL	Fiole jaugée	Fiole jaugée	Fiole jaugée
Éprouvette de 50 mL	de 1,000 L	de 100,0 mL	de 100,0 mL

Choisir le lot de verrerie permettant de réaliser la dilution le plus précisément. Justifier l'élimination des trois autres lots de verrerie.

2.2. Titrage acido-basique

On réalise le titrage pH-métrique d'un volume $V_A = 5,0 \text{ mL}$ de solution diluée par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$.

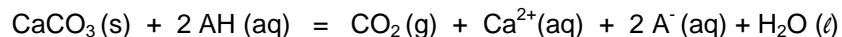
On obtient la courbe de **LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**.

- 2.2.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage (on note AH la molécule d'acide lactique).
- 2.2.2. Déterminer graphiquement **SUR LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**, le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.
- 2.2.3. En précisant la démarche suivie, calculer la concentration c_d en acide lactique dans la solution diluée.
- 2.2.4. En déduire la valeur de la concentration c en acide lactique dans le détartrant.
- 2.2.5. Calculer la masse d'acide lactique présente dans 1,00 L de détartrant.
- 2.2.6. Montrer que le pourcentage massique d'acide lactique présent dans le détartrant est cohérent avec l'indication de l'étiquette.

3. Action du détartrant sur le tartre

Dans cette partie, on cherche à évaluer le temps nécessaire à un détartrage efficace, en étudiant la cinétique d'une transformation réalisée au laboratoire.

Le tartre est essentiellement constitué d'un dépôt solide de carbonate de calcium de formule CaCO_3 . Lors du détartrage, l'acide lactique réagit avec le carbonate de calcium suivant la réaction d'équation :



Dans un ballon, on verse un volume $V' = 10,0$ mL de la solution diluée de détartrant précédemment dosée. On introduit rapidement une masse $m = 0,20$ g de carbonate de calcium. On ferme hermétiquement le ballon avec un bouchon muni d'un tube à dégagement relié à un capteur de pression. Ce capteur mesure la surpression due au dioxyde de carbone produit par la réaction qui se déroule à la température constante de 298 K. Cette surpression est équivalente à la pression du dioxyde de carbone seul dans le ballon.

Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de la pression du dioxyde de carbone au cours du temps.

t en s	0	10	20	30	40	50	60	80	90	100	130	150	190	270	330	420	600
$P(\text{CO}_2)$ en hPa	0	60	95	113	121	129	134	142	145	146	149	150	152	154	155	155	155

À chaque instant, l'avancement x de la réaction est égal à la quantité de matière $n(\text{CO}_2)$ de dioxyde de carbone formé. Un logiciel permet de calculer ses valeurs.

LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11 représente l'évolution de l'avancement au cours du temps.

Données :

- loi des gaz parfaits : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$;
on rappelle que dans cette expression, la pression P est en pascals (Pa), le volume V en mètres cubes (m^3), la quantité de matière n en moles (mol) et la température T en kelvins (K) ;
- température lors de l'expérience : $T = 298$ K ;
- constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- volume occupé par le dioxyde de carbone à l'état final : $V_g = 310$ mL ;
- vitesse volumique de réaction : $v = \frac{1}{V'} \cdot \frac{dx}{dt}$.

3.1. En considérant que le dioxyde de carbone se comporte comme un gaz parfait, donner l'expression de l'avancement x en fonction de la pression du dioxyde de carbone $P(\text{CO}_2)$ et du volume V_g .

3.2. Calculer la valeur de l'avancement à l'état final.

3.3. Vérifier que cette valeur est en accord avec **LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

3.4. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. La méthode doit apparaître **SUR LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

3.5. Comment évolue la vitesse volumique de réaction au cours du temps ? Justifier votre réponse à l'aide de **LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

3.6. Lors du détartrage d'une cafetière, le mode d'emploi proposé conduit à utiliser une solution un peu plus concentrée en acide lactique et à chauffer cette solution.

Quelle est en effet la conséquence sur la durée de détartrage ?

EXERCICE II - CHUTE VERTICALE D'UN BOULET (5,5 points)

Selon la légende, Galilée (1564-1642) aurait étudié la chute des corps en lâchant divers objets du sommet de la tour de Pise (Italie). Il y fait référence dans deux ouvrages : *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* et *Discours concernant deux sciences nouvelles* dans lesquels il remet notamment en question les idées d'Aristote.

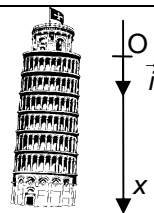


Figure 1.
Représentation de la tour penchée de Pise.

Dans cet exercice, on présente trois courts extraits de ces deux livres.

Il s'agit de retrouver certains résultats avancés par Galilée concernant la chute verticale dans l'air d'un boulet sphérique en fer, lâché sans vitesse initiale.

Pour cette étude, on choisit le référentiel terrestre, supposé galiléen, auquel on adjoint un repère d'espace (Ox) vertical orienté vers le bas (**figure 1**).

Donnée :

- intensité du champ de pesanteur, supposé uniforme : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$;

1. Modélisation par une chute libre

1.1. Étude des hauteurs de chute

Extrait n°1 :

« Avant tout, il faut considérer que le mouvement des corps lourds n'est pas uniforme : partant du repos, ils accélèrent continuellement (...). Si on définit des temps égaux quelconques, aussi nombreux qu'on veut, et si on suppose que, dans le premier temps, le mobile, partant du repos, a parcouru tel espace, par exemple une aune*, pendant le second temps, il en parcourra trois, puis cinq pendant le troisième (...) et ainsi de suite, selon la suite des nombres impairs ».

* une aune = 1,14 m

Le boulet est lâché au point O, d'abscisse $x_0 = 0$ à la date $t_0 = 0$. On suppose l'action de l'air négligeable ; dans ce cas, l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie G du boulet est : $x(t) = \frac{1}{2} g.t^2$.

1.1.1. Soient x_1 la distance parcourue au bout de la durée τ , x_2 la distance parcourue au bout de la durée 2τ et ainsi de suite, exprimer x_1 , x_2 , x_3 en fonction de g et de τ .

1.1.2. Exprimer la différence $h_1 = x_1 - x_0$ en fonction de g et de τ puis les différences $h_2 = x_2 - x_1$ et $h_3 = x_3 - x_2$ en fonction de h_1 .

1.1.3. Retrouve-t-on la suite des hauteurs de chute annoncée par Galilée dans l'extrait n°1 ? Justifie r.

1.2. Étude de la durée de la chute

Les points de vue d'Aristote et de Galilée, au sujet de l'influence de la masse m du boulet sur la durée totale Δt de sa chute, diffèrent.

Extrait n°2 :

« Cherchons à savoir combien de temps un boulet, de fer par exemple, met pour arriver sur la Terre d'une hauteur de cent coudées*.

Aristote dit qu'une « boule de fer de cent livres**, tombant de cent coudées, touche terre avant qu'une boule d'une livre ait parcouru une seule coudée », et je vous dis, moi, qu'elles arrivent en même temps.

Des expériences répétées montrent qu'un boulet de cent livres met cinq secondes pour descendre de cent coudées ».

* une coudée correspond à une distance de 57 cm ; ** une livre est une unité de masse

1.2.1. Parmi les propositions ci-dessous, attribuer celle qui correspond à la théorie d'Aristote et celle qui correspond à la théorie de Galilée :

- La durée de chute augmente quand la masse du boulet augmente ;
- La durée de chute diminue quand la masse du boulet augmente ;
- La durée de chute est indépendante de la masse.

- 1.2.2. En utilisant l'expression $x(t) = \frac{1}{2} g.t^2$, calculer la durée Δt de la chute d'un boulet qui tombe d'une hauteur totale $H = 57$ m (100 coudées). Ce résultat est différent de la valeur annoncée dans l'extrait n°2. Proposer une explication à l'écart constaté.

2. Chute réelle

Galilée admet plus loin que les deux boules, de masses respectives une et cent livres, arrivent au sol avec un léger écart.

Extrait n°3 :

« Vous constatez, en faisant l'expérience, que la plus grande précède la plus petite de deux doigts, c'est à dire que quand celle-là frappe le sol, celle-ci s'en trouve encore à deux doigts. Or, derrière ces deux doigts, vous ne retrouverez pas les quatre-vingt-dix-neuf coudées d'Aristote. »

On considère que trois forces s'exercent sur un boulet pendant sa chute verticale : son poids \vec{P} , la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ et la force de frottement \vec{f} .

La norme de la force de frottement a pour expression : $f = \frac{1}{2} \pi.R^2.\rho_{\text{air}}.C.v^2$

où v est la vitesse du centre d'inertie du boulet, R est le rayon du boulet et C est une constante sans unité.

Données :

- masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$;
- masse volumique du fer : $\rho_{\text{fer}} = 7,87 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$;
- volume d'une sphère : $V_s = \frac{4}{3} \pi.R^3$.

2.1. Lors de la chute, représenter ces trois forces sur un schéma sans souci d'échelle.

2.2. Le poids et la poussée d'Archimède sont constants pendant la chute d'un boulet. Établir le rapport de leurs expressions et en déduire que la poussée d'Archimède est négligeable.

2.3. Étude dynamique

2.3.1. Appliquer la deuxième loi de Newton. Projeter les forces sur l'axe (Ox) vertical orienté vers le bas

(**figure 1**). Déterminer l'expression de la dérivée par rapport au temps de la vitesse $\frac{dv}{dt}$.

2.3.2. En déduire que l'expression de la vitesse limite v_ℓ est : $v_\ell = \sqrt{\frac{8\rho_{\text{fer}}R.g}{3\rho_{\text{air}}C}}$.

2.3.3. Vérifier, en effectuant une analyse dimensionnelle, que l'expression de v_ℓ est bien homogène à une vitesse.

2.4. On considère deux boulets sphériques B_1 et B_2 en fer de masses respectives $m_1 = 1$ livre et $m_2 = 100$ livres et de rayons respectifs $R_1 = 2,2$ cm et $R_2 = 10,1$ cm. On note $v_{1\ell}$ et $v_{2\ell}$ les vitesses limites

respectives des boulets B_1 et B_2 . Exprimer le rapport $\frac{v_{2\ell}}{v_{1\ell}}$ en fonction des seuls rayons R_1 et R_2 et en déduire

le boulet qui a la vitesse limite la plus élevée.

2.5. Un logiciel permet de simuler les évolutions de la vitesse $v(t)$ (**figure 2**) et de la position $x(t)$ du boulet pendant sa chute (**figure 3** et zoom de la figure 3 sur la **figure 4**). Ces courbes sont obtenues pour les trois situations suivantes :

- la chute du boulet B_1 dans l'air (**courbes c et c'**),
- la chute du boulet B_2 dans l'air (**courbes b et b'**),
- la chute libre (**courbes a et a'**).

2.5.1. Expliquer l'attribution des courbes b et c aux boulets B_1 et B_2 .

2.5.2. La hauteur de chute est de 57 m. Déterminer graphiquement la date t_{sol} à laquelle le premier boulet touche le sol. S'agit-il de B_1 ou de B_2 ?

2.5.3. À quelle distance du sol se trouve l'autre boulet à cette date ? Ce résultat est-il en accord avec l'extrait n°3 ?

DOCUMENTS DE L'EXERCICE II

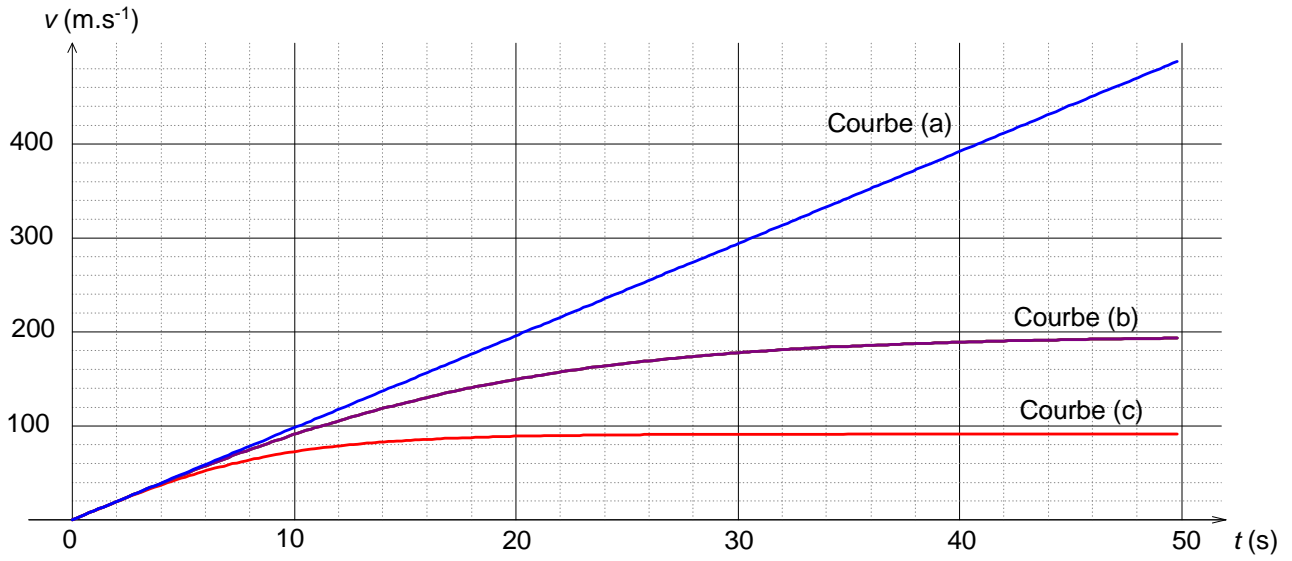


Figure 2. Évolution des vitesses

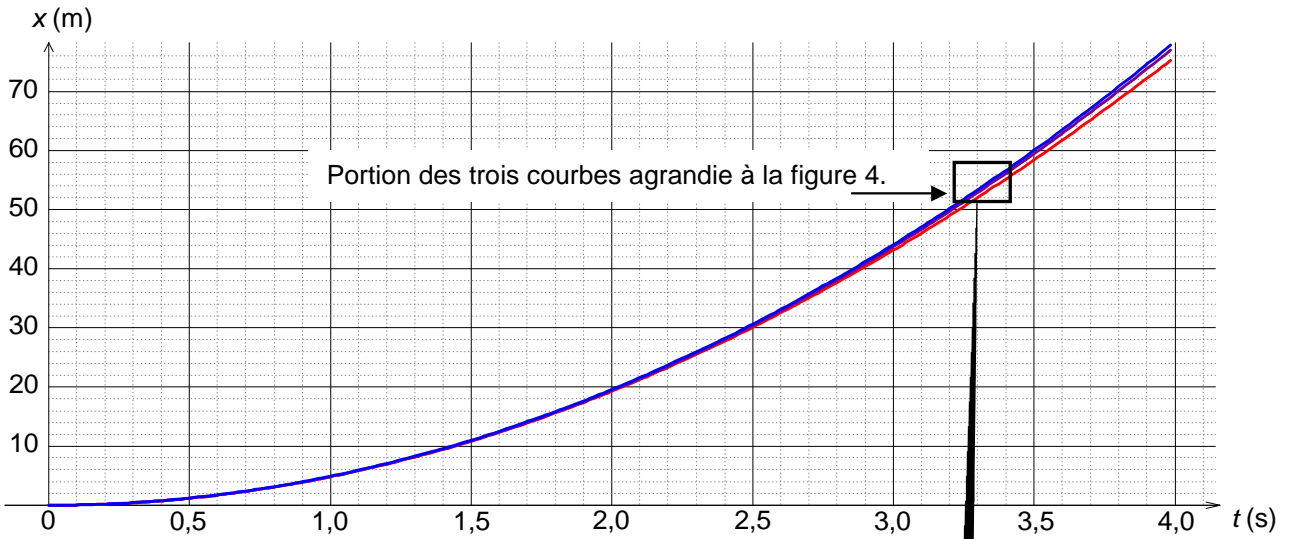


Figure 3. Évolution des positions

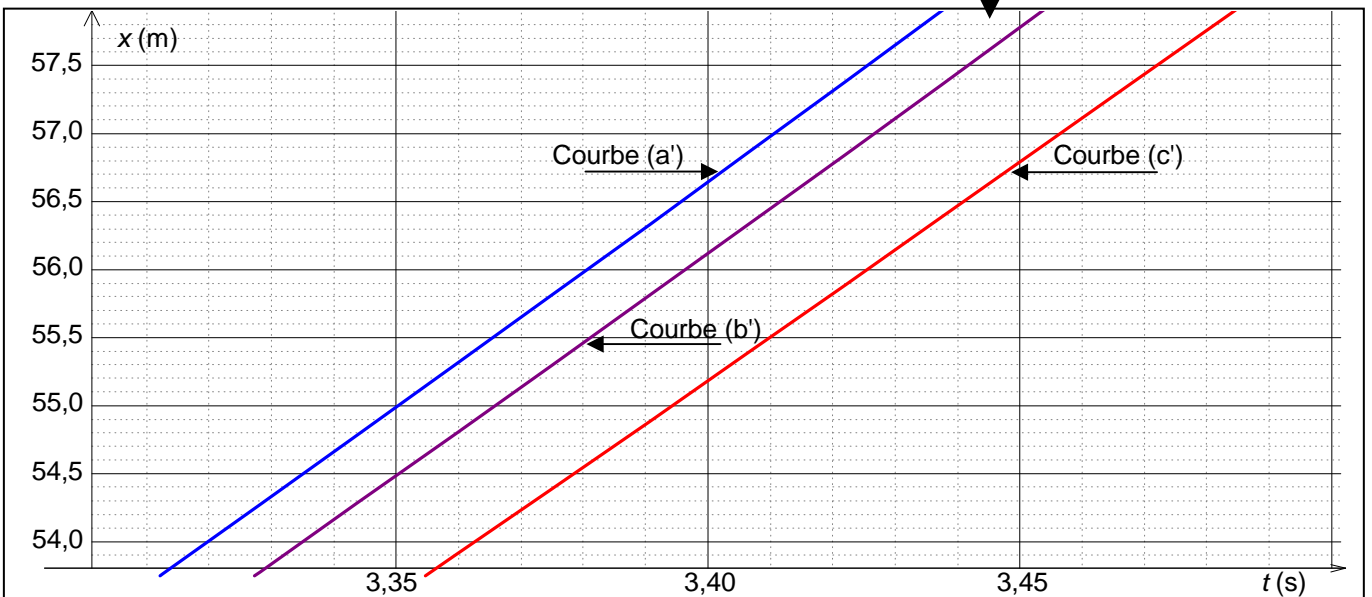


Figure 4. Zoom sur l'évolution des positions

EXERCICE III - LE LMJ (LASER MÉGAJOULE) (4 points)

Le laser mégajoule (LMJ), qui sera l'un des deux plus gros lasers au monde, est en construction sur le site du CESTA, près de Bordeaux.

Ce sera l'une des deux seules machines du genre capable de produire de l'énergie à partir de la réaction de fusion de l'hydrogène.

Ainsi, lorsqu'il sera opérationnel en 2014, ce gigantesque dispositif dimensionné pour accueillir 240 faisceaux laser pourra délivrer une énergie globale de 1,8 mégajoule.

La chambre d'expérience (**figure 5**), percée d'ouvertures pour laisser passer les faisceaux laser, aura un diamètre de 10 m. À l'intérieur, une bille de 2,4 mm de diamètre (**figure 6**), remplie d'un mélange de deutérium et de tritium solidifié de masse $m = 300 \mu\text{g}$ sera fixée dans une cavité en or par des fils de soie d'araignée. Les faisceaux du LMJ convergeront alors sur cette cavité-cible pour déclencher la réaction de fusion nucléaire.

D'après *Les Défis du CEA*

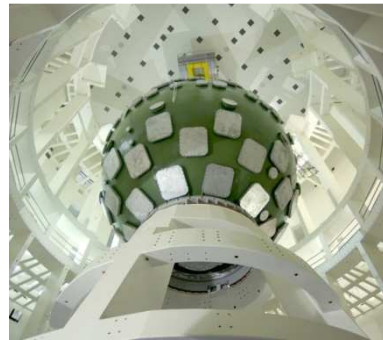


Figure 5. Chambre d'expérience

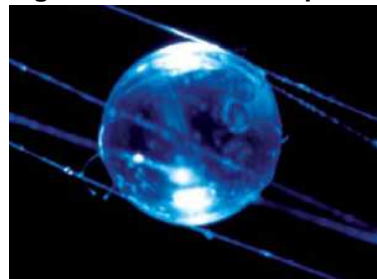


Figure 6. Cible

L'objectif de cet exercice est de comparer l'énergie fournie par le laser mégajoule à celle libérée par la réaction de fusion dans la cible.

Données :

- célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- électron-volt : $1\text{eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- unité de masse atomique : $1\text{u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$.

particule ou noyau	neutron	proton	deutérium	tritium	hélium 3	hélium 4
symbole	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{H}$	${}_1^2\text{H}$	${}_1^3\text{H}$	${}_2^3\text{He}$	${}_2^4\text{He}$
masse (en u)	$m_n = 1,00866$	$m_p = 1,00728$	2,01355	3,01550	3,01493	4,00150
énergie de liaison (MeV)			2,22	8,48		28,29

1. Lasers et énergie reçue par la cible

Le choix s'est porté sur des lasers à verre dopé au néodyme de longueur d'onde $\lambda_1 = 1050 \text{ nm}$.

1.1. Lorsque le faisceau laser entre dans la chambre d'expérience, un dispositif triple la fréquence de l'onde lumineuse.

1.1.1. En déduire la valeur de la longueur d'onde λ_2 du laser dans la chambre d'expérience.

1.1.2. Dans quels domaines du spectre électromagnétique se situent les rayonnements de longueurs d'onde λ_1 et λ_2 ?

1.2. Après le triplement de fréquence, chaque faisceau laser produit une énergie $E_{\text{laser}} = 7,5 \text{ kJ}$.

Par un calcul, montrer que la valeur de l'énergie E_{LMJ} , délivrée au niveau de la cible par l'ensemble des faisceaux lasers composant le LMJ, est en cohérence avec le texte introductif.

1.3. On admet que le LMJ est capable de délivrer l'énergie E_{LMJ} en une durée $\Delta t = 5,0 \text{ ns}$.
En déduire la valeur de la puissance moyenne P_{LMJ} correspondante.

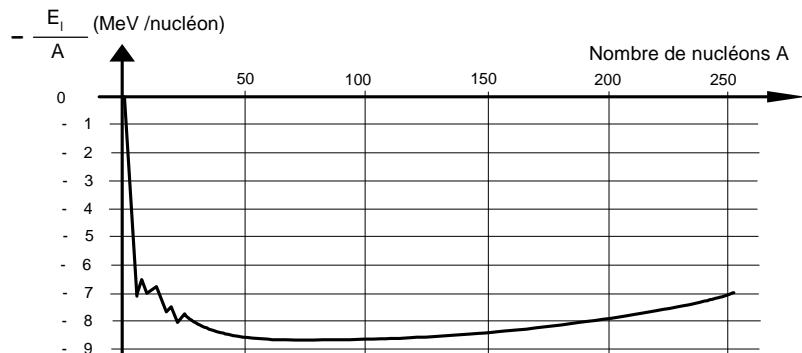
2. Réaction de fusion deutérium-tritium dans la cible

2.1. Pour provoquer la fusion, on met en jeu deux isotopes de l'hydrogène, le deutérium et le tritium.
La réaction deutérium-tritium produit un noyau, un neutron et de l'énergie.

- 2.1.1. Donner la composition des noyaux de deutérium et de tritium. Qu'appelle-t-on noyaux isotopes ?
2.1.2. Écrire la réaction de fusion entre un noyau de deutérium et un de tritium en précisant les lois utilisées.

2.2. Énergie de liaison d'un noyau

2.2.1. La courbe d'Aston ci-contre représente l'opposé de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de nucléons. En se référant à l'axe des abscisses, dans quelle partie de cette courbe se trouvent les noyaux susceptibles de fusionner ?



2.2.2. Donner la signification physique et l'expression de l'énergie de liaison $E_l \left({}^A_Z X \right)$ d'un noyau ${}^A_Z X$ de masse $m \left({}^A_Z X \right)$ en fonction de A , Z , m_p , m_n , $m \left({}^A_Z X \right)$ et c .

2.2.3. A partir de l'expression précédente, exprimer la masse $m \left({}^A_Z X \right)$ en fonction de A , Z , m_p , m_n , $E_l \left({}^A_Z X \right)$ et c .

2.2.4. En déduire les expressions des masses $m \left({}^4_2 \text{He} \right)$, $m \left({}^2_1 \text{H} \right)$ et $m \left({}^3_1 \text{H} \right)$.

2.3. Énergie libérée lors de la réaction de fusion

2.3.1. Exprimer l'énergie libérée $|\Delta E|$ lors de la réaction de fusion deutérium-tritium en fonction des masses des noyaux et des particules mis en jeu.

2.3.2. Montrer que l'expression de l'énergie libérée $|\Delta E|$ en fonction des énergies de liaison est donnée par : $|\Delta E| = \left| E_l \left({}^4_2 \text{He} \right) - E_l \left({}^2_1 \text{H} \right) - E_l \left({}^3_1 \text{H} \right) \right|$. Calculer sa valeur en MeV.

3. Bilan énergétique dans la cible

3.1. Sachant que le mélange est équimolaire, montrer que le nombre de noyaux N de deutérium (ou de tritium) présents dans la microbille est $N = 3,59 \times 10^{19}$.

3.2. En déduire l'énergie totale E_{tot} produite par la réaction de fusion dans la cible. La comparer à l'énergie E_{LMJ} fournie par le laser mégajoule.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Équation chimique					
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$				
État final	x_f				

Tableau A1. Tableau descriptif de l'évolution du système

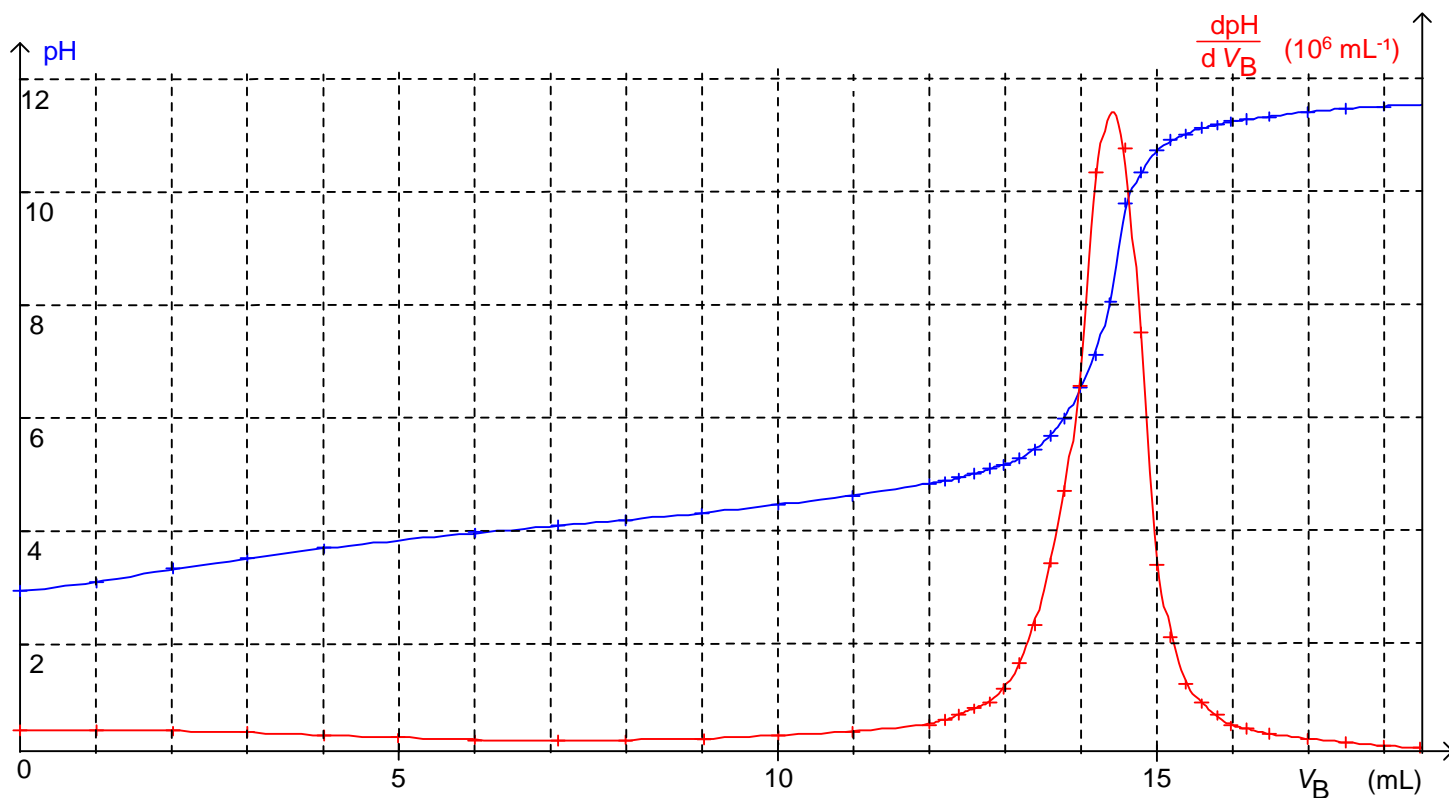


Figure A2. Courbes d'évolution de pH et de $\frac{dpH}{dV_B}$ en fonction du volume V_B de solution d'hydroxyde de sodium versé

ANNEXE DE L'EXERCICE I

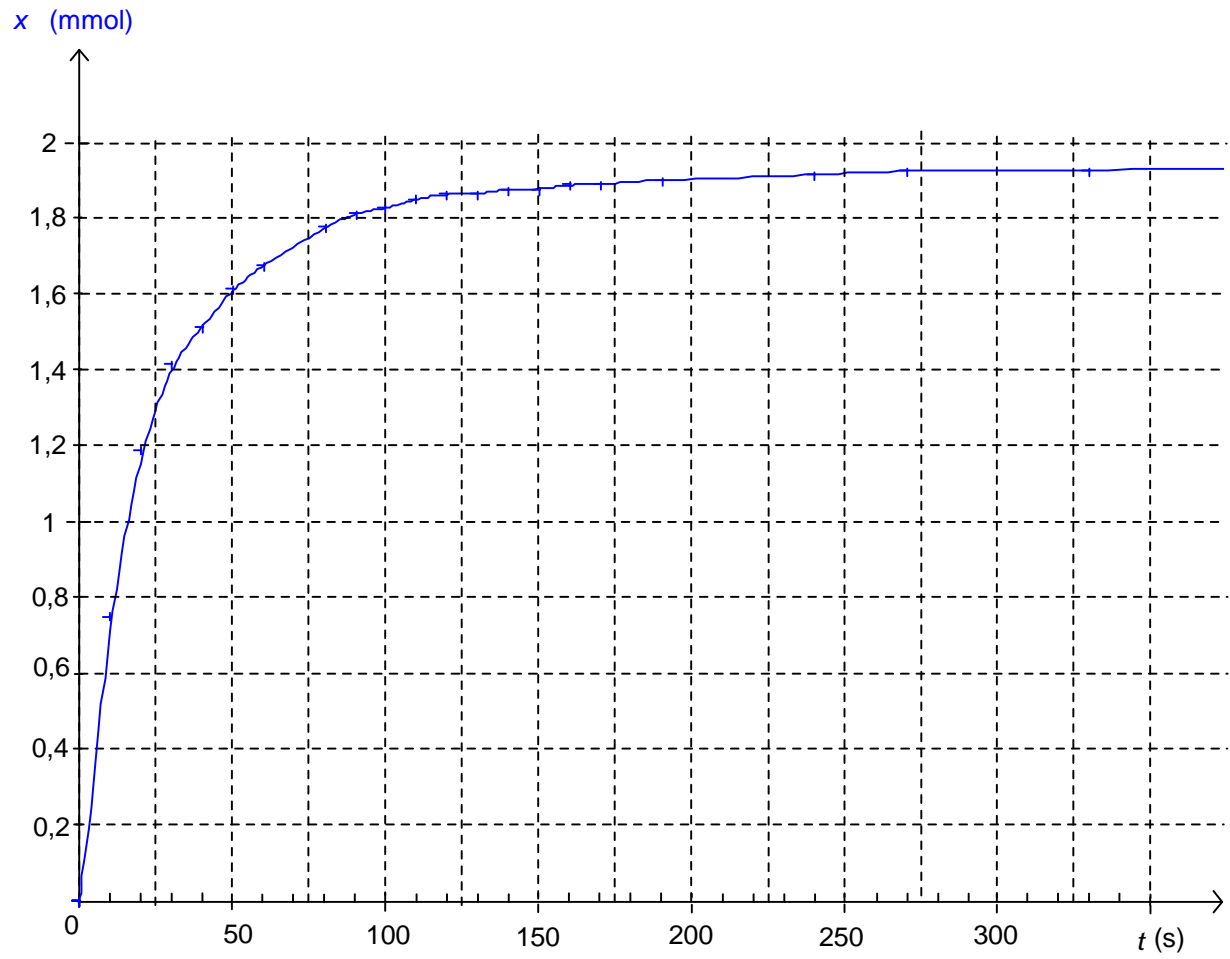


Figure A3. Courbe d'évolution de l'avancement au cours du temps

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE, deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 11 et 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I - DÉTARTRANT À BASE D'ACIDE LACTIQUE (6,5 points)

Ennemi numéro un des cafetières, le tartre s'y installe au quotidien. Il peut rendre ces machines inutilisables et altérer le goût du café. Pour préserver ces appareils, il est donc indispensable de les détartrer régulièrement. Plusieurs fabricants d'électroménager recommandent d'utiliser des détartrants à base d'acide lactique ; en plus d'être efficace contre le tartre, cet acide est biodégradable et non corrosif pour les pièces métalliques se trouvant à l'intérieur des cafetières.



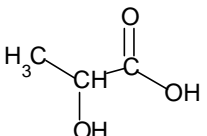
Après une étude de la réaction entre l'acide lactique et l'eau, on vérifiera par un titrage la teneur en acide lactique dans un détartrant et on s'intéressera à l'action de ce détartrant sur le tartre.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. L'acide lactique

Le détartrant à base d'acide lactique est conditionné sous forme liquide dans un petit flacon. La notice d'utilisation indique qu'il faut verser la totalité de son contenu dans le réservoir de la cafetière et qu'il faut ajouter de l'eau. On prépare ainsi un volume $V = 0,60$ L d'une solution aqueuse d'acide lactique de concentration molaire en soluté apporté $c = 1$ mol.L⁻¹. Après agitation, la valeur du pH mesuré est 1,9.

Données :

Formule de l'acide lactique	K_A à 25°C du couple acide lactique / ion lactate
	$1,3 \times 10^{-4}$

1.1. La molécule d'acide lactique

Recopier la formule de l'acide lactique puis entourer et nommer le groupe caractéristique responsable de l'acidité de la molécule.

1.2. Réaction de l'acide lactique avec l'eau

1.2.1. On note AH la molécule d'acide lactique. Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.

1.2.2. Compléter en utilisant les notations de l'énoncé, le tableau descriptif de l'évolution du système, **TABLEAU A1 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

1.2.3. Donner l'expression de l'avancement final x_f en fonction du pH de la solution et du volume V .

1.2.4. Calculer le taux d'avancement final τ de la transformation. La transformation est-elle totale ? Justifier.

1.3. Constante d'acidité de l'acide lactique

1.3.1. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple acide lactique / ion lactate.

1.3.2. À partir de l'expression de K_A , calculer le rapport $\frac{[A^-]_f}{[AH]_f}$.

1.3.3. En déduire l'espèce qui prédomine dans la solution de détartrant.

2. Titrage de l'acide lactique dans un détartrant

Sur l'étiquette de la solution commerciale de détartrant, on trouve les indications suivantes :
« contient de l'acide lactique, 45 % en masse ».

Données :

- masse molaire de l'acide lactique : $M = 90,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- masse volumique du détartrant : $\rho = 1,13 \text{ kg.L}^{-1}$.

Afin de déterminer la concentration molaire c en acide lactique apporté dans la solution de détartrant, on réalise un titrage acido-basique.

La solution de détartrant étant trop concentrée, on prépare par dilution une solution 10 fois moins concentrée (on note c_d la concentration de la solution diluée).

2.1. Dilution

On dispose des lots de verrerie A, B, C, D suivants :

Lot A	Lot B	Lot C	Lot D
Pipette jaugée de 5,0 mL	Pipette jaugée de 10,0 mL	Pipette jaugée de 10,0 mL	Éprouvette graduée de 10 mL
Bécher de 50 mL	Fiole jaugée	Fiole jaugée	Fiole jaugée
Éprouvette de 50 mL	de 1,000 L	de 100,0 mL	de 100,0 mL

Choisir le lot de verrerie permettant de réaliser la dilution le plus précisément. Justifier l'élimination des trois autres lots de verrerie.

2.2. Titrage acido-basique

On réalise le titrage pH-métrique d'un volume $V_A = 5,0 \text{ mL}$ de solution diluée par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$.

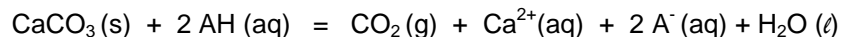
On obtient la courbe de **LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

- 2.2.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage (on note AH la molécule d'acide lactique).
- 2.2.2. Déterminer graphiquement **SUR LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.
- 2.2.3. En précisant la démarche suivie, calculer la concentration c_d en acide lactique dans la solution diluée.
- 2.2.4. En déduire la valeur de la concentration c en acide lactique dans le détartrant.
- 2.2.5. Calculer la masse d'acide lactique présente dans 1,00 L de détartrant.
- 2.2.6. Montrer que le pourcentage massique d'acide lactique présent dans le détartrant est cohérent avec l'indication de l'étiquette.

3. Action du détartrant sur le tartre

Dans cette partie, on cherche à évaluer le temps nécessaire à un détartrage efficace, en étudiant la cinétique d'une transformation réalisée au laboratoire.

Le tartre est essentiellement constitué d'un dépôt solide de carbonate de calcium de formule CaCO_3 . Lors du détartrage, l'acide lactique réagit avec le carbonate de calcium suivant la réaction d'équation :



Dans un ballon, on verse un volume $V' = 10,0$ mL de la solution diluée de détartrant précédemment dosée. On introduit rapidement une masse $m = 0,20$ g de carbonate de calcium. On ferme hermétiquement le ballon avec un bouchon muni d'un tube à dégagement relié à un capteur de pression. Ce capteur mesure la surpression due au dioxyde de carbone produit par la réaction qui se déroule à la température constante de 298 K. Cette surpression est équivalente à la pression du dioxyde de carbone seul dans le ballon.

Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de la pression du dioxyde de carbone au cours du temps.

t en s	0	10	20	30	40	50	60	80	90	100	130	150	190	270	330	420	600
$P(\text{CO}_2)$ en hPa	0	60	95	113	121	129	134	142	145	146	149	150	152	154	155	155	155

À chaque instant, l'avancement x de la réaction est égal à la quantité de matière $n(\text{CO}_2)$ de dioxyde de carbone formé. Un logiciel permet de calculer ses valeurs.

LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 12 représente l'évolution de l'avancement au cours du temps.

Données :

- loi des gaz parfaits : $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$;
on rappelle que dans cette expression, la pression P est en pascals (Pa), le volume V en mètres cubes (m^3), la quantité de matière n en moles (mol) et la température T en kelvins (K) ;
- température lors de l'expérience : $T = 298$ K ;
- constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$;
- volume occupé par le dioxyde de carbone à l'état final : $V_g = 310$ mL ;
- vitesse volumique de réaction : $v = \frac{1}{V'} \cdot \frac{dx}{dt}$.

3.1. En considérant que le dioxyde de carbone se comporte comme un gaz parfait, donner l'expression de l'avancement x en fonction de la pression du dioxyde de carbone $P(\text{CO}_2)$ et du volume V_g .

3.2. Calculer la valeur de l'avancement à l'état final.

3.3. Vérifier que cette valeur est en accord avec **LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**.

3.4. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. La méthode doit apparaître **SUR LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**.

3.5. Comment évolue la vitesse volumique de réaction au cours du temps ? Justifier votre réponse à l'aide de **LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 12**.

3.6. Lors du détartrage d'une cafetière, le mode d'emploi proposé conduit à utiliser une solution un peu plus concentrée en acide lactique et à chauffer cette solution.

Quelle est en effet la conséquence sur la durée de détartrage ?

EXERCICE II - CHUTE VERTICALE D'UN BOULET (5,5 points)

Selon la légende, Galilée (1564-1642) aurait étudié la chute des corps en lâchant divers objets du sommet de la tour de Pise (Italie). Il y fait référence dans deux ouvrages : *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* et *Discours concernant deux sciences nouvelles* dans lesquels il remet notamment en question les idées d'Aristote.

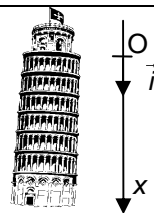


Figure 1.
Représentation de la tour penchée de Pise.

Dans cet exercice, on présente trois courts extraits de ces deux livres.

Il s'agit de retrouver certains résultats avancés par Galilée concernant la chute verticale dans l'air d'un boulet sphérique en fer, lâché sans vitesse initiale.

Pour cette étude, on choisit le référentiel terrestre, supposé galiléen, auquel on adjoint un repère d'espace (Ox) vertical orienté vers le bas (**figure 1**).

Donnée :

- intensité du champ de pesanteur, supposé uniforme : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

1. Modélisation par une chute libre

1.1. Étude des hauteurs de chute

Extrait n°1 :

« Avant tout, il faut considérer que le mouvement des corps lourds n'est pas uniforme : partant du repos, ils accélèrent continuellement (...). Si on définit des temps égaux quelconques, aussi nombreux qu'on veut, et si on suppose que, dans le premier temps, le mobile, partant du repos, a parcouru tel espace, par exemple une aune*, pendant le second temps, il en parcourra trois, puis cinq pendant le troisième (...) et ainsi de suite, selon la suite des nombres impairs ».

* une aune = 1,14 m

Le boulet est lâché au point O, d'abscisse $x_0 = 0$ à la date $t_0 = 0$. On suppose l'action de l'air négligeable ; dans ce cas, l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie G du boulet est : $x(t) = \frac{1}{2} g.t^2$.

1.1.1. Soient x_1 la distance parcourue au bout de la durée τ , x_2 la distance parcourue au bout de la durée 2τ et ainsi de suite, exprimer x_1 , x_2 , x_3 en fonction de g et de τ .

1.1.2. Exprimer la différence $h_1 = x_1 - x_0$ en fonction de g et de τ puis les différences $h_2 = x_2 - x_1$ et $h_3 = x_3 - x_2$ en fonction de h_1 .

1.1.3. Retrouve-t-on la suite des hauteurs de chute annoncée par Galilée dans l'extrait n°1 ? Justifie r.

1.2. Étude de la durée de la chute

Les points de vue d'Aristote et de Galilée, au sujet de l'influence de la masse m du boulet sur la durée totale Δt de sa chute, diffèrent.

Extrait n°2 :

« Cherchons à savoir combien de temps un boulet, de fer par exemple, met pour arriver sur la Terre d'une hauteur de cent coudées*.

Aristote dit qu'une « boule de fer de cent livres**, tombant de cent coudées, touche terre avant qu'une boule d'une livre ait parcouru une seule coudée », et je vous dis, moi, qu'elles arrivent en même temps.

Des expériences répétées montrent qu'un boulet de cent livres met cinq secondes pour descendre de cent coudées ».

* une coudée correspond à une distance de 57 cm ; ** une livre est une unité de masse

1.2.1. Parmi les propositions ci-dessous, attribuer celle qui correspond à la théorie d'Aristote et celle qui correspond à la théorie de Galilée :

- La durée de chute augmente quand la masse du boulet augmente ;
- La durée de chute diminue quand la masse du boulet augmente ;
- La durée de chute est indépendante de la masse.

- 1.2.2. En utilisant l'expression $x(t) = \frac{1}{2} g.t^2$, calculer la durée Δt de la chute d'un boulet qui tombe d'une hauteur totale $H = 57$ m (100 coudées). Ce résultat est différent de la valeur annoncée dans l'extrait n°2. Proposer une explication à l'écart constaté.

2. Chute réelle

Galilée admet plus loin que les deux boules, de masses respectives une et cent livres, arrivent au sol avec un léger écart.

Extrait n°3 :

« Vous constatez, en faisant l'expérience, que la plus grande précède la plus petite de deux doigts, c'est à dire que quand celle-là frappe le sol, celle-ci s'en trouve encore à deux doigts. Or, derrière ces deux doigts, vous ne retrouverez pas les quatre-vingt-dix-neuf coudées d'Aristote. »

On considère que trois forces s'exercent sur un boulet pendant sa chute verticale : son poids \vec{P} , la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ et la force de frottement \vec{f} .

La norme de la force de frottement a pour expression : $f = \frac{1}{2} \pi.R^2.\rho_{\text{air}}.C.v^2$

où v est la vitesse du centre d'inertie du boulet, R est le rayon du boulet et C est une constante sans unité.

Données :

- masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$;
- masse volumique du fer : $\rho_{\text{fer}} = 7,87 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$;
- volume d'une sphère : $V_s = \frac{4}{3} \pi.R^3$.

2.1. Lors de la chute, représenter ces trois forces sur un schéma sans souci d'échelle.

2.2. Le poids et la poussée d'Archimède sont constants pendant la chute d'un boulet. Établir le rapport de leurs expressions et en déduire que la poussée d'Archimède est négligeable.

2.3. Étude dynamique

2.3.1. Appliquer la deuxième loi de Newton. Projeter les forces sur l'axe (Ox) vertical orienté vers le bas

(**figure 1**). Déterminer l'expression de la dérivée par rapport au temps de la vitesse $\frac{dv}{dt}$.

2.3.2. En déduire que l'expression de la vitesse limite v_ℓ est : $v_\ell = \sqrt{\frac{8\rho_{\text{fer}}R.g}{3\rho_{\text{air}}C}}$.

2.3.3. Vérifier, en effectuant une analyse dimensionnelle, que l'expression de v_ℓ est bien homogène à une vitesse.

2.4. On considère deux boulets sphériques B_1 et B_2 en fer de masses respectives $m_1 = 1$ livre et $m_2 = 100$ livres et de rayons respectifs $R_1 = 2,2$ cm et $R_2 = 10,1$ cm. On note $v_{1\ell}$ et $v_{2\ell}$ les vitesses limites

respectives des boulets B_1 et B_2 . Exprimer le rapport $\frac{v_{2\ell}}{v_{1\ell}}$ en fonction des seuls rayons R_1 et R_2 et en déduire

le boulet qui a la vitesse limite la plus élevée.

2.5. Un logiciel permet de simuler les évolutions de la vitesse $v(t)$ (**figure 2**) et de la position $x(t)$ du boulet pendant sa chute (**figure 3** et zoom de la figure 3 sur la **figure 4**). Ces courbes sont obtenues pour les trois situations suivantes :

- la chute du boulet B_1 dans l'air (**courbes c et c'**),
- la chute du boulet B_2 dans l'air (**courbes b et b'**),
- la chute libre (**courbes a et a'**).

2.5.1. Expliquer l'attribution des courbes b et c aux boulets B_1 et B_2 .

2.5.2. La hauteur de chute est de 57 m. Déterminer graphiquement la date t_{sol} à laquelle le premier boulet touche le sol. S'agit-il de B_1 ou de B_2 ?

2.5.3. À quelle distance du sol se trouve l'autre boulet à cette date ? Ce résultat est-il en accord avec l'extrait n°3 ?

DOCUMENTS DE L'EXERCICE II

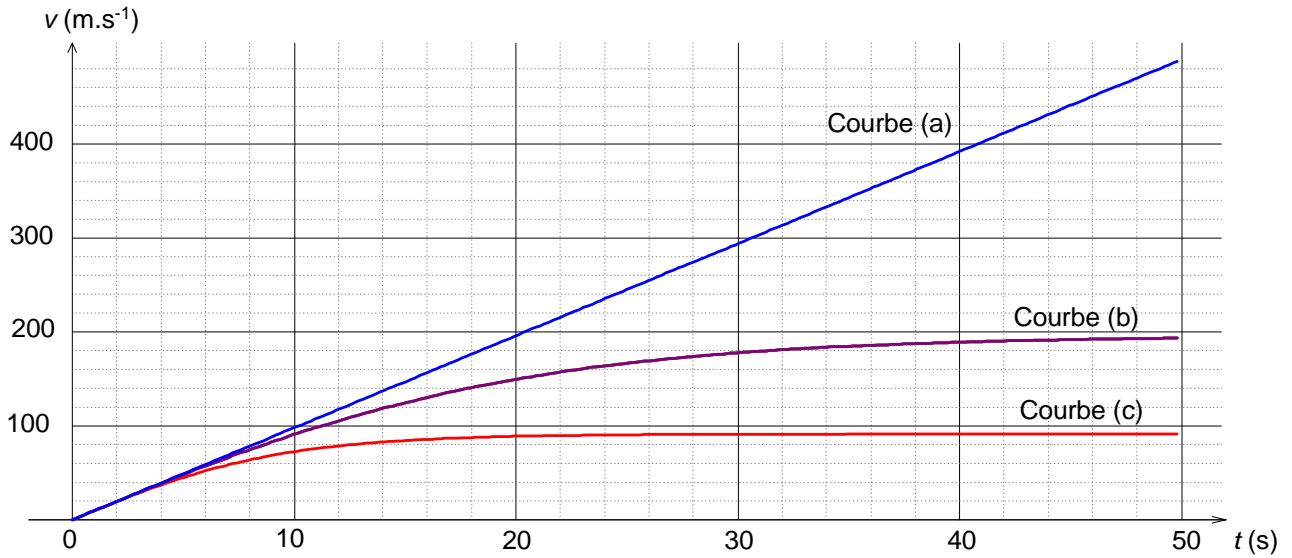


Figure 2. Évolution des vitesses

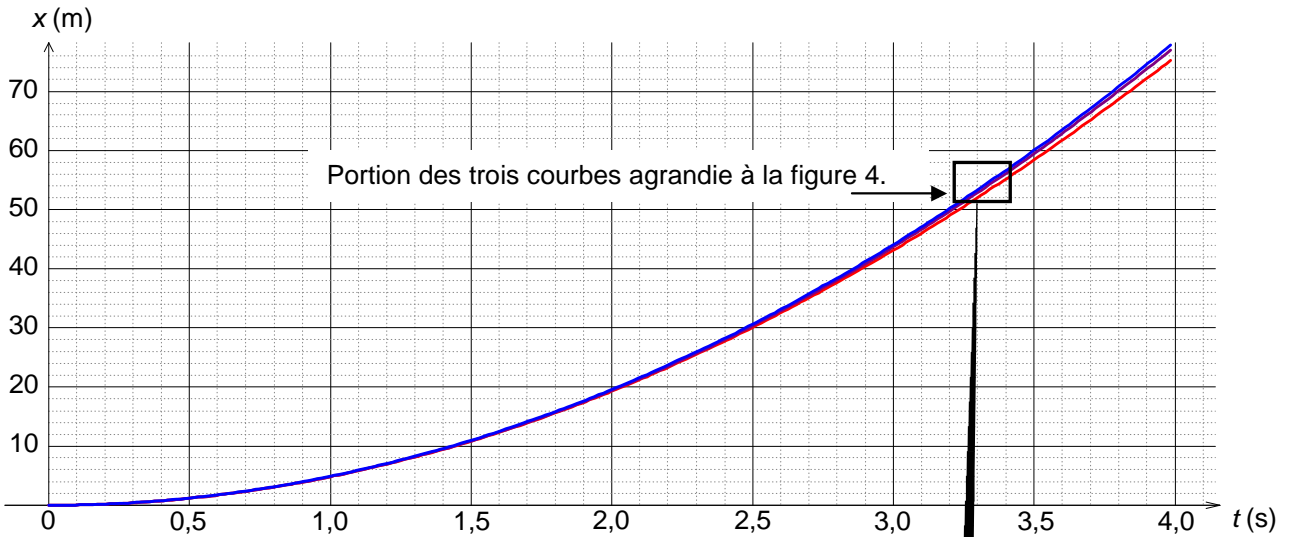


Figure 3. Évolution des positions

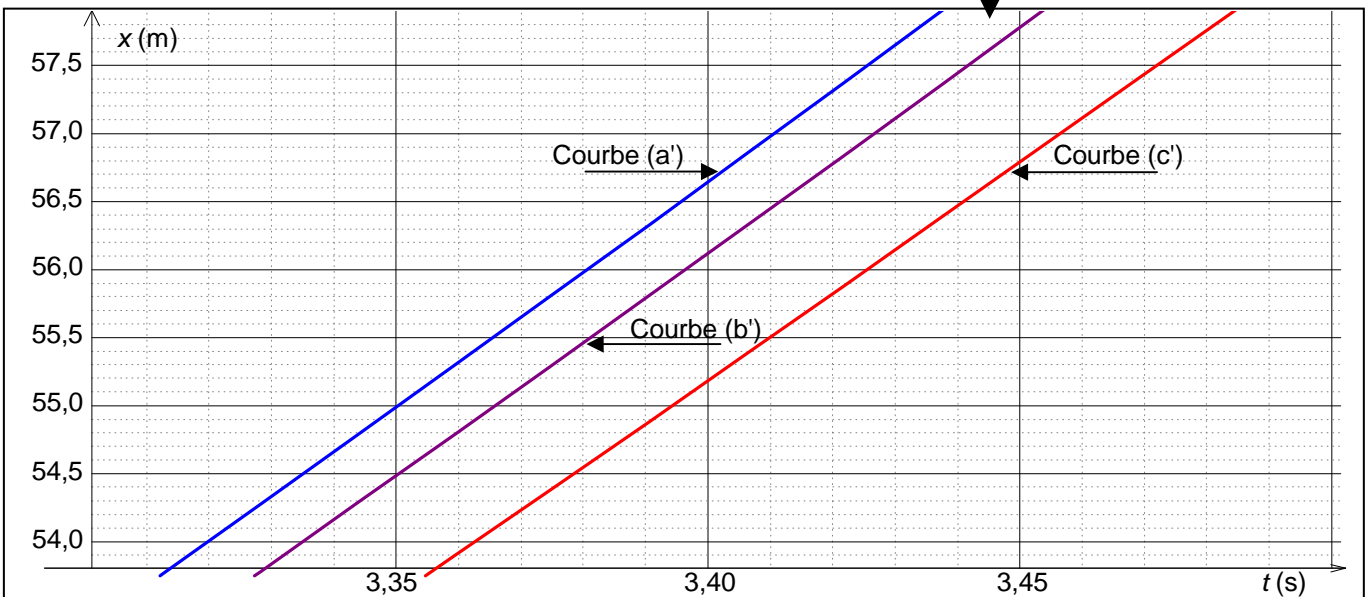


Figure 4. Zoom sur l'évolution des positions

EXERCICE III - CONCERT DE VIOLONS (4 points)

Avant de débiter un concert, les instrumentistes doivent accorder leurs instruments.

Le chef d'orchestre dispose de repères techniques simples mais efficaces pour vérifier la justesse des sons émis par l'orchestre



L'objet de cet exercice porte sur l'étude des sons émis par des violons, la vérification de l'accord entre deux violons et la participation du chef d'orchestre à ces réglages.

Pour tout l'exercice, on considère la célérité v du son dans l'air, à 20°C , égale à $340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

1. Le violon

La **figure 5** représente les enregistrements réalisés dans les mêmes conditions, de sons de fréquence $f_1 = 440 \text{ Hz}$ (la_3) émis par un violon d'une part et par un diapason d'autre part.

1.1. Parmi les caractéristiques physiques d'un son musical figurent la hauteur et le timbre. En analysant les deux oscillogrammes de la **figure 5**, préciser la caractéristique qui différencie les sons des deux émetteurs.

1.2. Quel nom donne-t-on à la fréquence f_1 ?

1.3. Calculer les valeurs des fréquences f_2 et f_3 présentes dans le spectre fréquentiel du violon.

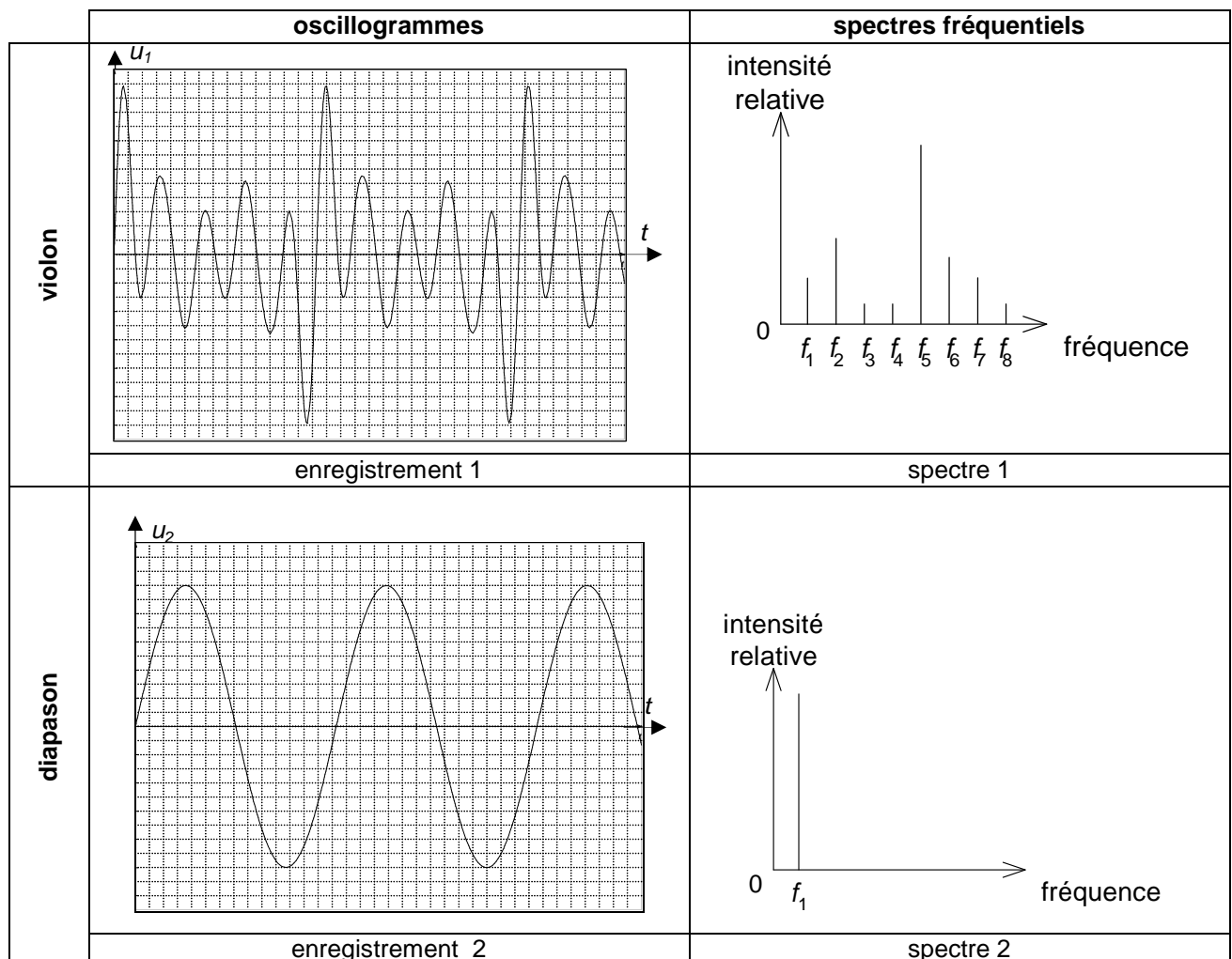


Figure 5. Enregistrements et spectres fréquentiels des deux émetteurs sonores

2. L'ensemble des violons

2.1. Les battements

Avant le concert, les violonistes cherchent à accorder leur instrument en jouant la note la_3 de fréquence égale à 440 Hz. La fréquence émise par chaque instrument n'étant pas rigoureusement égale à 440 Hz, le son résultant est alternativement plus ou moins intense : on entend des battements qui sont des variations périodiques de l'amplitude sonore.

Pour rendre compte de ce phénomène, on simule à l'aide d'un ordinateur des signaux dont les fréquences f_a (courbe 1 de la **figure 6**) et f_b (courbe 2 de la **figure 6**) diffèrent légèrement : $f_a = 420$ Hz et $f_b = 460$ Hz. Ensuite, on effectue l'addition de ces deux signaux (courbe 3 de la **figure 6**).

Les courbes obtenues sont rassemblées **figure 6** ci-dessous.

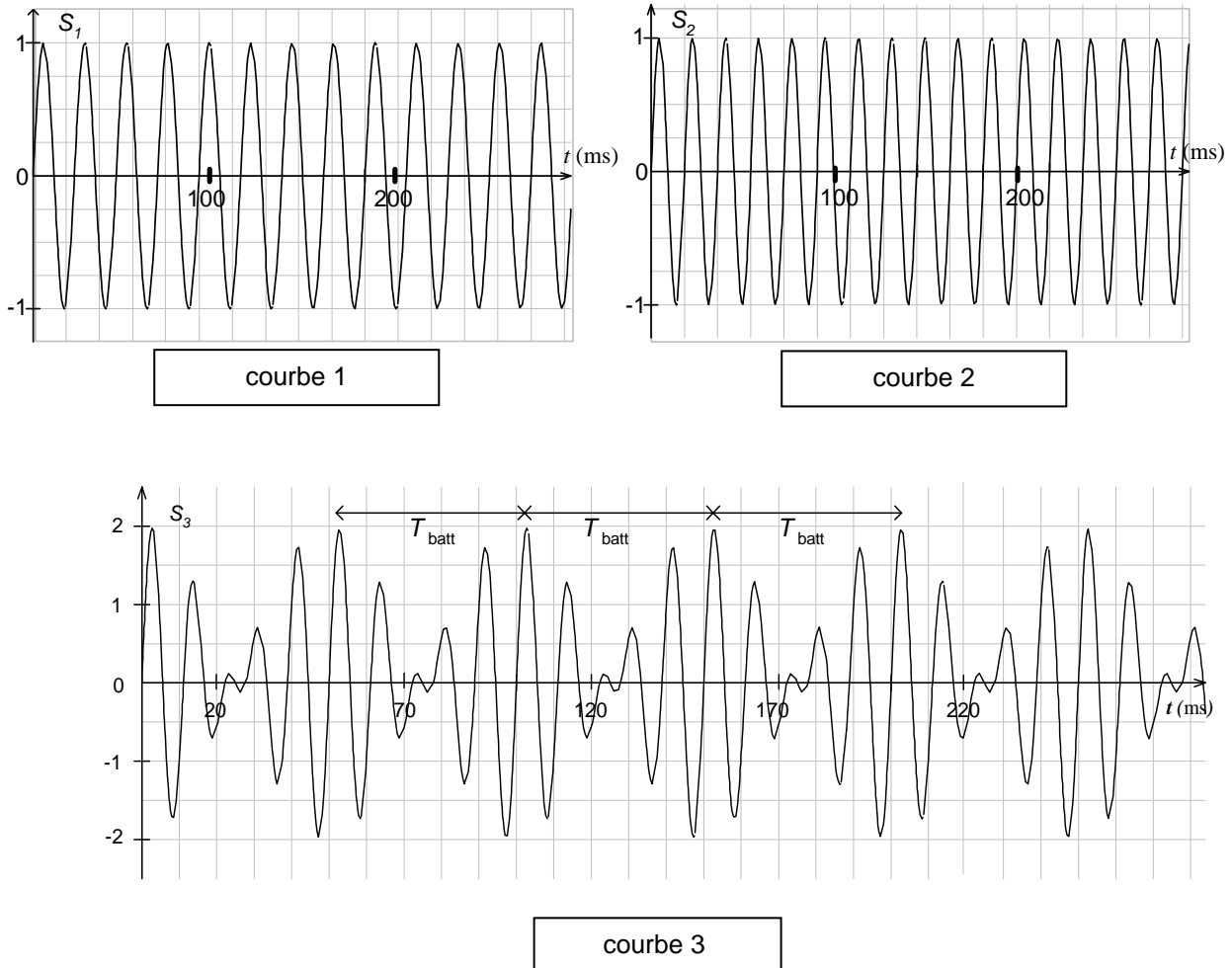


Figure 6. Courbes simulant les signaux sonores

2.1.1. La période des variations d'amplitude, encore appelées battements, est notée T_{batt} (voir courbe 3

de la **figure 6**). On souhaite vérifier que $f_{batt} = \frac{1}{T_{batt}} = \frac{f_b - f_a}{2}$. Pour cela, déterminer la valeur de

f_{batt} à partir de la courbe 3 et la comparer à celle de $\frac{f_b - f_a}{2}$.

2.1.2. Lorsque le musicien constate l'arrêt des battements, que peut-il en conclure ?

2.2. Comment accorder les violons ?

2.2.1. On considère une corde de violon. On note L la distance entre les deux points d'attache sur l'instrument. Excitée dans son mode fondamental à la fréquence f_0 , la corde est le siège d'ondes stationnaires, on observe un fuseau. Donner la relation entre L et la longueur d'onde λ .

2.2.2. Les ondes stationnaires résultent de la superposition d'ondes progressives de célérité v . Exprimer v en fonction de f_0 et L .

2.2.3. On donne $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ avec F la valeur de la tension de la corde et μ sa masse linéique. Vérifier l'homogénéité de cette équation.

2.2.4. Donner une expression de la fréquence f_0 en fonction de F , μ et L .

2.2.5. Si la corde d'un violon émet un son de fréquence 460 Hz, comment doit-on agir sur la corde pour retrouver la note la_3 de fréquence 440 Hz ?

2.3. Niveau sonore et intensité

Au début du concert, un groupe musical comportant dix violons se produit.

On rappelle que le niveau sonore, exprimé en décibels (dB) d'une source sonore est donné par la formule :

$$L_1 = 10 \times \log \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$$

Avec : I_0 : Intensité de référence correspondant à l'intensité minimale audible : $1,0 \times 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$;
 I_1 : Intensité sonore donnée par une source sonore en W.m^{-2} .

Soit pour n sources sonores : $L_n = 10 \times \log \left(\frac{n \cdot I_1}{I_0} \right)$

On rappelle : $\log (a \times b) = \log a + \log b$

2.3.1. Vérifier que le niveau sonore minimal perceptible est de 0 dB.

2.3.2. On estime à 70 dB le niveau sonore produit par un seul violon à 5 m. Calculer le niveau sonore produit par le groupe musical. On considère que tous les violons sont à 5 m de l'auditeur.

2.3.3. L'exposition à une intensité sonore $I = 1,0 \times 10^{-1} \text{ W.m}^{-2}$ peut endommager l'oreille de l'auditeur. Combien de violons doivent jouer pour atteindre cette intensité pour un auditeur situé à 5 m ? Conclure.

3. Conduite d'un orchestre à l'oreille

L'octave entre deux notes, obtenue historiquement en divisant la longueur d'une corde d'instrument par deux, pour obtenir ainsi une fréquence double, est devenue le support des gammes en musique.

Dans la gamme dite tempérée, l'octave est divisée en douze intervalles de fréquences appelés demi-tons tels que le rapport des fréquences de deux notes successives soit le même.

Si on note $f_1, f_2, \dots, f_i, f_{i+1}, \dots, f_{12}$ les fréquences successives séparées par un demi-ton, on obtient $\frac{f_{i+1}}{f_i} = 2$ par définition de l'octave.

3.1. Vérifier que pour deux fréquences successives f_i et f_{i+1} séparées par un demi-ton le rapport constant des deux fréquences $\frac{f_{i+1}}{f_i}$ est égal à $2^{\frac{1}{12}}$.

3.2. Un chef d'orchestre dispose de capacités auditives développées qui lui permettent de distinguer et reconnaître précisément et en particulier la note la_3 et la note si_3 située deux demi-tons au-dessus. Calculer la fréquence de la note si_3 sachant que celle du la_3 est égale à 440 Hz.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Équation chimique					
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$				
État final	x_f				

Tableau A1. Tableau descriptif de l'évolution du système

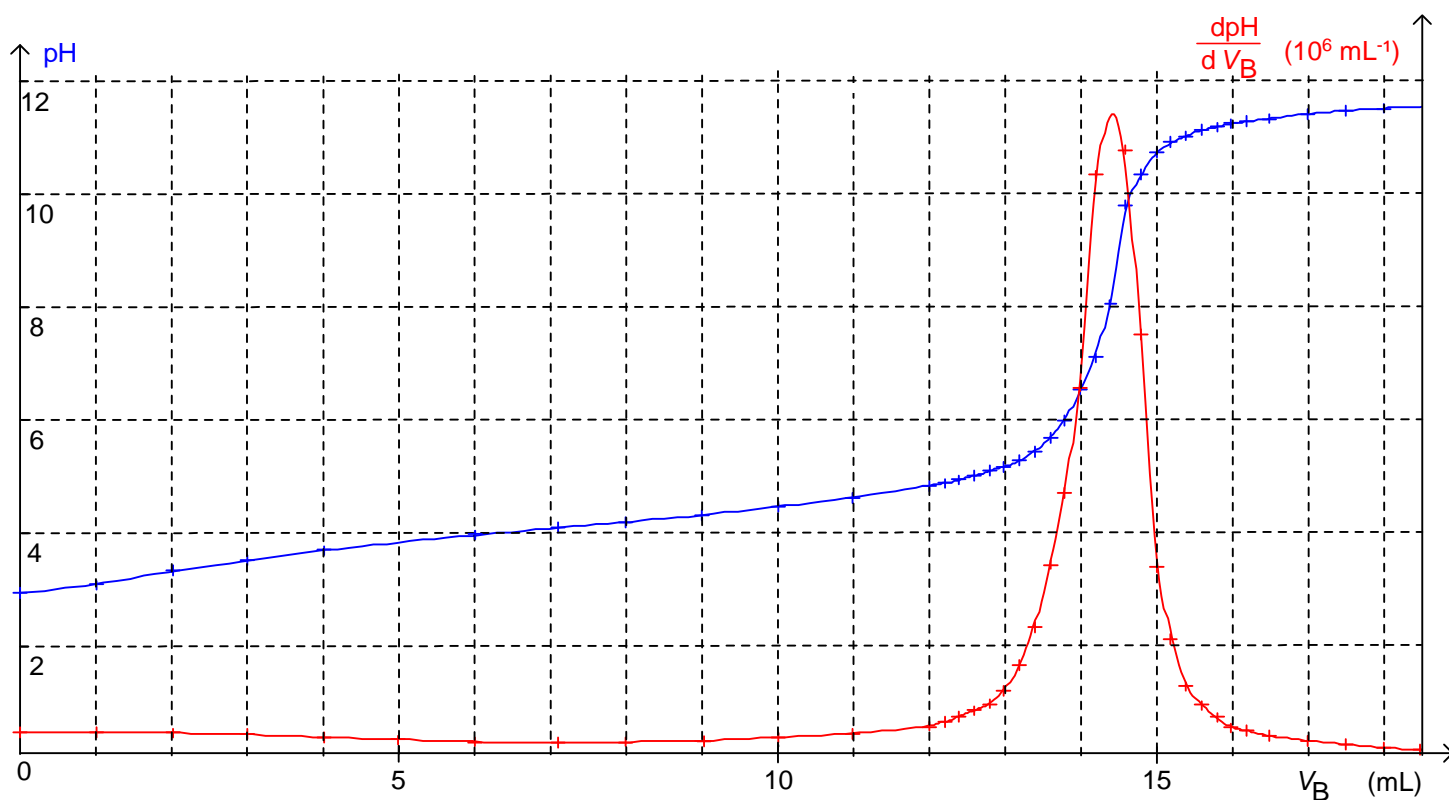


Figure A2. Courbes d'évolution de pH et de $\frac{dpH}{dV_B}$ en fonction du volume V_B de solution d'hydroxyde de sodium versé

ANNEXE DE L'EXERCICE I

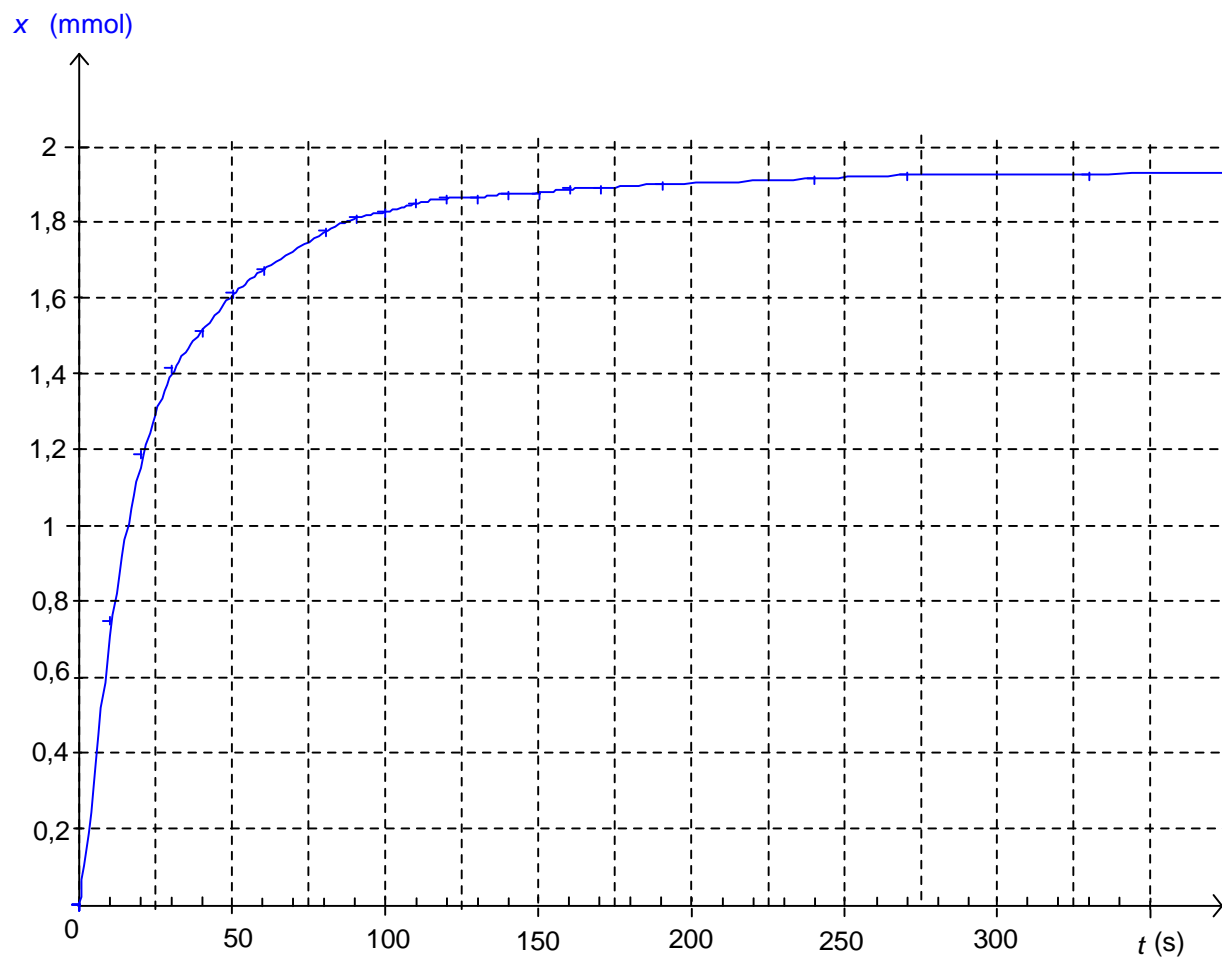


Figure A3. Courbe d'évolution de l'avancement au cours du temps

RECOMMANDATIONS DE CORRECTION POUR L'ÉPREUVE DE PHYSIQUE-CHIMIE (OBLIGATOIRE)

- I. Détartrant à base d'acide lactique (6,5 points)
- II. Chute verticale d'un boulet (5,5 points)
- III. Le LMJ (laser mégajoule) (4 points)

Pour la correction de l'écrit et pour l'oral, il est indispensable de respecter le programme et ses commentaires (**B.O. Hors Série n°4 du 30 août 2001**).

Les modalités de l'épreuve de sciences physiques du baccalauréat général, série S, à compter de la session 2003, sont fixées par :

- la note de service n° 2002-142 du 27-6-2002 publiée au **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, complétée par le **rectificatif du 2-8-2002 publiée au B.O. n° 31 du 29 août 2002**
- la note de service n° 2002-243 du 6-11-2002 publiée au **B.O. n° 42 du 14 novembre 2002** donnant des informations sur la session 2003 des baccalauréats général et technologique et par l'arrêté du 24-10-2002 publié au **B.O. n° 41 du 7 novembre 2002** concernant l'épreuve du baccalauréat général.

Pour l'écrit :

Sur la copie le correcteur porte la note sur 16 arrondie au demi-point.

On rappelle que le traitement équitable des candidats **impose de respecter scrupuleusement** les exigences du barème et de ses commentaires élaborés après la commission d'entente.

Rappel sur les modalités de l'épreuve orale de contrôle.

L'épreuve de contrôle est orale, de durée vingt minutes, précédées de vingt minutes de préparation.

Il convient de respecter les compétences exigibles du programme et l'organisation de l'épreuve **B.O. n° 27 du 4 juillet 2002**, note de service 2002 - 142 du 27-6-2002 et rectificatif du 2-8-2002 publié au **B.O. n° 31 du 29-8-2002**.

Le candidat tire au sort un sujet comportant deux questions, l'une de physique, l'autre de chimie, et doit traiter les deux questions. Les questions portent exclusivement sur le programme commun pour les candidats qui n'ont pas choisi l'enseignement de spécialité. Pour ceux qui ont choisi cet enseignement, l'une des deux questions porte également sur le programme de l'enseignement commun à tous.

Douze points au moins sont attribués à l'évaluation des connaissances scientifiques et de savoir-faire. Pour permettre cette évaluation, l'usage des calculatrices est interdit pour l'ensemble de l'épreuve.

Cette épreuve a lieu dans une salle comportant du matériel de physique-chimie afin que des questions puissent être posées sur le matériel expérimental et son utilisation, sans que le candidat soit conduit à manipuler.

EXERCICE I. DÉTARTRANT A BASE D'ACIDE LACTIQUE (6,5 points)

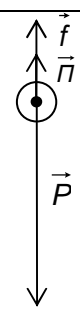
Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires															
1.	L'acide lactique																	
1.1.	Groupe carboxyle COOH (accepter acide carboxylique)	0,25	Tout ou rien															
1.2.1.	$AH(aq) + H_2O(l) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$	0,25	L'état physique n'est pas exigé															
1.2.2.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td></td> <td align="center" colspan="4">$AH(aq) + H_2O(l) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$</td> </tr> <tr> <td>Etat initial</td> <td align="center">c.V</td> <td align="center">beaucoup</td> <td align="center">0</td> <td align="center">0</td> </tr> <tr> <td>Etat final</td> <td align="center">c.V - x_f</td> <td align="center">beaucoup</td> <td align="center">x_f</td> <td align="center">x_f</td> </tr> </table>		$AH(aq) + H_2O(l) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$				Etat initial	c.V	beaucoup	0	0	Etat final	c.V - x _f	beaucoup	x _f	x _f	0,25	
	$AH(aq) + H_2O(l) = A^-(aq) + H_3O^+(aq)$																	
Etat initial	c.V	beaucoup	0	0														
Etat final	c.V - x _f	beaucoup	x _f	x _f														
1.2.3.	$x_f = n(H_3O^+)_f = [H_3O^+]_f \times V = 10^{-pH} \times V$	0,25																
1.2.4.	$\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$ $\tau = \frac{n(H_3O^+)_f}{c.V} = \frac{10^{-pH}.V}{c.V} = \frac{10^{-pH}}{c} = \frac{10^{-1,9}}{1} = 1 \times 10^{-2}$ La transformation est limitée car $\tau < 1$.	0,25 0,25 0,25	Accepter $1,3 \times 10^{-2}$ Justification <1 attendue															
1.3.1.	$K_A = \frac{[H_3O^+]_f \times [A^-]_f}{[AH]_f}$	0,25	eq au lieu de f accepté															
1.3.2.	$\frac{[A^-]_f}{[AH]_f} = \frac{K_A}{[H_3O^+]_f} = \frac{1,3 \times 10^{-4}}{10^{-1,9}} = 1,0 \times 10^{-2}$	0,25																
1.3.3.	$[AH]_f > [A^-]_f$ L'espèce prédominante dans la solution de détartant est l'acide lactique AH.	0,25	diagramme de prédominance accepté															
2.	Titration de l'acide lactique dans un détartant																	
2.1.	La verrerie de précision à utiliser pour réaliser la dilution est la pipette jaugée et la fiole jaugée : on peut donc écarter les lots A et D. Le facteur de dilution étant de 10, il faut que $\frac{V_{fiole}}{V_{pipette}} = 10$: on écarte le lot B. Il faut donc choisir le lot C.	0,25 0,25																
2.2.1.	$AH(aq) + HO^-(aq) = A^-(aq) + H_2O(l)$ La flèche est acceptée.	0,25	L'état physique n'est pas exigé															
2.2.2.	$V_E = 14,4$ mL Un tracé graphique est attendu. Méthode des deux tangentes acceptée.	0,25	Accepter $14,3 \leq V_E \leq 14,5$															
2.2.3.	À l'équivalence les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques donc $n(AH \text{ dosé}) = n(HO^- \text{ versé équivalence})$ $c_d \cdot V_A = c_B \cdot V_E$ $c_d = \frac{c_B \cdot V_E}{V_A} = \frac{0,20 \times 14,4}{5,0} = 0,58 \text{ mol.L}^{-1}$	0,5	0,25 pour la formule de c _D justifiée et 0,25 application numérique Accepter 0,57															
2.2.4.	$c = 10 \cdot c_d = 5,8 \text{ mol.L}^{-1}$	0,25																
2.2.5.	Il y a 5,8 mol d'acide lactique dans 1,00 L de détartant soit une masse de $5,8 \times 90,0 = 5,2 \times 10^2$ g	0,25																
2.2.6.	Or la masse de 1,00 L de détartant est de $1,13 \times 10^3$ g. Il y a donc $\frac{5,2 \times 10^2 \times 100}{1,13 \times 10^3} = 46$ g d'acide lactique dans 100 g de détartant soit un pourcentage massique de 46%. Le résultat est	0,25	Accepter 45 g si calcul avec 0,57 Tout raisonnement cohérent est accepté.															

	cohérent avec l'étiquette.		
3.	Action du détartrant sur le tartre		
3.1.	$x = n(\text{CO}_2) = \frac{p(\text{CO}_2) \cdot V_g}{R \cdot T}$	0,25	Accepter toute notation proposée par l'élève, relative au volume.
3.2.	$x_f = \frac{155 \times 10^2 \times 310 \times 10^{-6}}{8,314 \times 298} = 1,94 \times 10^{-3} \text{ mol}$	0,25	
3.3.	Valeur compatible avec celle lue sur la courbe.	0,25	Une justification d'après le graphique est nécessaire.
3.4.	<u>Graphiquement</u> $t_{1/2} = 15 \text{ s}$	0,25	Accepter entre 12 et 16s.
3.5.	La vitesse volumique de réaction diminue au cours du temps. La vitesse est proportionnelle à $\frac{dx}{dt}$ qui représente le coefficient directeur de la tangente à la courbe $x = f(t)$; En traçant plusieurs tangentes, on observe que les coefficients directeurs sont de plus en plus faibles.	0,25 0,25	0,25 pour la réponse 0,25 pour la justification
3.6.	Le détartrage est plus rapide. (La température et la concentration initiale des réactifs sont des facteurs cinétiques).	0,25	Justification non demandée.

EXERCICE II. CHUTE VERTICALE D'UN BOULET (5,5 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1.	1. Modélisation par une chute libre		
1.1.1.	$x_1 = \frac{1}{2}g.(t^2)$; $x_2 = \frac{1}{2}g.(4t^2)$; $x_3 = \frac{1}{2}g.(9t^2)$.	0,25	
1.1.2.	$h_1 = x_1 - x_0 = \frac{1}{2}g.t^2$ $h_2 = x_2 - x_1 = \frac{1}{2}g.(4t^2) - \frac{1}{2}g.(t^2) = 3.h_1$ $h_3 = x_3 - x_2 = \frac{1}{2}g.(9t^2) - \frac{1}{2}g.(4t^2) = 5.h_1$	0,50	-0,25 par erreur 0,25 si les résultats ne sont pas exprimés en fonction de h_1 .
1.1.3.	On retrouve la suite décrite par Galilée : $h_2 = 3h_1$, $h_3 = 5h_1$ de multiples impairs de h_1 .	0,25	
1.2.1.	Pour Aristote, la durée est une fonction décroissante de la masse : expression (b). Pour Galilée, la durée ne dépend pas de la masse, c'est l'expression (c) qui convient.	0,25 0,25	Pas de justification attendue
1.2.2.	$H = \frac{1}{2}g.\Delta t^2 \Leftrightarrow \Delta t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 57}{9,8}} = 3,4 \text{ s}$ Sources d'erreur : mesure approximative de la durée ; de la hauteur de chute ; frottements négligés.	0,25 0,25	Calcul Accepter une des trois explications
2.	2. Chute réelle		
2.1.	Sur le boulet, s'exercent : le poids \vec{P} , la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ la force de frottement de l'air \vec{f} .		0,25 Pas d'échelle exigée Tout ou rien pour les 3 forces.
2.2.	$P = mg = \rho_{\text{fer}}.V.g$ et $\Pi = \rho_{\text{air}}.V.g$ $\frac{\Pi}{P} = \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{fer}}} = \frac{1,29}{7,87 \times 10^3} = 1,64 \cdot 10^{-4}$; la poussée d'Archimède étant très inférieure au poids, on peut la négliger.	0,25 0,25	Expressions comparaison
2.3.1.	Les forces qui s'appliquent au boulet sont : le poids $\vec{P} = m.\vec{g}$ et la force de frottement $\vec{f} = -\frac{1}{2}\pi.R^2.\rho_{\text{air}}.C.v^2.\vec{j}$ On applique la deuxième loi de Newton au boulet dans un référentiel terrestre supposé galiléen : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m.\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{f} = m.\vec{a} = m.\frac{d\vec{v}}{dt}$ Par projection sur l'axe [Ox] : $m.g - \frac{1}{2}\pi.R^2.\rho_{\text{air}}.C.v^2 = m.\frac{dv}{dt}$ Il vient alors : $\frac{dv}{dt} = g - \frac{1}{2m}.\pi.R^2.\rho_{\text{air}}.C.v^2$	0,25 0,25 0,25	2 ^{eme} loi de Newton projection Toute expression correcte de $\frac{dv}{dt}$

2.3.2.	<p>Quand la vitesse limite est atteinte, on peut écrire : $\frac{dv}{dt} = 0$</p> $0 = g - \frac{1}{2m} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \rho_{air} \cdot C \cdot v^2$ <p>Donc $v_\ell = \sqrt{\frac{2m \cdot g}{\pi \cdot R^2 \cdot C \cdot \rho_{air}}} = \sqrt{\frac{8\rho_{fer} \cdot R \cdot g}{3\rho_{air} \cdot C}}$</p>	0,25	
2.3.3.	<p>$[g] = L \cdot T^{-2}$; $[R] = L$; $[C] = 1$; $[\rho_{air}] = [\rho_{fer}]$</p> <p>On en déduit que $\left[\sqrt{\frac{8\rho_{fer} \cdot R \cdot g}{3\rho_{air} \cdot C}} \right] = \left(\frac{[\rho_{fer}] \cdot [R] \cdot [g]}{[\rho_{air}] \cdot [C]} \right)^{0,5} = \left(\frac{[R] \cdot [g]}{[C]} \right)^{0,5}$</p> $= (L \cdot L \cdot T^{-2})^{0,5} = (L^2 \cdot T^{-2})^{0,5} = L \cdot T^{-1}$ <p>cette expression est bien homogène à une vitesse.</p>	0,25	Accepter toute démarche cohérente y compris avec les unités
2.4.	$\frac{v_{2\ell}}{v_{1\ell}} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$ <p>Le boulet 2 a la vitesse limite la plus élevée car $R_2 > R_1$ ou utilisation de l'application numérique.</p>	0,25	
2.5.1.	<p>$R_1 < R_2$ donc $v_{11} < v_{21}$</p> <p>Courbe c : boulet B₁ ; Courbe b : boulet B₂</p> <p>Autre réponse : La courbe a est celle d'une chute libre, les courbes b et c sont celles des boulets.</p>	0,25	Toute justification cohérente est acceptée
2.5.2.	<p>Au sol, $x = 57$ m.</p> <p>le premier boulet (B₂) qui atteint le sol en premier à la date $t_{sol} = 3,427$s d'après la courbe (b')</p>	0,25	Accepter toute valeur entre 3,425s et 3,429s Identification de B2 non exigée
2.5.3.	<p>À la date $t_{sol} = 3,427$ s, la position du boulet B₁ est $x_1 = 56$ m.</p> <p>Le boulet B₁ a encore $57 - 56 = 1$ m à parcourir avant d'arriver au sol.</p> <p>Cette distance est largement plus importante que les deux doigts mentionnés par Galilée.</p>	0,25	Accepter toute valeur cohérente avec la question précédente. Toute réponse cohérente acceptée.

EXERCICE III. LE LMJ (LASER MÉGAJOULE) (4 points)

1. lasers et énergie reçue par la cible		
1.1. $\lambda_2 = \lambda_1/3 : \lambda_2 = 1050/3 = 350\text{nm}$	0,25	
$\lambda_1 : \text{IR} ; \lambda_2 \text{ UV}$	0,25	
1.2. $E_{\text{LMJ}} = 240E_{\text{laser}} = 240 \times 7,5 = 1,8\text{MJ}$ accord	0,25	
1.3. $P_{\text{LMJ}} = E_{\text{LMJ}}/\Delta t = 1,8 \cdot 10^6 / 5 \cdot 10^{-9} = 3,6 \cdot 10^{14}\text{W}$	0,25	
2. Réaction de fusion deutérium-tritium dans la cible		
2.1.1. Deutérium : 1 proton, 1 neutron Tritium : 1 proton, 2 neutrons Noyaux isotopes : Z identiques, A différents	0,25	
	0,25	Les 2 exigés
2.1.2. ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ Conservation du nombre de nucléons et de la charge ou lois de Soddy	0,25	Flèche exigée Tout ou rien
2.2.1. Pour les noyaux tels que $A < 50$ Ou de faibles valeurs de A	0,25	A < 75 accepté
2.2.2. L'énergie de liaison d'un noyau est l'énergie qu'il faut fournir au noyau pris au repos pour le briser et séparer ses différents nucléons. $E_\ell({}^A_Z\text{X}) = (Zm_p + (A-Z)m_n - m({}^A_Z\text{X}))c^2$	0,25	Tout ou rien
2.2.3. $m({}^A_Z\text{X}) = Zm_p + (A-Z)m_n - \frac{E_\ell({}^A_Z\text{X})}{c^2}$	0,25	
2.2.4. $m({}^2_1\text{H}) = m_p + m_n - \frac{E_\ell({}^2_1\text{H})}{c^2}$ $m({}^3_1\text{H}) = m_p + 2m_n - \frac{E_\ell({}^3_1\text{H})}{c^2}$ $m({}^4_2\text{He}) = 2m_p + 2m_n - \frac{E_\ell({}^4_2\text{He})}{c^2}$	0,25	
2.3.1. $ \Delta E = (m({}^2_1\text{H}) + m({}^3_1\text{H}) - m({}^4_2\text{He}) - m({}^1_0\text{n}))c^2$	0,25	accepter signe opposé si pas de valeur absolue
2.3.2. $ \Delta E = E_\ell({}^4_2\text{He}) - E_\ell({}^2_1\text{H}) - E_\ell({}^3_1\text{H}) $ $ \Delta E = 28,29 - 2,22 - 8,48 = 17,59\text{MeV}$	0,25 0,25	
3. Bilan énergétique dans la cible		
3.1. $N = \frac{m}{m({}^2_1\text{H}) + m({}^3_1\text{H})} = \frac{300 \times 10^{-9}}{(2,01355 + 3,01550)1,66054 \times 10^{-27}}$ $N = 3,59 \times 10^{19}$	0,25	Pour l'expression littérale
3.2. $E_{\text{tot}} = N \Delta E = 3,59 \times 10^{19} \times 17,59 = 6,32 \times 10^{20}\text{MeV} = 101\text{ MJ}$ (Énergie produite beaucoup plus importante)	0,25	Calcul seul accepté

EXERCICE III. Spécialité - CONCERT DE VIOLONS (4 points)

Retirer une seule fois, pour tout l'exercice, 0,25 point si le nombre de chiffres significatifs n'est pas respecté.

	Réponses	Barème	Commentaires
1.1.	La caractéristique différenciant les sons émis par les deux émetteurs sonores est le timbre.	0,25	
1.2.	f_1 : fréquence fondamentale	0,25	
1.3.	$f_2 = 2.f_1 = 880$ Hz ; $f_3 = 3.f_1 = 1320$ Hz.	0,25	Tout ou rien
2.1.1.	Pour 2 périodes, on relève : $\Delta t = 100$ ms soit pour 1 période $T_{batt} = 50$ ms	0,25	
	Soit $f_{batt} = 1/T_{batt} = 20$ Hz qui est identique à $(f_b - f_a)/2 = (460-420)/2 = 20$ Hz	0,25	
2.1.2.	Quand les battements cessent, les deux violons sont accordés.	0,25	Accepter $f_{batt} = 0$
2.2.1.	$2L = \lambda$	0,25	
2.2.2.	$v = \lambda \times f_0 = 2L \times f_0$	0,25	
2.2.3.	$\left[\sqrt{\frac{F}{\mu}} \right] = \left[\frac{MLT^{-2}}{ML^{-1}} \right]^{1/2} = [L^2T^{-2}]^{1/2} = [LT^{-1}]$ soit homogène à une vitesse	0,25	Accepter les unités
2.2.4.	$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = 2L.f_0 \Leftrightarrow f_0 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$	0,25	
2.2.5.	Pour diminuer la fréquence de 460 à 440 Hz, il faut, d'après la formule précédente, diminuer la tension.	0,25	Accepter également l'augmentation de L et μ .
2.3.1.	Pour $I_1 = 1,0 \times 10^{-12}$: $L_1 = 10 \times \log 1 = 0$ dB	0,25	
2.3.2.	$L_{10} = 10 \times \log \left(\frac{10 \cdot I_1}{I_0} \right) = 10 \times \log 10 + L_1 = 10 + 70 = 80$ dB	0,25	
2.3.3.	Cette intensité sonore correspond à un niveau sonore de 110 dB. L'intensité augmentant de 10 dB quand le nombre de violons est multiplié par 10, il faut 10 000 violons, ce qui est impossible à réunir sur une scène.	0,25	Toute autre méthode de calcul est acceptée.
3.1.	$\frac{A_{i+1}}{A_i} = \left[\frac{f_{i+1}}{f_i} \right]^{12} = 2$ car il y a douze demi-tons. On a alors $\frac{f_{i+1}}{f_i} = 2^{\frac{1}{12}}$	0,25	
3.2.	La note si3 est située deux demi-tons au dessus de la note la3, cela signifie que $\frac{f_{si_3}}{f_{la_3}} = 2^{\frac{1}{12}} \times 2^{\frac{1}{12}} = 2^{\frac{1}{6}}$. On a donc $f_{si_3} = f_{la_3} \times 2^{\frac{1}{6}} = 440 \times 2^{\frac{1}{6}} = 494$ Hz	0,25	