

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE - CHIMIE**Série S**

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 6

OBLIGATOIRE

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré.

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

- I – Le chrome sous différentes formes
- II – Le saut à l'élastique
- III – Le Laser Mégajoule

EXERCICE 1 : Le chrome sous différentes formes (7 points)

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

L'élément chrome peut présenter divers états d'oxydation, les principaux étant Cr (0), Cr (III) et Cr (VI).

Le chrome métallique (0) est utilisé en métallurgie pour améliorer la résistance à la corrosion et à l'usure des métaux et alliages.

Le chrome (III) est un oligo-élément participant à la métabolisation du glucose.

Le chrome (VI), hautement toxique et cancérigène, est un pigment pour les peintures.

Selon l'état du chrome, il existe différents procédés pour produire, étudier et utiliser celui-ci.

Données :

Couples oxydant/réducteur mis en jeu : $H_{(aq)}^+ / H_{2(g)}$ et $CrO_4^{2-}{}_{(aq)} / Cr_{(s)}$

Charge d'une mole d'électrons (Faraday) : $F = 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse molaire atomique du chrome: $M(\text{Cr}) = 52 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

pKa à 25 °C des couples acido-basiques mis en jeu :

$pK_{a1}(\text{HCrO}_4^-{}_{(aq)} / \text{CrO}_4^{2-}{}_{(aq)}) = 6,4$; $pK_{a2}(\text{H}_3\text{O}^+{}_{(aq)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)}) = 0$;

$pK_{a3}(\text{H}_2\text{O}_{(l)} / \text{HO}^-{}_{(aq)}) = 14$

1. Préparation d'une solution contenant des ions chromate.

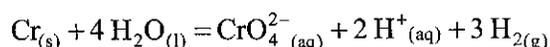
L'ion chromate CrO_4^{2-} est toxique, mais nécessaire pour le tannage industriel des cuirs par exemple, notamment pour la fabrication des gants de protection. Il peut être synthétisé par la voie électrolytique décrite ci-dessous.

L'une des électrodes utilisées est constituée de chrome métallique, celui-ci est transformé en ion chromate lorsqu'un courant électrique circule dans l'électrolyseur (le bain électrolytique se colore en jaune). L'autre électrode est inerte. Dans son proche voisinage, on observe un dégagement gazeux de dihydrogène obtenu par réduction des ions H^+ contenus dans le bain électrolytique.

1.1 Écrire les équations des réactions aux électrodes. Indiquer sur quelle électrode a lieu l'oxydation.

1.2 Faire un schéma légendé du circuit électrique comportant l'électrolyseur et indiquer sur celui-ci : *anode, cathode, sens de déplacement des électrons, sens du courant électrique, générateur idéal de tension, voltmètre, ampèremètre et chrome métallique.*

1.3 Montrer que l'équation de la réaction modélisant l'électrolyse, s'écrit :



1.4 Comment identifier expérimentalement le dihydrogène qui se dégage ?

1.5 Un courant électrique d'intensité $I = 4,0 \text{ A}$ circule à travers le circuit, pendant une durée $\Delta t = 2,5$ heures. Calculer la concentration molaire en ions chromate de la solution S_1 ainsi obtenue dans la cellule d'électrolyse sachant que celle-ci a un volume $V = 500 \text{ mL}$.

2. Détermination de la concentration molaire en ions chromate dans la solution préparée.

À un volume $V_1 = 10,0$ mL de la solution S_1 préparée par électrolyse, on ajoute un volume $V_a = 15,0$ mL d'une solution aqueuse S_a d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $c_a = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

2.1 Calculer la quantité de matière n_a d'ions H_3O^+ introduits.

2.2 Quelle est la nature de la transformation chimique mise en jeu lors du mélange des solutions S_1 et S_a ? Ecrire l'équation de la réaction et calculer la valeur de sa constante d'équilibre à 25°C . Conclure.

2.3 Les ions H_3O^+ sont introduits en excès par rapport aux ions chromate. La quantité de matière en excès, notée n_a^{ex} , est dosée par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $c_b = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Écrire l'équation de la réaction support du dosage.

2.4 La courbe de l'annexe n° 1 représente le suivi pH-métrique du titrage. Déterminer le volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence, en faisant apparaître la construction nécessaire.

L'annexe n° 1 question 2.4 est à rendre avec votre copie.

En déduire la valeur de n_a^{ex} .

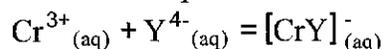
2.5 Si on note n_1 la quantité de matière en ions chromate contenue dans le volume V_1 de la solution S_1 , alors $n_1 = n_a - n_a^{\text{ex}}$. Calculer n_1 et en déduire la concentration molaire $[\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})]$ de la solution S_1 préparée par électrolyse.

2.6 Confronter les valeurs des concentrations molaires en chromate $[\text{CrO}_4^{2-}(\text{aq})]$ obtenues par le titrage et par le bilan d'électrolyse effectué à la question 1.5. Conclure.

3. Suivi cinétique de la formation d'un ion complexe de chrome III

L'ion chrome III réagit, en milieu acide, avec l'E.D.T.A (noté dans la suite, pour simplifier l'écriture, Y^{4-} , Y représentant un groupe d'atomes) pour former un ion complexe coloré. L'évolution temporelle de cette transformation, nommée complexation, peut donc être réalisée par spectrophotométrie.

L'équation de la réaction associée à cette complexation s'écrit :



Pour réaliser cette transformation, on mélange un volume $V_1 = 76,0$ mL d'une solution aqueuse d'ions Y^{4-} de concentration molaire $c_1 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ avec un volume $V_2 = 4,0$ mL d'une solution aqueuse d'ions Cr^{3+} de concentration molaire $c_2 = 6,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On mesure, à différentes dates t , l'absorbance A d'un échantillon de la solution préparée. L'absorbance de la solution est mesurée à une longueur d'onde $\lambda = 540 \text{ nm}$. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

t en min	0	15	20	25	30	35	40	∞
A	0,033	0,100	0,120	0,140	0,160	0,175	0,190	0,620

- 3.1 Calculer à la date $t = 0 \text{ min}$, la quantité de matière n_1^0 d'ions Y^{4-} et la quantité de matière n_2^0 d'ions Cr^{3+} , introduites dans le mélange.
- 3.2 Montrer que la quantité de matière n_2 d'ions Cr^{3+} et l'avancement x de la réaction sont liés par la relation $n_2 = n_2^0 - x$.
- 3.3 Calculer numériquement l'avancement maximal x_{\max} de la complexation.
- 3.4 On peut montrer et on admet que $n_2 = n_2^0 \cdot \left(\frac{A_t - A_\infty}{A_0 - A_\infty} \right)$ où A_0 , A_t et A_∞ sont respectivement les absorbances de la solution à la date $t = 0 \text{ min}$, à la date t et à la date $t = \infty$. Exprimer l'avancement x en fonction de n_2^0 , A_0 , A_t et A_∞ , puis **compléter le tableau fourni en annexe n° 2, à rendre avec votre copie.**
- 3.5 Tracer le graphique $x = f(t)$ pour $t \leq 40 \text{ min}$ **sur une feuille de papier millimétré, à rendre avec votre copie.**
- Échelle des abscisses : 1 cm représente 5 min
Échelle des ordonnées : 1 cm représente 10 μmol .
- 3.6 Rappeler la définition de la vitesse volumique de réaction. Comment évolue-t-elle dans l'intervalle $0 \text{ min} < t < 30 \text{ min}$?

EXERCICE 2 : Le saut à l'élastique (5 points)

« **Rite initiatique ancestral** pratiqué sur l'île de la Pentecôte, dans l'archipel de Vanuatu au cœur du Pacifique, le saut dans le vide avec les chevilles attachées est devenu un sport extrême. »

D'après <http://www.saut-elastique.com>

A l'origine, les jeunes gens sautaient du haut d'une tour seulement retenus par une liane. De nos jours, les amateurs de sensations fortes plongent, souvent du haut d'un pont, équipés d'un « élastique » en latex ; un « élastique » est en réalité constitué d'un assemblage de 1000 à 2000 fils ronds en latex extrudé.

L'observation d'un saut peut conduire à se poser quelques questions : Quelle est la vitesse du sauteur quand l'élastique le rappelle la première fois ? Pendant combien de temps, le sauteur oscille-t-il ? etc.

Des mesures expérimentales peuvent, certes, y répondre mais l'utilisation d'un modèle peut aussi permettre de prévoir les réponses. C'est modestement ce que propose cet exercice...

1. Première phase du saut à l'élastique. Un peu d'adrénaline...

Considérons la première phase d'un saut à l'élastique, lorsque un sauteur et son équipement, de masse $m = 84,0 \text{ kg}$, se laisse tomber sans vitesse initiale d'un pont dont le plateau se trouve à une hauteur $h = 270 \text{ m}$ du sol.

On peut considérer que le volume du sauteur et de son équipement est : $V = 0,25 \text{ m}^3$. Par ailleurs l'ensemble des actions exercées par l'air, outre la poussée d'Archimède, sur le sauteur peut être modélisé par une force de frottement dont la valeur f est proportionnelle au carré de la vitesse acquise : $f = \mu \cdot v^2$ où $\mu = 0,78$ unité SI.

Données :

Masse volumique de l'air : $\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$

Accélération de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

- 1.1 Montrer qu'il est légitime de ne pas prendre en compte la poussée d'Archimède, en comparant sa valeur à celle du poids du système S, constitué par le sauteur et son équipement. **On négligera donc cette poussée dans tout ce qui suit.**
- 1.2 A partir d'une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité avec laquelle s'exprime la constante μ , dans le Système International.
- 1.3 Écrire, dans le référentiel terrestre supposé galiléen, la seconde loi de Newton appliquée au système S.
- 1.4 Que devient cette relation vectorielle projetée sur un axe vertical Ox orienté vers le bas ?
- 1.5 En déduire l'équation différentielle vérifiée par la vitesse $v_x(t)$ au cours de cette première chute et vérifier qu'elle est de la forme : $\frac{dv_x(t)}{dt} + B \cdot v_x^2(t) = A$ où A et B sont deux constantes.
- 1.6 Avec quelles unités s'expriment A et B ? Déterminer A et B en fonction des données et vérifier que $B = 9,3 \cdot 10^{-3}$ unité SI.

1.7 En déduire l'expression de la vitesse limite v_{lim} (en fonction de m , g et μ), puis calculer sa valeur .

1.8 La résolution de l'équation différentielle établie précédemment est obtenue par la méthode numérique itérative d'Euler. Un extrait de la feuille de calcul est représenté ci-dessous.

Date t (s)	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	...
Vitesse v_x ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0,00	1,96	3,92	5,85		9,60	11,4	...

1.8.1 Quel est le pas Δt utilisé pour effectuer les calculs de $v_x(t)$?

1.8.2 La méthode d'Euler permet de prévoir, par le calcul, l'évolution de la composante v_x de la vitesse du système S au cours du temps. La détermination de $v_x(t_{i+1})$ est possible si celle de $v_x(t_i)$ est connue en appliquant la relation

$$v_x(t_{i+1}) = v_x(t_i) + \left[\frac{dv_x(t)}{dt} \right]_{t=t_i} \cdot \Delta t$$

Déterminer par le calcul, la vitesse $v_x(t = 0,80 \text{ s})$ absente du tableau.

2. Deuxième phase du saut à l'élastique.

A partir de la date $t = 5,0 \text{ s}$, le sauteur remonte sous l'action de l'élastique puis oscille verticalement pendant 40 s, effectuant 4 allers et retours.

2.1 Comment qualifie-t-on de telles oscillations ? Justifier. Calculer le temps caractéristique T associé aux oscillations et le nommer.

2.2 Si on assimile l'élastique à un ressort de raideur k relié à une masse m , quelle est l'expression de la période propre T_0 des oscillations libres ?

2.3 Calculer la valeur de T_0 et interpréter la différence observée entre les valeurs de T et T_0 .

Donnée : $k = 38,0 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

EXERCICE 3 : Le Laser Mégajoule (4 points)

« Dans une cavité en or de quelques millimètres de long, on place une micro-bille contenant quelques dixièmes de milligrammes d'atomes de la famille de l'hydrogène : 0,40 mg de deutérium et une masse M de tritium. Les faisceaux laser de longueur d'onde λ égale à 351 nm convergent dans la cavité en émettant une énergie de 1,8 MJ et sont absorbés par les parois qui jouent le rôle d'un four. Dans la micro-bille, de la taille d'un grain de riz, la température et la pression augmentent jusqu'à atteindre les conditions pour la fusion. A ce stade, la matière est un mélange d'atomes, d'ions et d'électrons. Grâce à l'intense agitation thermique au centre de la micro-bille, les noyaux de même charge électrique de deutérium et de tritium, qui naturellement se repoussent, viennent en contact et se combinent dans un temps très court pour former un noyau d'hélium en libérant un neutron. En se produisant simultanément un grand nombre de fois, cette réaction libère un fort dégagement d'énergie. »

d'après <http://aquitaine.unicnam.net/spip.php?article13>

Données :

Noyaux	Neutron	Electron	Deutérium	Tritium	Hélium
Symbole	${}_0^1\text{n}$	${}_{-1}^0\text{e}$	${}_1^2\text{H}$	${}_1^3\text{H}$	${}_2^4\text{He}$
Masse en u	1,00866	0,00055	2,01355	3,01355	4,00150

Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,660 54 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Électron – volt : $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Questions générales sur la radioactivité

3.1 Donner la nature de l'interaction dont il est question dans l'extrait suivant : «...les noyaux de même charge électrique de deutérium et de tritium, qui naturellement se repoussent...».

3.2 Rappeler la nature de l'interaction assurant la cohésion du noyau.

3.3 Le tritium et le deutérium sont des noyaux radioactifs.

3.3.1 Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

3.3.2 Donner la composition des noyaux de deutérium et de tritium. Comment nomme-t-on de tels noyaux ?

3.3.3 Le noyau de tritium est radioactif β^- . Écrire l'équation de sa désintégration en rappelant les lois de conservation utilisées.

3.4 Le noyau de tritium a une demie-vie $t_{1/2} = 12$ ans.

Une source contient $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ noyaux de tritium à la date $t = 0$.
Combien en contient-elle à la date $t = 6$ ans ?

3.5 A quel domaine des ondes électromagnétiques, la radiation émise par les lasers utilisés appartient-elle ?

3.6 Exprimer puis calculer la différence d'énergie ΔE de la transition à l'origine du rayonnement laser en fonction de h , c et la longueur d'onde λ .

Étude de la réaction de fusion

3.7 Écrire l'équation de la réaction de fusion mise en œuvre dans la micro-bille du laser Mégajoule.

3.8 Quelle masse M de tritium doit-on mettre dans la micro bille pour que les 0,40 mg de deutérium soient totalement consommés lors de la réaction de fusion ?

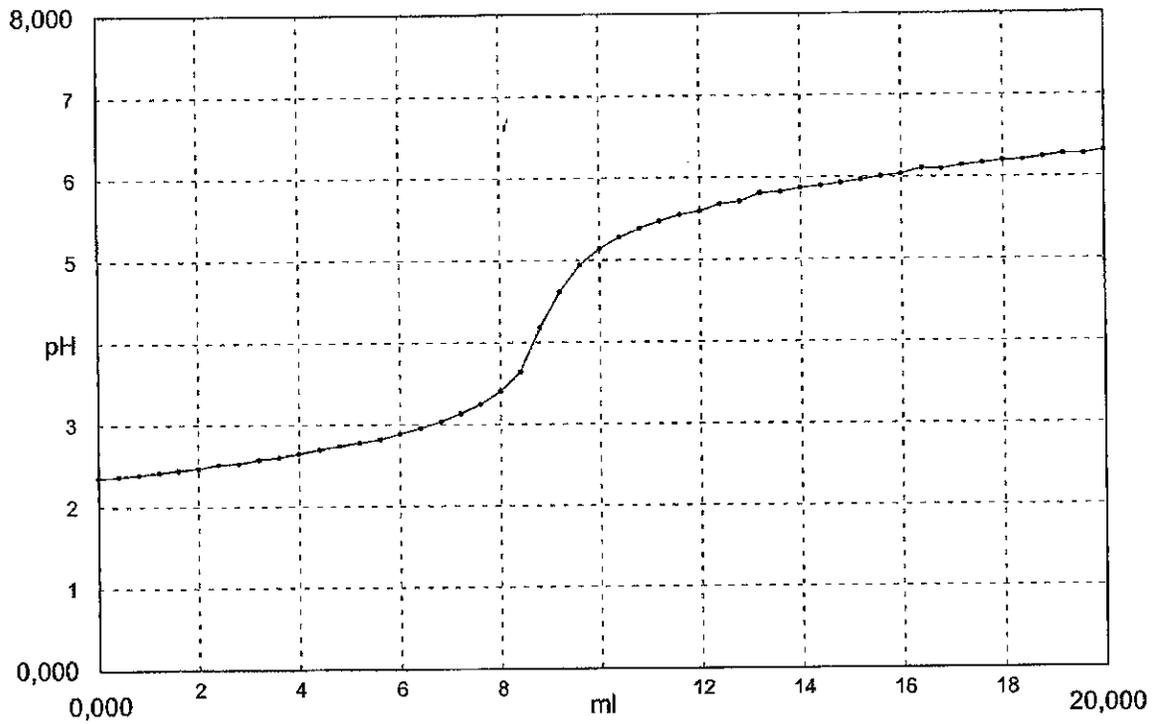
3.9 Exprimer l'énergie libérée par cette fusion en fonction des masses des noyaux et des particules mis en jeu. Calculer cette énergie en joule et en mégaélectronvolt (MeV).

3.10 Dans le cas du Laser Mégajoule, calculer, en joule, l'énergie libérée pour la réaction de fusion impliquant 0,40 mg de deutérium.

3.11 En tenant compte de l'énergie nécessaire au déclenchement de la fusion, justifier l'intérêt du procédé décrit dans le texte introductif.

Document réponse à rendre avec votre copie

EXERCICE 1 : Le chrome sous différentes formes

Annexe n°1 : Question 2.4Annexe n°2 : Question 3.4

t en min	0	15	20	25	30	35	40	∞
x en μmol								

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

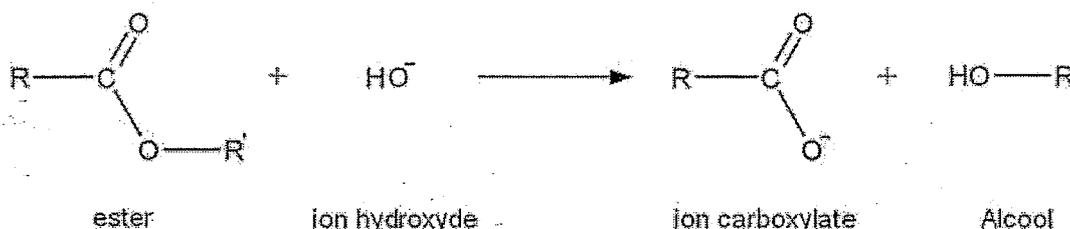
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11

Les feuilles d'annexes (pages 10/11 et 11/11)
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE

EXERCICE I : HYDROLYSES DES ESTERS (6,5 points)

L'hydrolyse d'un ester conduit à un état d'équilibre chimique pour lequel coexistent un acide carboxylique, un alcool, l'ester et de l'eau.

Lors d'une hydrolyse basique, le réactif utilisé est une solution aqueuse contenant des ions hydroxyde (solution d'hydroxyde de sodium par exemple). L'équation générale d'une réaction d'hydrolyse basique est la suivante :



L'ion carboxylate, contrairement à l'acide carboxylique formé lors de l'hydrolyse avec l'eau, est sans effet sur l'alcool de sorte que la réaction inverse d'estérification n'a pas lieu.

Une application de l'hydrolyse basique est l'obtention de savons. En effet, les réactions de saponification ne sont autres que des réactions d'hydrolyse basique à partir de corps gras qui sont des triesters du glycérol.

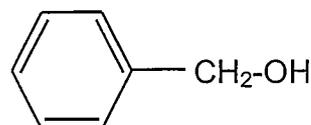
Les savons, obtenus par précipitation de l'ion carboxylate formé, sont des carboxylate de sodium ou de potassium. Ces derniers composés sont moins solubles dans l'eau salée que dans l'eau.

L'objectif de l'exercice est d'étudier les propriétés de ces différentes réactions.

L'éthanoate de benzyle $\text{CH}_3\text{-CO}_2\text{-CH}_2\text{-C}_6\text{H}_5$ est un ester très parfumé extrait du jasmin. On recueille un échantillon presque pur qu'on fractionne en deux parties égales.

Données :

- formule semi-développée de l'alcool benzylique :



- masse molaire de l'éthanoate de benzyle : $150 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. Hydrolyse d'un ester

La première moitié de l'échantillon précédent est introduite dans un ballon avec une quantité de matière égale d'eau et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Ce ballon, équipé d'un chauffage à reflux, est placé au bain marie. La constante d'équilibre K de la réaction d'hydrolyse qui se produit est égale à 0,25.

- 1.1. Étude de la réaction d'hydrolyse.
 - 1.1.1. Écrire, en utilisant les formules semi développées, l'équation de la réaction. Nommer les produits formés.
 - 1.1.2. Donner deux caractéristiques de cette réaction.
- 1.2. Étude du montage.
 - 1.2.1. Schématiser le montage utilisé. Quel est l'intérêt de ce montage ?
 - 1.2.2. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?
- 1.3. On note n_0 les quantités de matière initiales de réactifs et x_f l'avancement de la réaction dans l'état final.
 - 1.3.1. Compléter littéralement le tableau d'avancement en **annexe I à rendre avec la copie**.
 - 1.3.2. Définir le taux d'avancement τ de la réaction.
 - 1.3.3. Donner l'expression de la constante d'équilibre K . Montrer que
$$K = \frac{\tau^2}{(1-\tau)^2}$$
 - 1.3.4. Vérifier que le rendement de la réaction est pratiquement égal à 33 %.
- 1.4. Comment évolue le rendement de la réaction lorsqu'on extrait l'alcool du milieu réactionnel ?

2. Hydrolyse basique d'un ester

*On fait réagir la deuxième moitié de l'échantillon précédent avec une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium en excès. Le volume V du mélange réactionnel obtenu est égal à 200 mL. Par dosage de prélèvements successifs de 20,0 mL, on détermine la quantité de matière d'ions hydroxyde restants $n(\text{HO}^-)_{\text{restant}}$ à différentes dates ainsi que l'avancement x de la réaction d'hydrolyse basique. Les résultats sont consignés dans le tableau de l'**annexe I à rendre avec la copie**.*

- 2.1. En exploitant le texte, donner l'intérêt d'une hydrolyse en milieu basique.
- 2.2. Avancement de la réaction :
 - 2.2.1. En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, écrire la relation entre $n(\text{HO}^-)_{\text{restant}}$ et l'avancement x de la réaction à la date t .
 - 2.2.2. En déduire les valeurs manquantes de x du tableau de l'**annexe I à rendre avec la copie**, aux dates $t = 4$ min et 6 min.
 - 2.2.3. Sachant que la masse d'éthanoate de benzyle utilisée pour le mélange réactionnel de volume $V = 200$ mL, est égale à 10,0 g, déterminer la valeur finale de l'avancement, notée x_f .
- 2.3. Étude cinétique de la réaction :
 - 2.3.1. Définir et déterminer le temps de demi-réaction à partir du **graphique de l'annexe I à rendre avec la copie**.
 - 2.3.2. Comment varie la vitesse de réaction au cours du temps ? Pourquoi ?

2.3.3. Représenter sur le graphique l'allure de la courbe que l'on obtiendrait en chauffant le mélange réactionnel.

3. Obtention d'un savon

Pour obtenir un savon, on réalise à chaud l'hydrolyse basique du tributyrate de glycéryle ou butyrine avec une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium. Pour récupérer le savon, on effectue une opération appelée relargage. On notera RCOOH l'acide butyrique.

3.1. Écrire la formule semi développée du glycérol (propan1, 2, 3-triol) ainsi que celle du tributyrate de glycéryle.

3.2. Quel est l'intérêt de l'opération de relargage, qui consiste à ajouter de l'eau salée dans le milieu réactionnel ?

EXERCICE II : MATIÈRE ET ANTIMATIÈRE (5,5 points)
--

Où est passée l'antimatière ?

«Il est communément admis par les scientifiques que, juste après le Big Bang, l'énorme quantité d'énergie disponible dans notre Univers naissant s'est transformée en des quantités égales de matière et d'antimatière.

Particules et antiparticules étant de même masse mais de charges opposées auraient dû tout naturellement s'annihiler les unes aux autres, débouchant sur un univers rempli de rayonnement mais vide de matière.

Manifestement, l'Univers dans lequel nous vivons aujourd'hui est constitué de matière et aucun atome d'antimatière à l'état naturel n'a pu être découvert. Les antiparticules ne sont produites que lors d'interactions de particules cosmiques avec l'atmosphère terrestre. C'est ainsi qu'en 1933 ont été découverts les premiers positons (anti électrons de charge positive). La disparition de l'antimatière dans l'univers est donc une énigme (...). »

D'après Science revue n°36 nov/dec/janv 2009

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. L'antimatière au voisinage de la terre

Les éruptions solaires peuvent créer des paires électron-positon. Celle de juillet 2002 a créé un demi-kilogramme d'antimatière, assez pour couvrir la consommation d'énergie d'un grand pays pendant plusieurs jours.

Données :

Particules	électron	positon	neutron	proton
Masse en kg	$9,109 \times 10^{-31}$	$9,109 \times 10^{-31}$	$1,674\ 92 \times 10^{-27}$	$1,672\ 62 \times 10^{-27}$

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$

1.1. Exploitation du texte :

1.1.1. Einstein a proposé une relation : $E = m.c^2$. Nommer et donner l'unité des grandeurs apparaissant dans cette relation.

1.1.2. En s'appuyant sur cette relation, commenter la phrase en gras dans le texte.

1.2. Énergie créée lors de l'éruption solaire de juillet 2002 :

- 1.2.1. Écrire l'équation de la réaction nucléaire entre un électron et un positon sachant que cette réaction produit deux photons γ de masse nulle.
- 1.2.2. Calculer l'énergie libérée par la réaction entre un positon et un électron.
- 1.2.3. En déduire l'énergie créée lors de l'éruption solaire de juillet 2002 et la comparer à la consommation journalière moyenne d'énergie électrique française égale à 1200 GWh en 2006.

2. La création d'éléments radioactifs artificiels.

L'étude des réactions nucléaires réalisées en bombardant des éléments légers comme l'aluminium par des rayons alpha va conduire Irène et Frédéric Joliot-Curie à observer, au cours de ces réactions, l'émission de neutrons et de positons accompagnant la création d'un élément X qu'ils n'identifient pas tout d'abord.

Ils constatent ensuite que les neutrons et les positons ne sont pas émis simultanément et que la réaction observée se produit en deux temps. Les particules alpha éjectent d'abord des neutrons hors de l'élément léger. Dans le cas de l'aluminium, des noyaux de phosphore 30 (élément X) sont créés suivant l'équation :



Ensuite le phosphore 30 qui est radioactif se désintègre en émettant un positon et en se transformant en silicium 30 (réaction 2).

D'après le site radioactivité.com

Données :

^{12}Mg	^{13}Al	^{14}Si	^{15}P	^{16}S
------------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------

Noyaux et particules	phosphore 30	aluminium 27	particule alpha	neutron
Masse en u	29,970 1	26,974 4	4,001 50	1,008 66

- unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,660 43 \times 10^{-27} \text{ kg}$

- énergie de l'unité de masse atomique :

1 u correspond à une énergie de 931,5 MeV

2.1. Étude de la réaction 1 :

2.1.1. Qu'appelle-t-on " particule alpha " ?

2.1.2. En appliquant les lois de conservation, écrire l'équation de la réaction 1 en utilisant les symboles des noyaux et particules mis en jeu.

2.1.3. Donner l'expression de la variation d'énergie lors de la réaction (1).

2.1.4. Calculer sa valeur en MeV. Cette réaction provoque-t-elle une perte de masse ou un gain de masse ?

2.2. Étude de la réaction 2 :

- 2.2.1. En appliquant les lois de conservation, écrire l'équation de désintégration du phosphore 30 (réaction 2). De quel type de désintégration s'agit-il ?
- 2.2.2. Cette réaction est-elle spontanée ou provoquée ? Justifier sans calcul si cette réaction provoque une perte ou un gain de masse.

3. Décroissance radioactive du phosphore.

À la date $t_0 = 0$, on arrête le bombardement des noyaux d'aluminium par les particules alpha. L'activité A_0 de l'échantillon de phosphore 30 est alors égale à $7,2 \times 10^{13}$ Bq.

À la date t_1 , l'activité A_1 de l'échantillon est égale à $9,0 \times 10^{12}$ Bq.

À un instant t , l'activité est notée $A(t)$.

Donnée : temps de demi-vie du phosphore 30, $t_{1/2} = 156$ s.

- 3.1. Définir l'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif puis donner l'expression de la loi de décroissance radioactive pour l'activité, en expliquant la signification de chaque terme.
- 3.2. Définir le temps de demi-vie $t_{1/2}$ et montrer que : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$, λ étant la constante de désintégration.
- 3.3. Exprimer t_1 en fonction de A_0 , A_1 et $t_{1/2}$ et calculer sa valeur.
- 3.4. Montrer que l'on aurait pu trouver ce résultat facilement en calculant le rapport de A_0 sur A_1 .

EXERCICE III : CONSTANTE DE RAIDEUR D'UN RESSORT (4 points)
--

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on souhaite étudier les caractéristiques d'un pendule élastique.

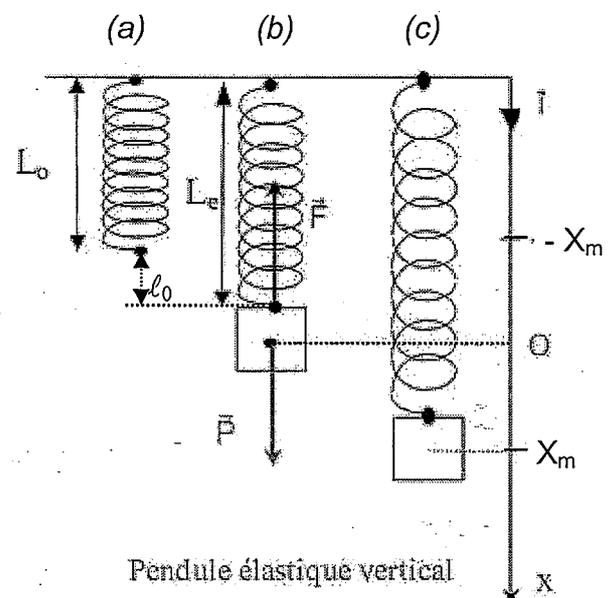
Pour cela, on dispose d'un pendule élastique vertical constitué d'un ressort, de masse négligeable et de constante de raideur k , auquel on accroche un solide de masse m .

Le ressort s'allonge alors de la longueur ℓ_0 : une position d'équilibre est atteinte.

À partir de cette position d'équilibre, on étire le ressort verticalement puis on le lâche. Le système effectue alors des oscillations libres de part et d'autre de sa position d'équilibre avec une amplitude X_m et une pseudo-période T .

Le schéma ci-dessous représente le dispositif :

- (a) Ressort à vide (longueur L_0)
 (b) Ressort à l'équilibre : phase statique (longueur L_e)
 (c) Ressort en oscillation : phase dynamique



La position du centre d'inertie du solide est repérée par son abscisse x dans le repère (O, \vec{i}) .

Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$

1. Étude statique

On mesure l'allongement ℓ_0 du ressort pour différentes valeurs de masse m . Les résultats expérimentaux sont rassemblés dans le tableau suivant :

Masse m (10^{-3} kg)	20	40	60	80	100
Allongement ℓ_0 (10^{-2} m)	4,0	8,1	12,2	16,2	20,2

1.1. Exprimer l'allongement ℓ_0 en fonction de L_0 et L_e .

1.2. Établir, en justifiant, la relation entre m , g , k et ℓ_0 à l'équilibre.

1.3. En utilisant le graphique figure 1 de l'annexe II à rendre avec la copie, déterminer la valeur de la constante de raideur k du ressort.

2. Étude dynamique

Pour les mêmes valeurs de masse m que dans la partie 1, on mesure avec un chronomètre la durée de dix oscillations. Les résultats expérimentaux sont donnés dans le tableau suivant :

Masse m (10^{-3} kg)	20	40	60	80	100
Durée de dix oscillations (s)	4,06	5,75	6,95	8,03	8,96

2.1. Pour un oscillateur non amorti, l'équation différentielle vérifiée par l'abscisse x du centre d'inertie du solide S s'écrit : $m \frac{d^2x}{dt^2} + k.x = 0$.

Dans le cas présent, la solution de cette équation est : $x = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0}\right)$.

2.1.1. Que représente T_0 ?

2.1.2. Montrer que : $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

2.2. En réalité, l'amplitude du mouvement ne reste pas constante. Le mouvement est alors qualifié de pseudo-périodique.

2.2.1. Comment évolue l'amplitude du mouvement au cours du temps ? Comment le justifier ?

2.2.2. À quelle condition, la pseudo-période T est-elle très proche de T_0 ?

Dans la suite de l'exercice, on considérera que cette condition est vérifiée.

2.2.3. Comment procéder pour que la mesure de T soit la plus précise possible ?

2.2.4. Choisir l'une des représentations fournies sur la figure 2 de l'**annexe II** à rendre avec la copie pour déterminer la valeur de k puis la calculer.

ANNEXE I À RENDRE AVEC LA COPIE

1. Hydrolyse d'un ester

Question 1.3.1

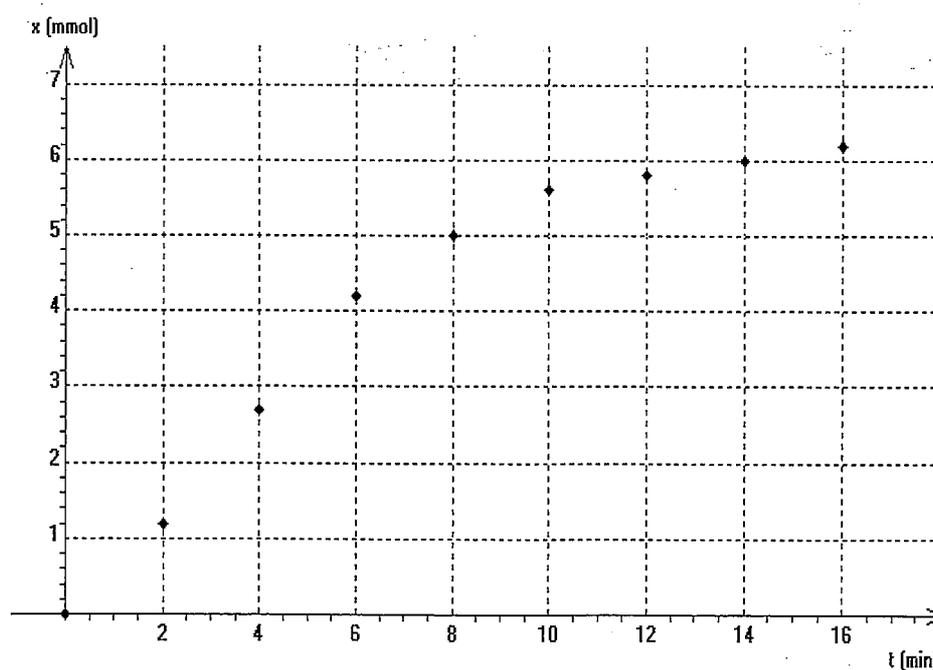
équation chimique		Ester	+	H ₂ O	=		+	
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)						
État initial	0							
État intermédiaire	x							
État final	x _f							

2. Hydrolyse basique d'un ester

Question 2.2.2

date t (min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
n(HO ⁻) _{restant} (10 ⁻³ mol)	10	8,8	7,3	5,8	5,0	4,4	4,2	4,0	3,8
x (10 ⁻³ mol)	0	1,2			5,0	5,6	5,8	6,0	6,2

Question 2.3.1



ANNEXE II À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice III :
constante de raideur du ressort
1. Étude statique
question 1.3

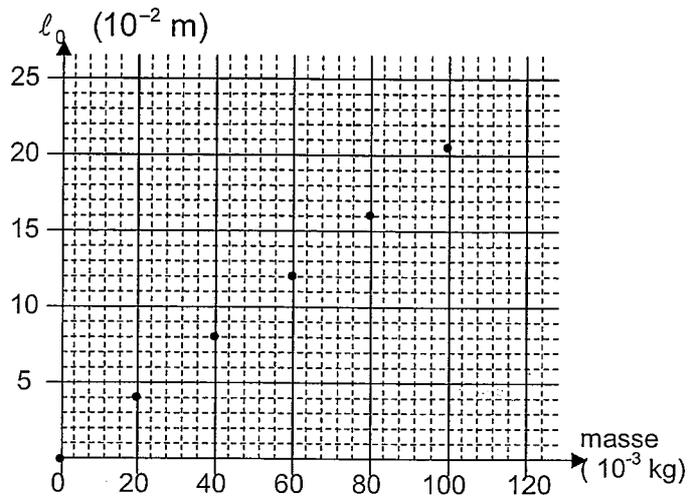


figure 1

Exercice III :
constante de raideur du ressort
2. Étude dynamique
question 2.2.4

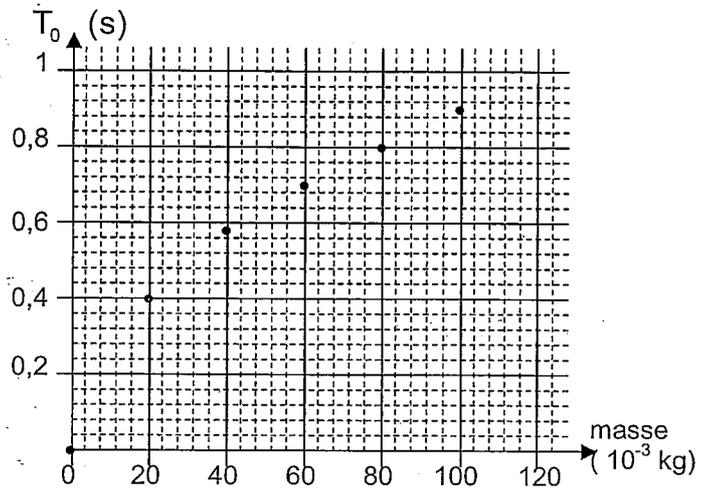


figure 2a

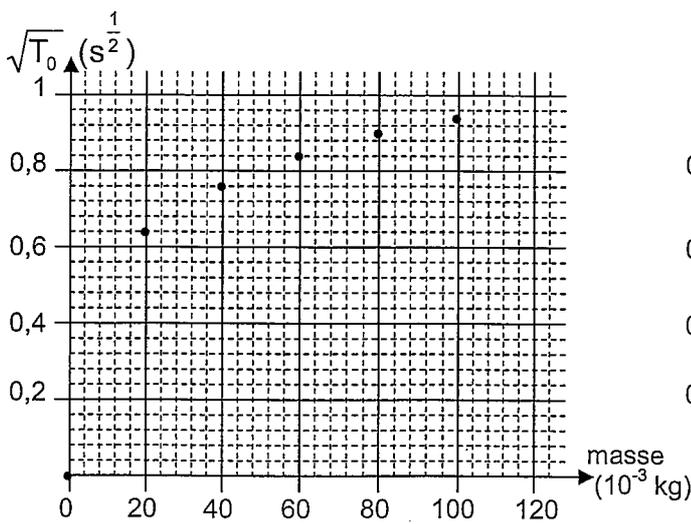


figure 2b

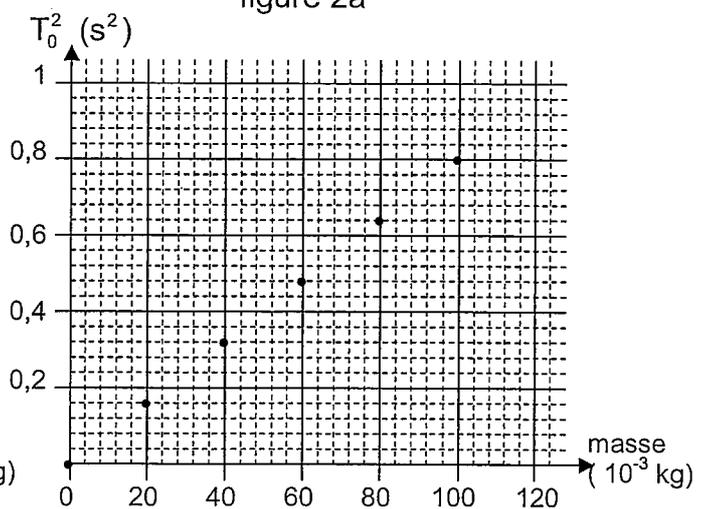


figure 2c

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13

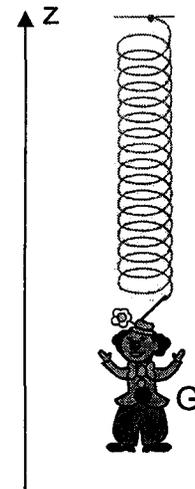
**Les feuilles d'annexes (pages 12/13 et 13/13)
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE**

EXERCICE 1 : UN JEU D'ENFANT (6 points)
--

Le jouet ci-contre est constitué d'une figurine décorative accrochée à un ressort à fixer au plafond d'une chambre d'enfant.

Les élèves font des expériences avec ce jouet afin de réinvestir leurs connaissances sur les mouvements oscillants et de déterminer les caractéristiques du système étudié.

Dans toute l'étude, on négligera les forces de frottements et la poussée d'Archimède.



1. Mesures de période

1.1. La figurine est éloignée verticalement vers le bas de sa position d'équilibre puis abandonnée. Décrire le mouvement de la figurine.

1.2. Définir la période du mouvement.

1.3. Les élèves veulent déterminer la période du mouvement. À l'aide d'un chronomètre, ils obtiennent une durée égale à 13,8 s pour 10 périodes.

1.3.1. Pourquoi ont-ils mesuré plusieurs périodes ?

1.3.2. Quelle est la valeur d'une période ?

2. Afin de déterminer la constante de raideur du ressort, ils décrochent la figurine, suspendent à sa place différentes masses marquées, de valeur m . Lorsque la masse marquée est à l'équilibre, ils mesurent la longueur L du ressort.

La longueur du ressort à vide est $L_0 = 25,5$ cm.

On prendra $g = 9,8$ N.kg⁻¹.

2.1. Faire un bilan des forces qui s'exercent sur la masse marquée et les représenter sur un schéma.

2.2. En étudiant l'équilibre de la masse marquée, établir l'expression de k , constante de raideur du ressort en fonction de m , g , L_0 et L .

2.3. À partir de la mesure ci-dessous, calculer la valeur numérique de k .

Masse m (g)	20,0
Longueur L du ressort (cm)	40,1

3. Les élèves étudient maintenant l'influence de la masse sur la période T_0 du mouvement.

De nouvelles mesures sont réalisées à l'aide de masses marquées en remplacement de la figurine.

On obtient le tableau de mesures ci-dessous :

Masse (g)	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0
Période (s)	0,78	0,95	1,10	1,23	1,35	1,46

- 3.1. Quelle est l'influence de la masse sur la période T_0 ?

- 3.2. Les deux grandeurs sont-elles proportionnelles ? Justifier.

- 3.3. En effectuant une analyse dimensionnelle, choisir l'expression correcte parmi les expressions ci-dessous.

$$(a) \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}} \qquad (b) \quad T_0 = 2\pi\sqrt{mk} \qquad (c) \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

- 3.4. En déduire la valeur de la masse de la figurine.

4. La figurine en mouvement vertical est ensuite filmée à l'aide d'une webcam. On déclenche l'enregistrement lorsque la figurine passe par sa position la plus haute.

À l'aide d'un logiciel de traitement vidéo, on obtient la courbe (figure 1) et le tableau (figure 2) donnés **en annexe 1 à rendre avec la copie**. La coordonnée z représente la position du centre d'inertie G de la figurine sur un axe vertical, orienté vers le haut et ayant pour origine la position à l'équilibre.

- 4.1. En utilisant la figure 1 de l'annexe, déterminer la période et l'amplitude du mouvement.

- 4.2. En utilisant les données expérimentales du tableau figure 2 de l'annexe, déterminer par un calcul simple une valeur approchée de la coordonnée v_z de la vitesse du centre d'inertie G à l'instant $t = 0,24$ s.

5. La position de la figurine à chaque instant est donnée par la relation :

$$z(t) = z_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi_0\right)$$

- 5.1. À partir de l'expression précédente, exprimer la fonction $v_z(t)$ qui donne la coordonnée de la vitesse à chaque instant.

- 5.2. Représenter l'allure de $v_z(t)$ sur le graphe de la figure 1 de l'annexe 1 à rendre avec la copie ; l'axe des ordonnées de v_z est représenté à droite. On ne demande aucune graduation de l'axe v_z .

- 5.3. En utilisant les conditions initiales du mouvement, déterminer la valeur de φ_0 .

6. Le logiciel utilisé permet de calculer à chaque instant, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle totale de la figurine. On obtient alors les courbes de la figure 3 de l'**annexe 1 à rendre avec la copie**.
- 6.1. Laquelle des deux courbes proposées correspond à l'énergie cinétique ? Justifier.
- 6.2. Comparer la période des énergies à la période de l'oscillateur.
- 6.3. En quoi ces dernières courbes montrent-elles que les forces de frottement peuvent être négligées ?

EXERCICE 2 : SUIVI CINÉTIQUE D'UNE TRANSFORMATION PAR SPECTROPHOTOMÉTRIE (6 points)

Les parties A et B sont indépendantes.

A : Étude du fonctionnement d'un spectrophotomètre

Extrait d'une notice d'un spectrophotomètre :

L'appareil comprend :

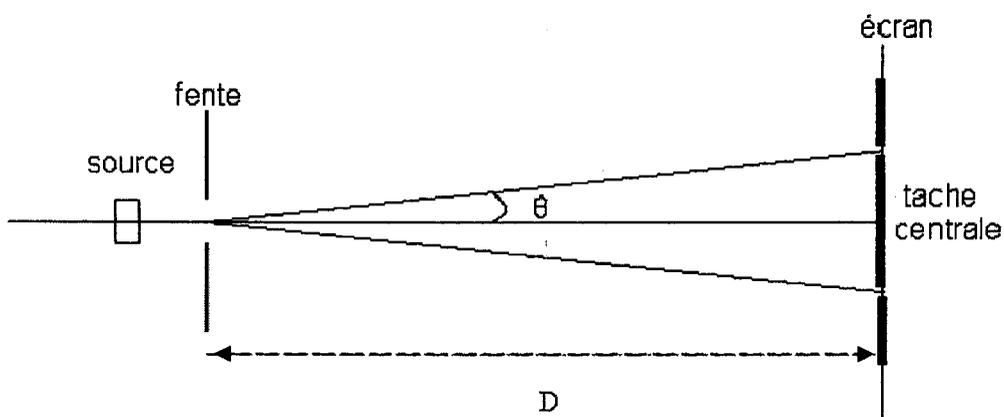
- une source de lumière polychromatique (lampe) qui émet un faisceau de lumière en direction du monochromateur ;
- un monochromateur (réseau + fente) : le réseau (système dispersif) décompose la lumière et dévie les rayons suivant leur longueur d'onde (apparition des radiations colorées de la lumière). La fente (système sélectif) permet d'isoler une radiation lumineuse de longueur d'onde donnée. Cette radiation est dirigée vers la cuve contenant la solution à analyser ;
- une cuve (transparente aux radiations sélectionnées par le monochromateur) contenant la solution à étudier ;
- un photodétecteur : c'est un élément photosensible (en général une diode) qui transforme le signal lumineux en signal électrique ;
- un ordinateur : il traite le signal électrique pour calculer l'absorbance qui est proportionnelle à l'intensité du courant.

1. Étude du réseau

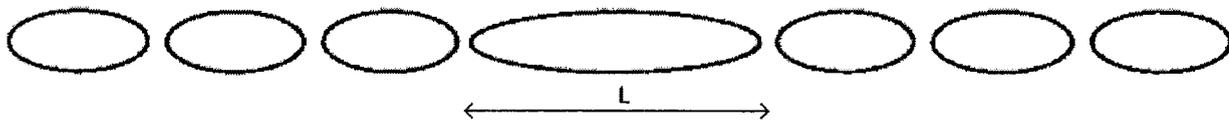
Le réseau est un dispositif optique composé d'une série de fentes parallèles ou de rayures réfléchissantes. Dans les deux cas, les traits sont espacés d'une distance constante qu'on appelle le pas du réseau.

1.1. Étude d'une seule fente.

On place perpendiculairement à la fente un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde λ . Le dispositif est schématisé ci-après :



On observe sur l'écran, situé à la distance D de la fente, la figure suivante :



Données :

Distance entre la fente et l'écran $D = 2,0 \text{ m}$

Largeur de la fente $a = 100 \mu\text{m}$

- 1.1.1. Quel phénomène observe-t-on lorsque la lumière traverse une fente de petite largeur ?
- 1.1.2. La relation liant la longueur d'onde λ , la largeur a de la fente et l'écart angulaire θ est : $\theta = \frac{\lambda}{a}$. Préciser les unités de chaque grandeur.
- 1.1.3. Lorsque les angles sont petits, on peut admettre que $\tan \theta \approx \theta$ (θ en radian).
Établir dans ces conditions que $L = \frac{2\lambda D}{a}$, où D est la distance entre la fente et l'écran, L la largeur de la tache centrale.
- 1.1.4. Déterminer la largeur de la tache centrale pour une radiation de longueur d'onde λ_1 égale à 500 nm .
- 1.1.5. On éclaire maintenant cette même fente avec une lumière blanche. En tenant compte du résultat de la question précédente et sachant que la largeur de la tache centrale est égale à $2,8 \text{ cm}$ pour une radiation de longueur d'onde λ_2 égale à 700 nm , qu'observe-t-on sur l'écran ?

1.2. Étude du réseau.

Le phénomène précédemment étudié en 1.1 permet, entre autres, d'expliquer pourquoi le réseau décompose la lumière.

Sachant que l'écart angulaire θ augmente avec la longueur d'onde, quelle sera la couleur la plus déviée ?

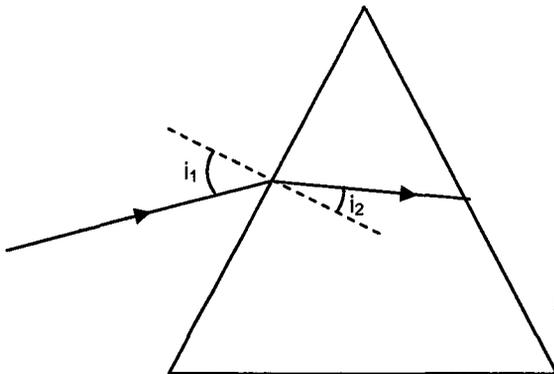
2. Étude du prisme

Un prisme permet également de décomposer la lumière. Il est caractérisé par son indice de réfraction n .

2.1. Définir un milieu dispersif.

2.2. On souhaite étudier la déviation de rayons lumineux par un prisme de verre (voir figure ci-dessous).

Pour cela, on utilise deux radiations, l'une rouge de longueur d'onde $\lambda_R = 750$ nm, l'autre bleue de longueur d'onde $\lambda_B = 460$ nm. Les indices du verre pour ces deux radiations sont respectivement $n_R = 1,6$ et $n_B = 1,7$. L'indice de l'air n_{air} est le même pour toutes les radiations.



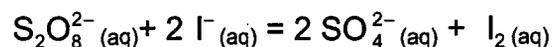
Les deux radiations arrivent sur la face d'entrée du prisme avec le même angle d'incidence i_1 .

On rappelle la loi de Descartes pour la réfraction sur la première face du prisme : $n_{\text{air}} \cdot \sin i_1 = n \cdot \sin i_2$.

Pour laquelle de ces deux radiations, l'angle de réfraction dans le prisme est-il le plus grand ? On ne cherchera pas à déterminer la valeur des angles de réfraction.

B : Suivi cinétique par spectrophotométrie d'une transformation chimique

On étudie la transformation des ions iodure par les ions peroxydisulfate, modélisée par la réaction d'équation :



Cette transformation est suivie à l'aide du spectrophotomètre précédemment étudié, relié à un système d'acquisition de données.

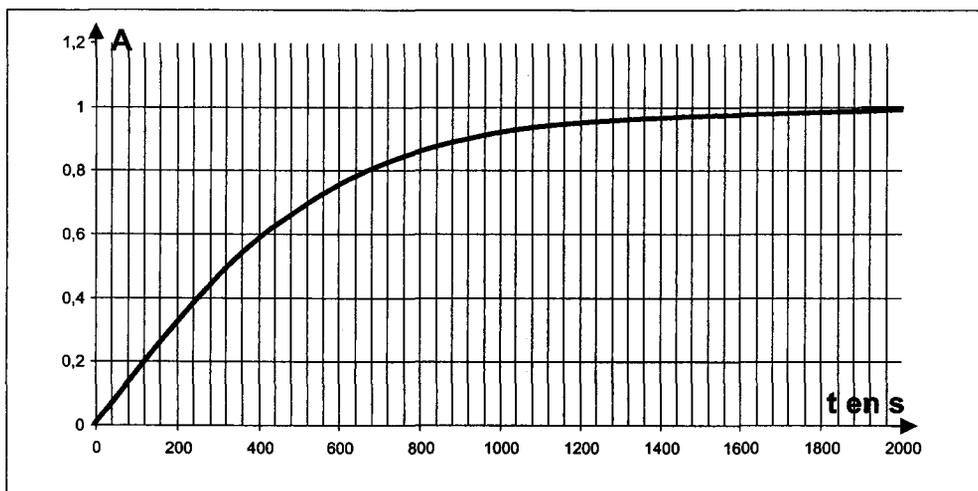
Le protocole est le suivant :

On introduit dans la cuve du spectrophotomètre un volume $V_0 = 1,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse d'iodure de potassium ($\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{I}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire en soluté apporté $C_0 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

À $t = 0 \text{ s}$, on rajoute $V_1 = 1,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de peroxydisulfate de potassium ($2\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})}$) de concentration molaire en soluté apporté $C_1 = 2,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

On mélange rapidement et on place la cuve dans le spectrophotomètre.

Les mesures permettent de tracer la courbe ci-dessous donnant l'absorbance A du mélange en fonction du temps t .



Le tableau d'avancement de cette réaction est donné ci-dessous :

Équation de la réaction		$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}_{(\text{aq})} + 2 \text{I}^-_{(\text{aq})} = 2 \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})} + \text{I}_2_{(\text{aq})}$			
Instant	Avancement	Quantité de matière en mol			
initial	$x = 0$	$n_1 = C_1 \cdot V_1$	$n_0 = C_0 \cdot V_0$	0	0
intermédiaire	x	$n_1 - x$	$n_0 - 2x$	$2x$	x

1. Relation entre l'absorbance A et la concentration en diiode $[\text{I}_2]$

La loi reliant l'absorbance d'une solution et la concentration molaire de l'espèce colorée, ici le diiode, est donnée par la relation $A = k \cdot [\text{I}_2_{(\text{aq})}]$ où k est une constante.

1.1. Sachant que l'ion iodure est le réactif limitant et que la réaction est totale, déterminer la concentration du diiode dans le mélange à l'état final.

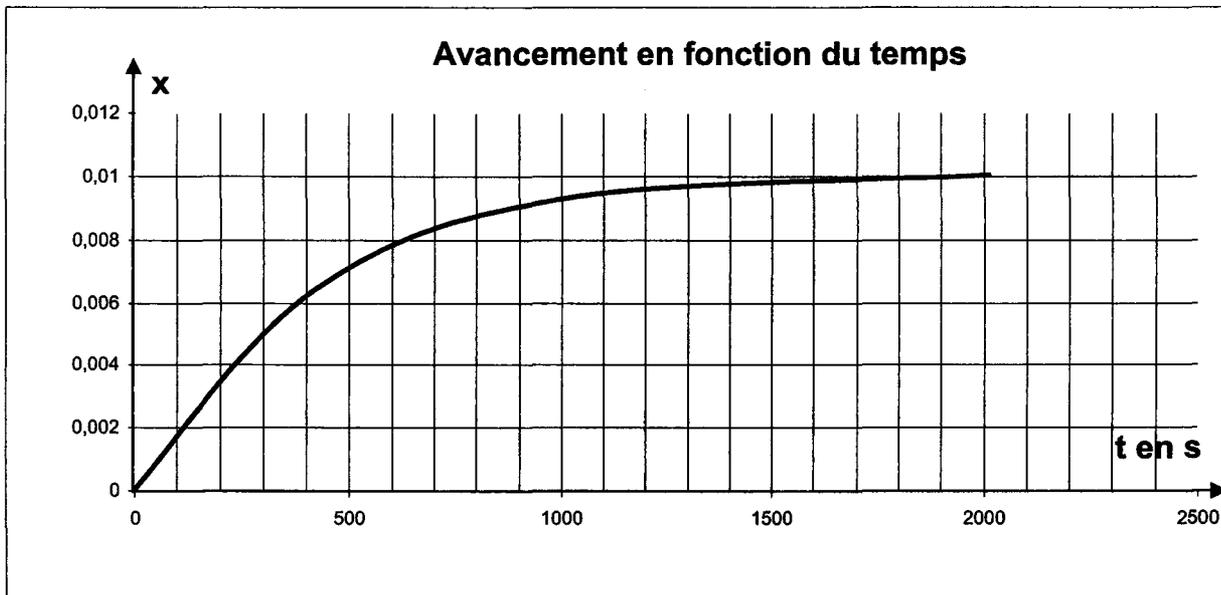
1.2. Montrer que la valeur de la constante k est $2,0 \times 10^2$. Préciser son unité.

2. Relation entre l'absorbance et l'avancement de la réaction x

2.1. Montrer que $x(t) = \frac{V_0 + V_1}{k} A(t)$.

2.2. Faire le calcul numérique du coefficient $\frac{V_0 + V_1}{k}$.

Quelle est l'unité des valeurs numériques portées sur l'axe des ordonnées du graphe représenté ci-dessous ?

**3. Étude de la vitesse volumique de réaction**

3.1. Définir la vitesse volumique de réaction v_R .

3.2. En précisant la méthode utilisée, décrire l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours du temps.

3.3. Quel facteur explique cette évolution ?

3.4. Déterminer le temps de demi-réaction.

EXERCICE 3 : L'ACIDITÉ D'UN VIN (4 points)

L'acidité d'un vin peut être exprimée de deux façons, à partir de son acidité totale ou de son pH [...]. L'acidité totale est surtout un indicateur des caractéristiques gustatives, alors que le pH intervient dans la stabilité du vin. L'acidité du vin (pH compris entre 2,7 et 3,7) est principalement due à la présence d'acides organiques en partie à l'état libre ; l'acidité totale d'un vin est constituée par les acides représentant l'acidité fixe (acides tartrique, malique, lactique, citrique, etc) et par des molécules représentant l'acidité volatile (essentiellement l'acide éthanoïque, et l'éthanoate d'éthyle susceptible de libérer l'acide éthanoïque par saponification) [...]. Le goût aigre de l'acide éthanoïque est perçu lorsque sa concentration est supérieure à $0,6 \text{ g.L}^{-1}$.

D'après « Chimie dans la maison » - Cultures et Techniques

Données :

Masse molaire de l'acide éthanoïque (CH_3COOH) : $M = 60 \text{ g.mol}^{-1}$

À 25°C : pK_A (acide éthanoïque/ion éthanoate) = 4,8

pK_A (acide lactique/ion lactate) = 3,9

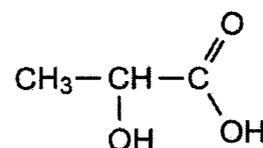
pK_A (ion oxonium/eau) = 0

pK_A (eau/ion hydroxyde) = 14

produit ionique de l'eau : $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$

1. À propos du texte

- 1.1. Déterminer la valeur de la concentration molaire en ions oxonium H_3O^+ d'un vin dont le pH est égal à 3,0.
- 1.2. Calculer la concentration molaire de l'acide éthanoïque pour que le goût aigre soit perçu.
- 1.3. L'acide lactique se forme lors de la fermentation du vin. Sa formule semi-développée est représentée ci-contre.
Recopier cette formule en entourant et nommant les groupes caractéristiques.



2. Réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau

On dispose d'un volume $V = 50 \text{ mL}$ d'une solution S d'acide éthanoïque de concentration molaire en soluté apporté $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $\text{pH} = 3,4$.

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide éthanoïque / ion éthanoate et en déduire l'espèce prédominante dans la solution S.
- 2.2. Calculer la concentration molaire en ions oxonium H_3O^+ de la solution S puis l'avancement final de la réaction (on peut s'aider d'un tableau d'avancement).
- 2.3. Montrer que la transformation n'est pas totale en calculant son taux d'avancement final.

3. Titration de l'acide éthanóique par une solution d'hydroxyde de sodium

Au laboratoire, l'étiquette d'un flacon d'une solution d'acide éthanóique est effacée. On décide alors d'effectuer un titrage afin de déterminer la concentration molaire de cette solution.

Pour cela, on dispose d'une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration molaire égale à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et du matériel suivant :

- fioles jaugées de 50 mL et de 100 mL ;
- pipettes jaugées de 5 mL et de 10 mL ;
- bécher de 100 mL ;
- éprouvette graduée de 50 mL ;
- eau déminéralisée.

3.1. Avec la solution d'hydroxyde de sodium ainsi préparée, on procède au titrage de $V_a = 20,0 \text{ mL}$ de solution d'acide éthanóique. Les valeurs du pH, en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium versé, sont données dans le tableau suivant :

$V_b(\text{mL})$	0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	18,5
pH	3,4	3,9	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,75	5,9

$V_b(\text{mL})$	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0
pH	6,1	6,4	8,3	10,3	10,7	10,9	11,0	11,3	11,5	11,6	11,7

3.1.1. Écrire l'équation de la réaction qui s'effectue entre la solution d'acide éthanóique et la solution d'hydroxyde de sodium.

3.1.2. Exprimer la constante d'équilibre associée à cette équation, puis la calculer.

3.1.3. Déterminer, graphiquement, **sur la courbe donnée en annexe 2 à rendre avec la copie**, les coordonnées du point d'équivalence, en indiquant la méthode utilisée.

En déduire la concentration molaire c_a de la solution d'acide éthanóique étudiée.

3.2. Pour un volume versé de 10,0 mL de solution d'hydroxyde de sodium, le pH a une valeur de 4,8.

3.2.1. Calculer la quantité $n_v(\text{HO}^-)$ d'ions hydroxyde versés depuis le début du titrage.

3.2.2. À partir de la valeur du pH, calculer la quantité $n_r(\text{HO}^-)$ d'ions hydroxyde restants dans la solution.

3.2.3. Comparer $n_v(\text{HO}^-)$ et $n_r(\text{HO}^-)$. Comment peut-on alors qualifier la transformation qui correspond à ce titrage acido-basique ?

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1 :

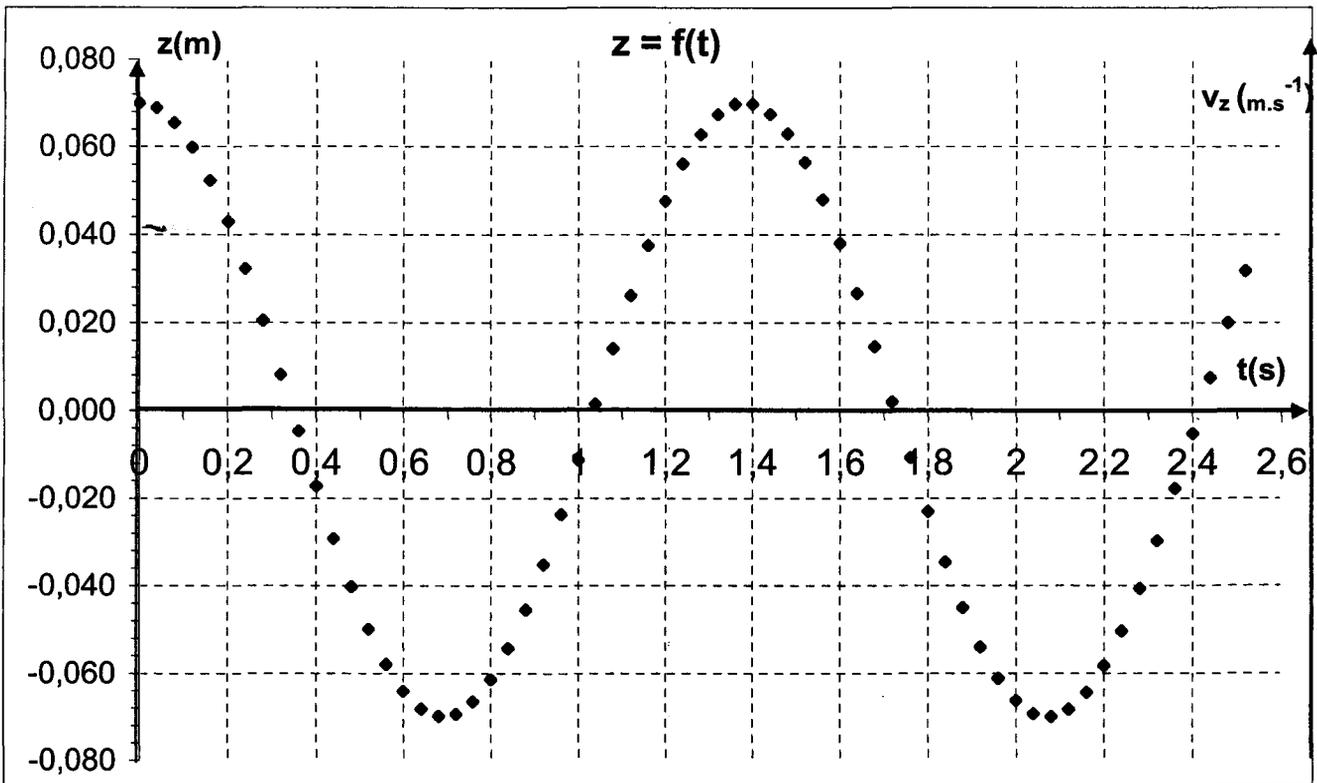


Figure 1

t (s)	z (m)	v _z (m/s)
0	0,070	0
0,04	0,069	-0,06
0,08	0,065	-0,11
0,12	0,060	-0,16
0,16	0,052	-0,21
0,20	0,043	-0,25
0,24	0,032	
0,28	0,020	-0,30
0,32	0,008	-0,31
0,36	-0,005	-0,32
0,40	-0,017	-0,31
0,44	-0,029	-0,29
0,48	-0,040	-0,26
0,52	-0,050	-0,22

Figure 2

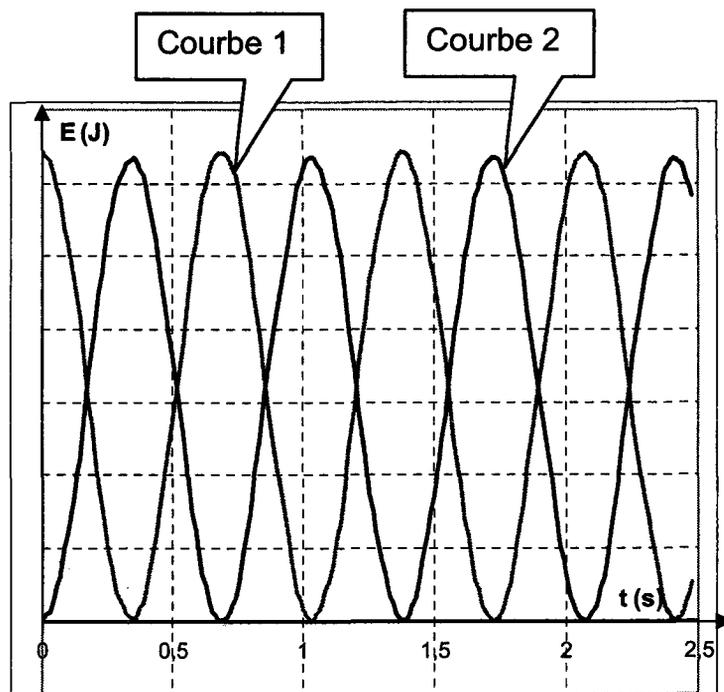
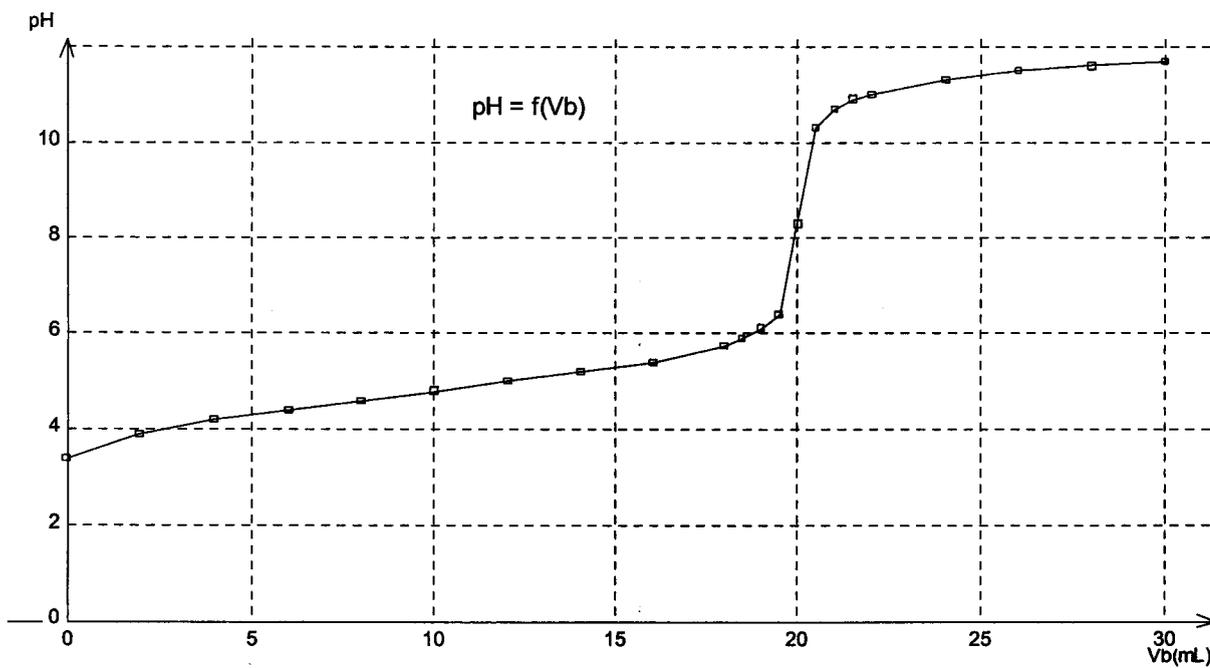


Figure 3

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 3 :

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. Titration 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. Titration 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 $c_B = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$.

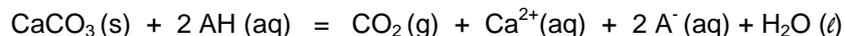
On obtient la courbe de **LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**.

- 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 $V' = 10,0 \text{ mL}$ de la solution diluée de détartrant précédemment dosée. On introduit rapidement une masse $m = 0,20 \text{ g}$ 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 : $T = 298 \text{ K}$;
- 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 : $V_g = 310 \text{ mL}$;
- 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.

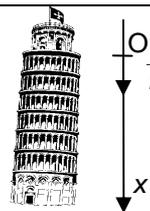


Figure 1.
Représentation de la tour penchée de Pise.

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 :

- a) La durée de chute augmente quand la masse du boulet augmente ;
- b) La durée de chute diminue quand la masse du boulet augmente ;
- c) 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

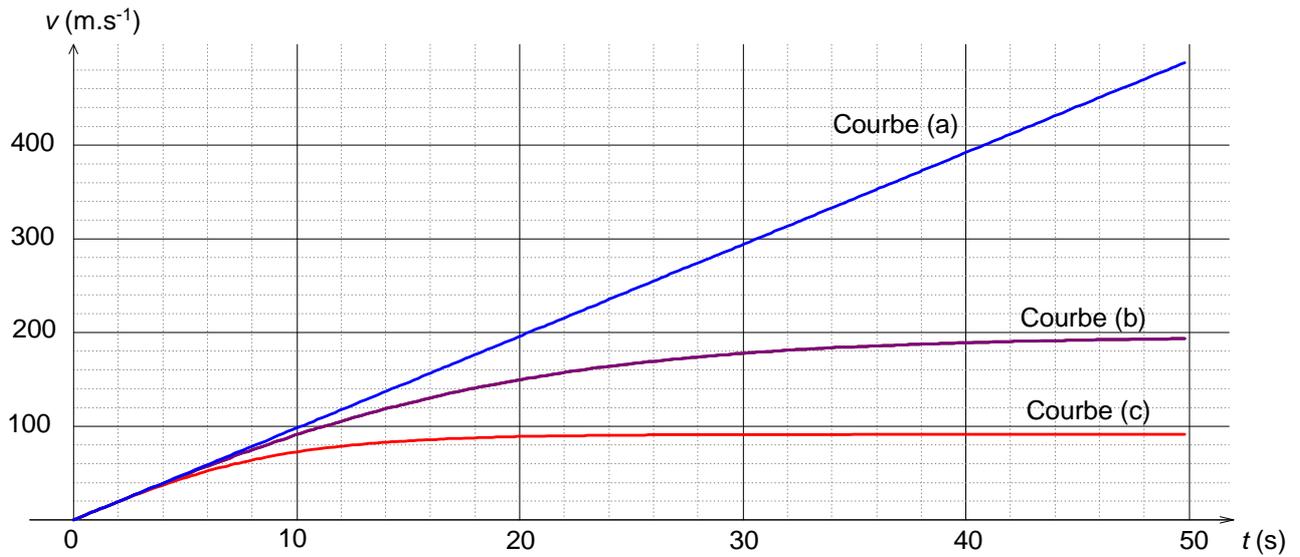


Figure 2. Évolution des vitesses

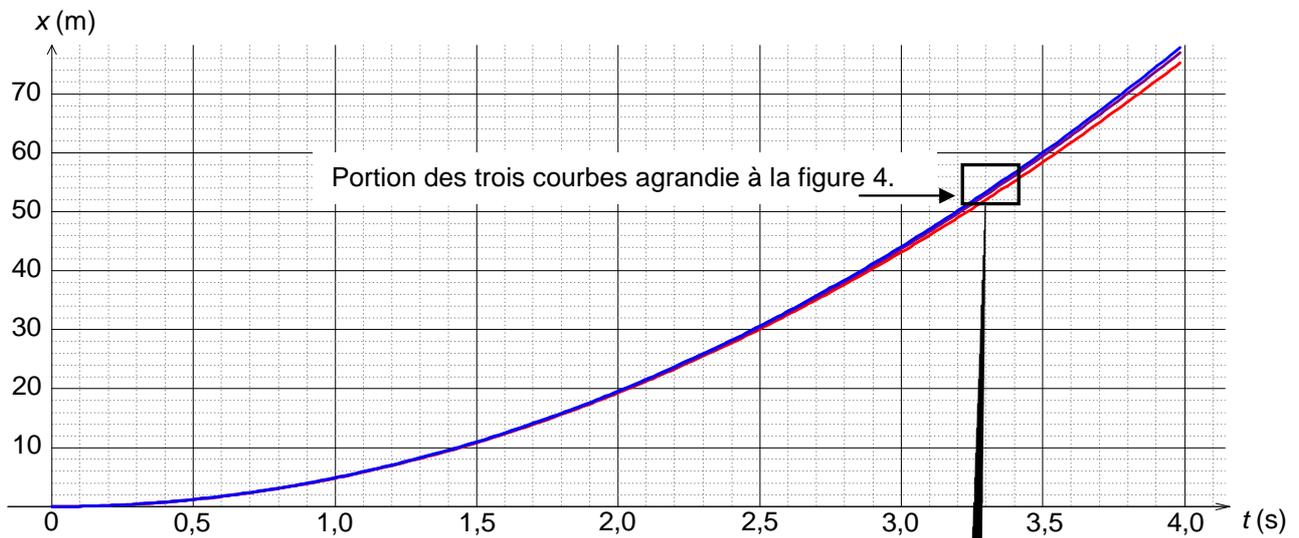


Figure 3. Évolution des positions

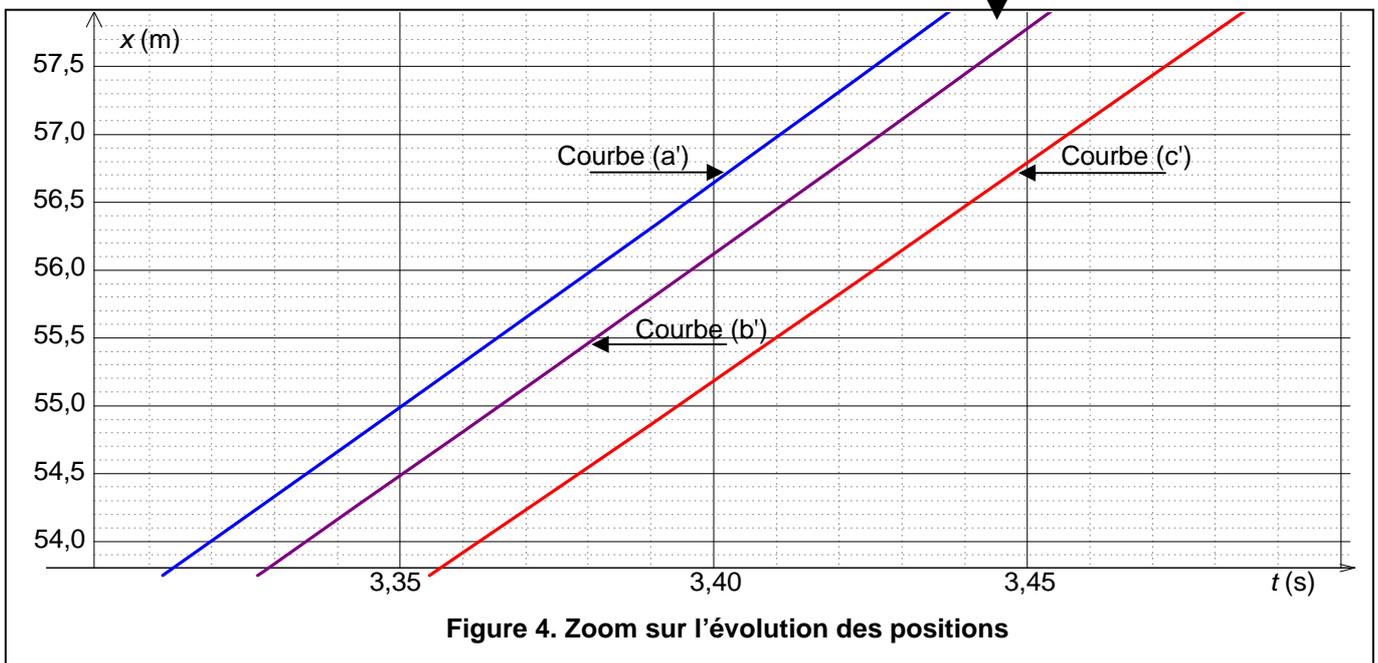


Figure 4. Zoom sur l'évolution des positions

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

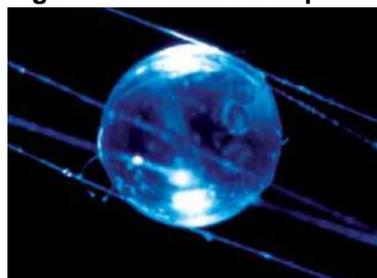


Figure 6. Cible

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	${}^1_0\text{n}$	${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	${}^3_2\text{He}$	${}^4_2\text{He}$
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.

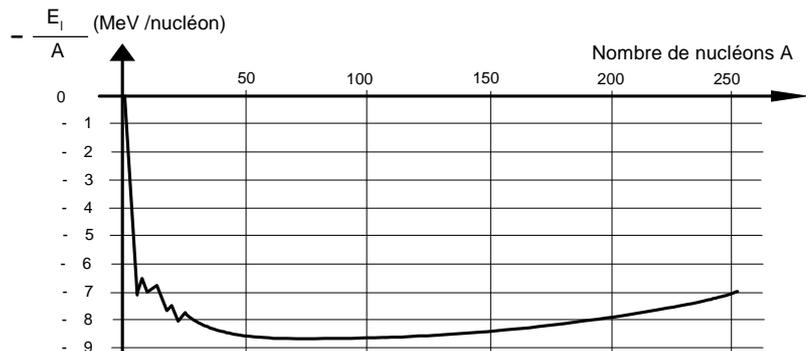
2. Réaction de fusion deutérium-tritium dans la cible

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

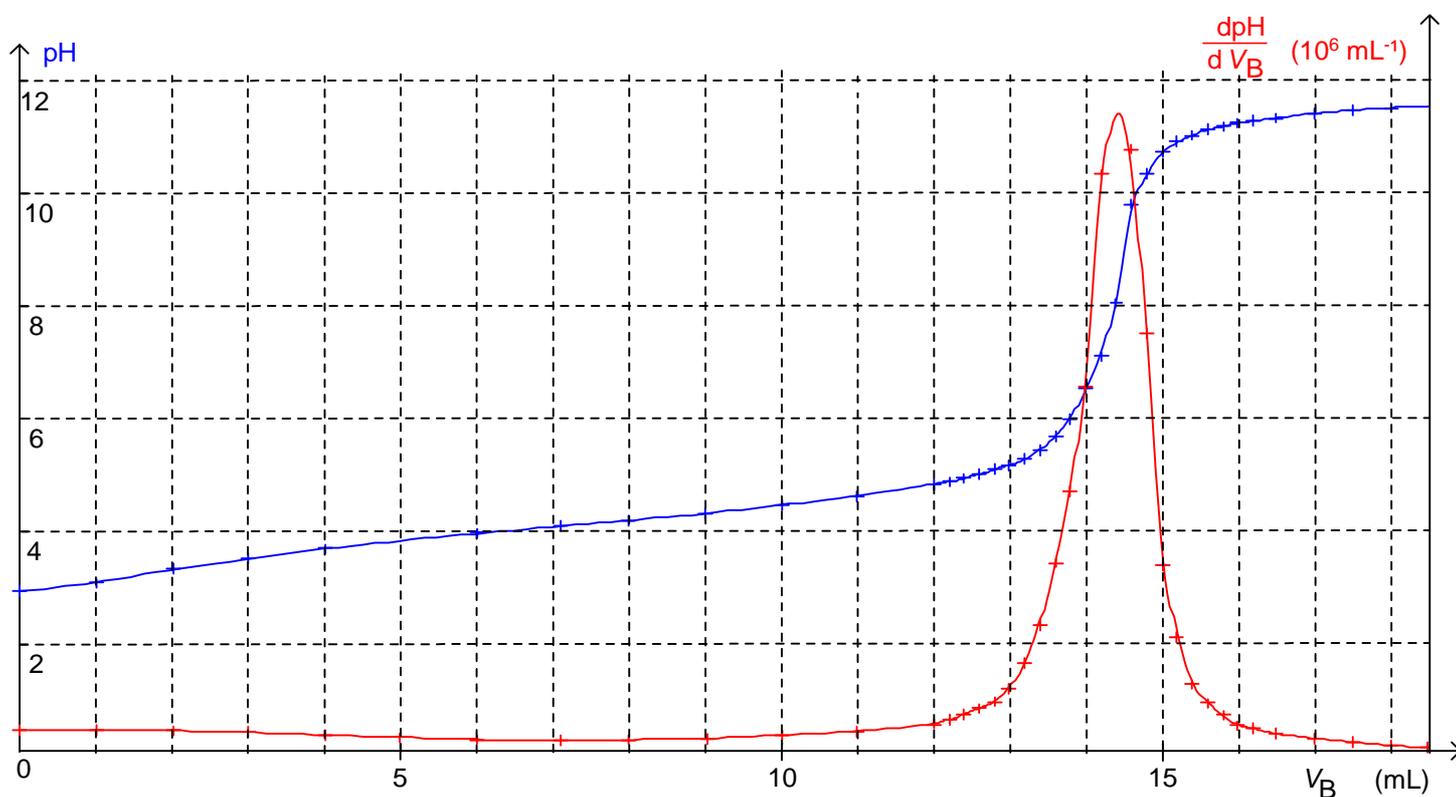


Figure A2. Courbes d'évolution de pH et de $\frac{dpH}{dV_B}$ en fonction du volume V_B de solution d'hydroxyde de sodium versé

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

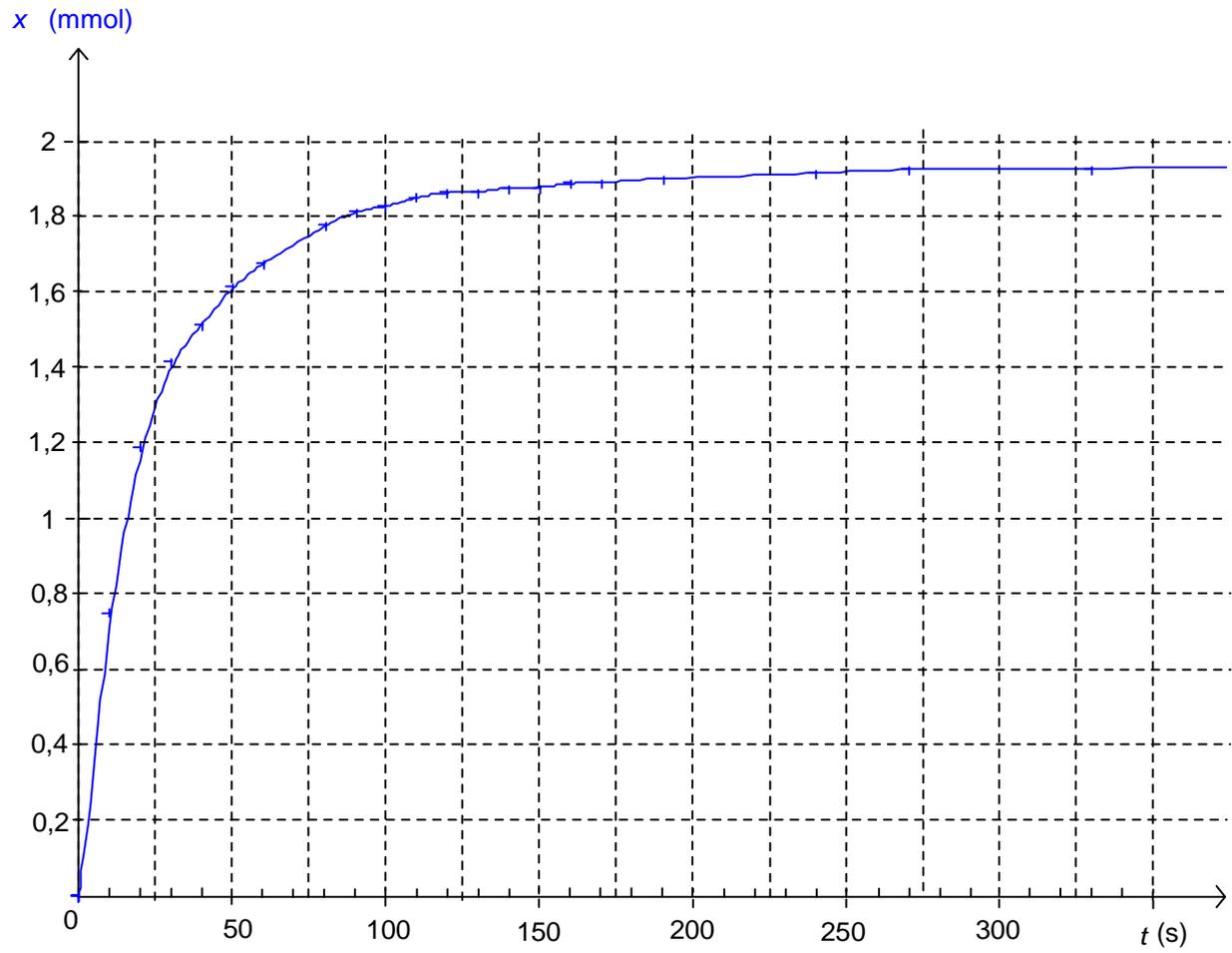


Figure A3. Courbe d'évolution de l'avancement au cours du temps

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10

EXERCICE I : DEUX DÉTARTRANTS POUR CAFETIÈRES ÉLECTRIQUES (7 points)

Deux produits différents peuvent être utilisés pour détartrer les cafetières électriques. Le premier, se présentant sous forme de poudre, est de l'acide citrique. Le mode d'emploi pour un détartrage est le suivant :

- Diluer complètement la poudre détartrante dans 1/2 litre.
- Verser la solution dans le réservoir d'eau et mettre en marche l'appareil.
- Après écoulement de la moitié de la solution, arrêter l'appareil et laisser agir trente minutes.
- Remettre en marche pour l'écoulement du reste de la solution.
- Effectuer 3 rinçages successifs à l'eau claire.

Le deuxième détartrant est une poudre à base d'acide sulfamique. Son mode d'emploi ne diffère de celui du premier que par le temps d'action, réduit à dix minutes.

Données : masse molaire de l'acide citrique : $M_1 = 192 \text{ g.mol}^{-1}$.
masse molaire de l'acide sulfamique : $M_2 = 97,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Fabrication de la solution détartrante n°1

- 1.1. L'utilisation du verbe « diluer » dans le mode d'emploi du détartrant est-elle pertinente ? Justifier.
- 1.2. La masse m_1 d'acide citrique utilisée pour obtenir le volume $V_1 = 0,50 \text{ L}$ de solution détartrante est égale à 20 g.
Calculer la concentration molaire c_1 en acide citrique de la solution détartrante n°1.

2. Comportement des deux acides dans l'eau

On considère une solution d'acide citrique S_1 et une solution d'acide sulfamique S_2 de même concentration molaire en soluté apporté $C = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et de même volume $V = 1,00 \text{ L}$. À 25 °C, on mesure un pH de valeur 2,6 pour S_1 et de valeur 2,0 pour S_2 .

- 2.1. Réaction d'un acide avec l'eau :
 - 2.1.1. Définir un acide selon Brønsted.
 - 2.1.2. Écrire l'équation de la réaction d'un acide AH avec l'eau.
- 2.2. En utilisant un tableau d'avancement, établir l'expression du taux d'avancement final τ de la réaction de l'acide AH avec l'eau en fonction du pH de la solution et de la concentration molaire c .

2.3. On note A_1H l'acide citrique et A_2H l'acide sulfamique. Calculer les taux d'avancement final, notés respectivement τ_1 et τ_2 , de chacune des réactions associées aux transformations donnant les solutions S_1 et S_2 . Commenter les résultats obtenus.

3. Étude du couple acide citrique / ion citrate

3.1. En conservant la même notation A_1H pour l'acide citrique, donner l'expression de la constante d'acidité K_{a1} du couple acide citrique / ion citrate.

3.2. À partir du tableau d'avancement, calculer la valeur de la constante K_{a1} du couple de l'acide citrique, puis celle de son pK_{a1} .

3.3. Quelle forme, acide ou basique, de l'acide citrique prédomine dans la solution S_1 ? Justifier.

4. Titrage de l'acide sulfamique dans la solution détartrante n°2

Pour déterminer la masse d'acide sulfamique contenue dans la poudre du deuxième détartrant, on procède à un titrage pH-métrique.

Pour cela, on dissout une masse $m = 1,00$ g de ce détartrant dans de l'eau déminéralisée pour obtenir une solution S de volume $V = 100,0$ mL.

Une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, de formule $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$ et de concentration $c_B = 0,200$ mol.L⁻¹ permet de doser un volume $V' = 20,0$ mL de la solution S .

Les résultats expérimentaux sont les suivants :

- Volume de solution d'hydroxyde de sodium versée à l'équivalence :
 $V_{BE} = 9,8$ mL
- pH à l'équivalence : $pH_E = 7,1$

4.1. En notant A_2H l'acide sulfamique, écrire l'équation de la réaction support du dosage.

4.2. Définir l'équivalence d'un titrage.

4.3. Détermination de la masse d'acide sulfamique contenue dans la poudre détartrante :

4.3.1. Établir l'expression littérale de la concentration c_A en acide sulfamique dissous en fonction de c_B , V_{BE} et V' . Calculer c_A .

4.3.2. Déterminer la masse m_A d'acide sulfamique contenu dans $m = 1,00$ g de détartrant.

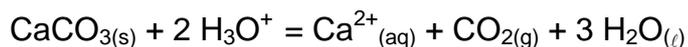
4.4. Un sachet de détartrant n°2 contient 20 g de poudre à diluer dans 0,50 L d'eau.

4.4.1. Dédire de ce qui précède, la masse m_2 d'acide sulfamique contenue dans 20 g de poudre détartrante.

4.4.2. Calculer la concentration molaire c_2 en acide sulfamique dans la solution ainsi préparée.

5. Pourquoi des temps d'action différents pour les deux solutions détartrantes ?

Le tartre est du carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(s)}$. La réaction chimique du carbonate de calcium avec les ions oxonium des solutions détartrantes peut être modélisée par l'équation suivante :



- 5.1. Montrer que la concentration en ions oxonium H_3O^+ est plus grande dans la solution contenant de l'acide sulfamique que dans la solution d'acide citrique.
- 5.2. Quel argument permettrait de justifier la différence entre les temps d'action pour les deux détartrants ?

EXERCICE II : L'ÉLÉMENT 117 S'AJOUTE AU TABLEAU PÉRIODIQUE
(5 points)

Pour synthétiser l'élément chimique de numéro atomique 117, des physiciens ont projeté des noyaux de calcium sur une cible de berkélium.
 Les textes encadrés s'inspirent d'un article paru dans le numéro 442 de juin 2010 du mensuel « La Recherche ».

Données :

- Célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- L'électron-volt : $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$

On rappelle que la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ sont reliés par

la relation : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

Éléments	berkélium	californium	ununpentium	ununhexium	ununseptium
Symbole	Bk	Cf	Uup	Uuh	Uus
Numéro atomique Z	97	98	115	116	117

Particule	électron	positon	neutron	proton
Symbole	${}_{-1}^0\text{e}$	${}^0_1\text{e}$	${}^1_0\text{n}$	${}^1_1\text{p}$
Masse (u)	0,000 55	0,000 55	1,008 66	1,007 28

1. Étude du projectile : le noyau de calcium 48

Pour optimiser la création de noyaux lourds, les physiciens [...] ont choisi pour projectile un faisceau de calcium 48, un isotope rare du calcium comprenant 20 protons et 28 neutrons.

1.1. À quelles conditions dit-on que deux noyaux sont isotopes ?

1.2. La masse du noyau de calcium 48 est $m_{\text{noyau}} = 47,941 6 \text{ u}$.

Exprimer son défaut de masse Δm en fonction de sa masse m_{noyau} , de celles m_p d'un proton et m_n d'un neutron, ainsi que de son numéro atomique Z et de son nombre de masse A. Calculer Δm en l'exprimant en unité de masse atomique u.

- 1.3. En déduire, en MeV, l'énergie de liaison E_l du noyau de calcium 48 puis son énergie de liaison par nucléon E_l/A .

2. Étude de la cible de berkélium 249

La première étape de la synthèse de l'élément 117 a consisté en la fabrication du berkélium : un mélange de curium et d'américium a été irradié durant 250 jours par un intense flux de neutrons [...]. Il a fallu ensuite 90 jours pour séparer et purifier les 22 milligrammes de berkélium produits. [...] Ce précieux élément, déposé sur un film de titane, [...] a été soumis, 150 jours durant, au flux de calcium. « Il fallait faire vite, selon Hervé Savajols, chercheur au Grand Accélérateur national d'ions lourds (GANIL), car l'isotope du berkélium utilisé ayant une période de 320 jours, à la fin de l'expérience, il ne restait que 70% du berkélium initial ».

- 2.1. On donne l'équation incomplète de la désintégration du noyau de berkélium 249 :



En précisant les lois de conservation utilisées, identifier la particule émise.
De quel type de radioactivité s'agit-il ici ?

- 2.2. La période radioactive peut aussi être appelée temps de demi-vie, noté $t_{1/2}$. Définir le temps de demi-vie.

- 2.3. Décroissance radioactive de la cible :

2.3.1. Rappeler l'expression de la loi de décroissance radioactive, en faisant intervenir la constante radioactive λ . On note N_0 le nombre initial de noyaux de berkélium et N le nombre de noyaux restants à la date t .

2.3.2. Exprimer le rapport $\frac{N}{N_0}$ en fonction de la date t et de la demi-vie $t_{1/2}$.

2.3.3. Sachant que le bombardement de la cible de berkélium a duré 150 jours, vérifier l'affirmation : « À la fin de l'expérience, il ne restait que 70% du berkélium initial ».

- 2.4. Activité de la source de berkélium de masse égale à 22 mg :

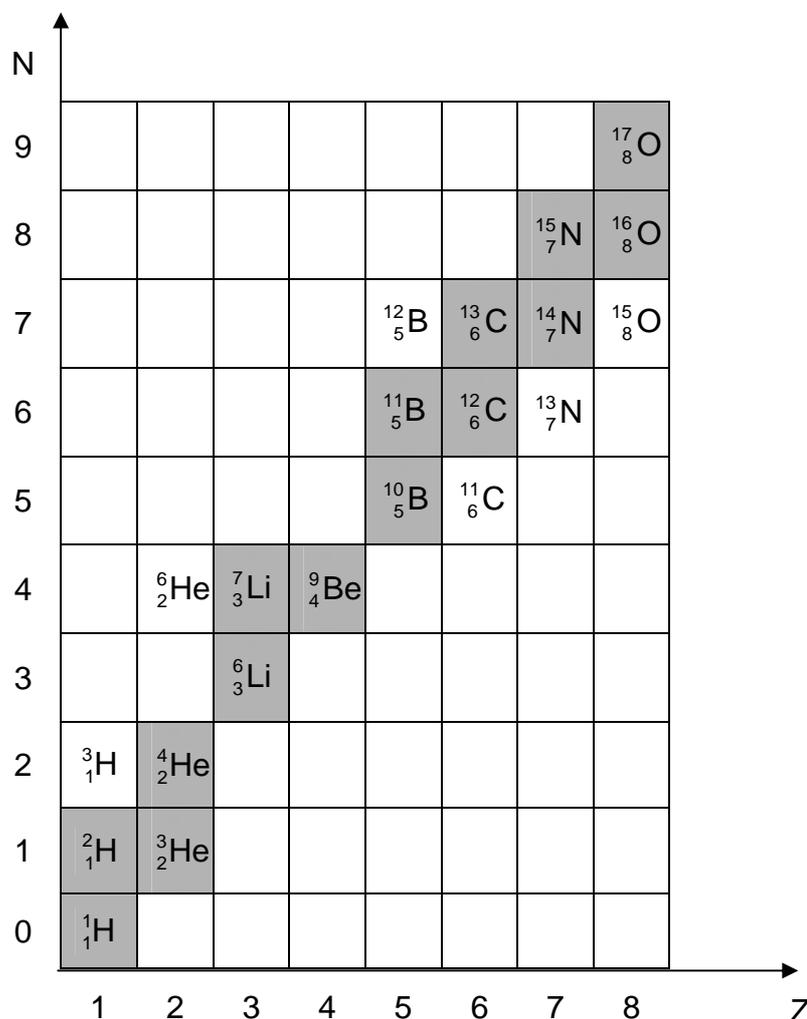
2.4.1. Déterminer le nombre initial N_0 de noyaux de berkélium 249 dans l'échantillon produit sachant que la masse d'un atome de berkélium 249 est $m_{\text{atome}} = 4,136 \times 10^{-25}$ kg.

2.4.2. Exprimer l'activité initiale A_0 de l'échantillon de berkélium 249 en fonction de N_0 et $t_{1/2}$. La calculer en becquerel.

3. Stabilité des noyaux

Six noyaux de l'élément 117 ont été produits. Ces noyaux se sont désintégrés après une fraction de seconde en noyaux plus légers en émettant des particules α (noyaux d'hélium), ce qui a permis de mesurer les périodes de cet élément lourd.

- 3.1. Écrire l'équation de la désintégration d'un noyau d'ununseptium 293, de symbole ${}_{117}^{293}\text{Uus}$. Le noyau fils obtenu lors de cette transformation n'est pas dans un état excité.
- 3.2. On se propose d'étudier la stabilité des noyaux les plus légers, celle des noyaux les plus lourds n'étant que très relative. On fournit ci-dessous un fragment du diagramme (N, Z) présentant quelques noyaux parmi les plus légers.
- 3.2.1. Quel type de désintégration n'a pas été encore évoqué dans cet exercice ?
- 3.2.2. Dans le fragment de diagramme (N, Z) ci-dessous, les noyaux stables sont représentés dans une case grise. Choisir un noyau instable concerné par le type de désintégration évoqué dans la question 3.2.1. et écrire l'équation correspondante. On supposera que le noyau fils obtenu n'est pas dans un état excité.



EXERCICE III : SUIVEZ LA FLÈCHE... (4 points)
--

Les deux textes encadrés s'inspirent d'extraits tirés du livre « Le monde a ses raisons » de Jean-Michel Courty et Edouard Kierlik.

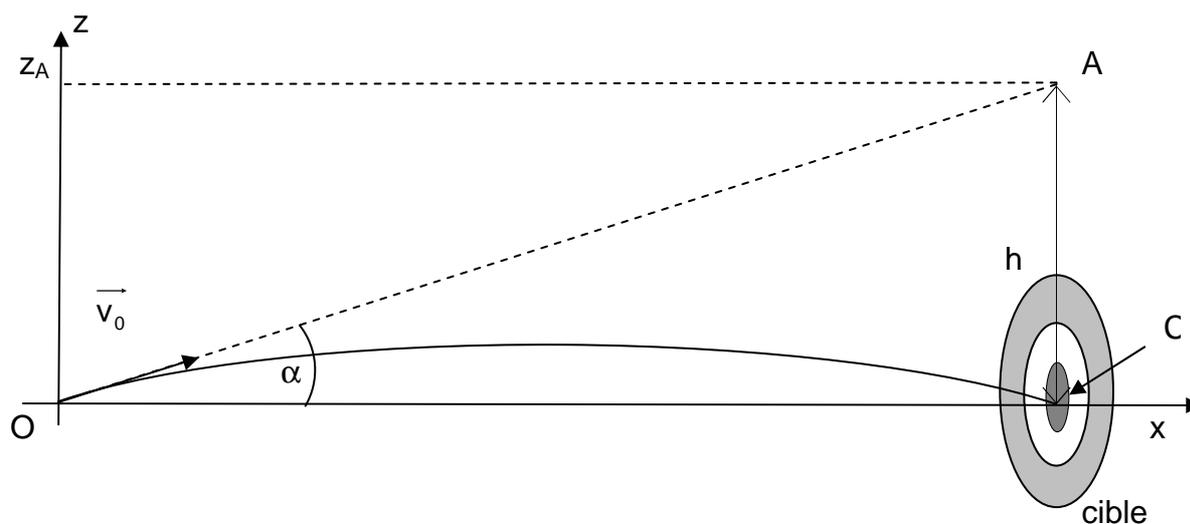
1. Trajectoire de la flèche :

Sur les cibles de tir à l'arc se trouve un disque central de 10 cm de diamètre. À 70 m, l'archer le voit sous un angle de moins d'un dixième de degré, et doit ajuster la position de la corde et de ses mains au millimètre près [...]. Dans quelle direction la flèche doit-elle partir pour parvenir au centre de la cible ? La résistance de l'air a ici relativement peu d'effet. La trajectoire de la flèche est à peu près balistique, c'est-à-dire de forme parabolique.

On étudie dans le référentiel terrestre supposé galiléen le mouvement de la flèche assimilée à un point matériel de masse notée m .

La situation est représentée sur la figure ci-dessous, sans souci d'échelle.

Le champ de pesanteur \vec{g} est parallèle à l'axe (Oz). On prendra $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.



- 1.1. Quelle force peut-on négliger d'après le texte introductif ?
- 1.2. La poussée d'Archimède étant elle aussi ici négligeable, établir l'expression du vecteur accélération \vec{a} de la flèche à partir du bilan des forces s'exerçant sur celle-ci.

1.3. On note α l'angle que fait le vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 de la flèche avec l'axe horizontal (Ox). Les équations horaires paramétriques du mouvement du centre d'inertie sont :

$$x(t) = (v_0 \cdot \cos\alpha) \cdot t \quad (1)$$

$$z(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin\alpha) \cdot t \quad (2)$$

1.3.1. Montrer que l'équation de la trajectoire de la flèche est la suivante :

$$z = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2\alpha} + x \cdot \tan\alpha$$

1.3.2. Justifier la forme de la trajectoire indiquée à la fin du premier texte.

2. « Chute » de la flèche :

Pour une vitesse initiale typique de 70 m/s (250 km/h), le vol dure environ une seconde. Au moment de toucher la cible, la flèche a chuté d'une certaine distance par rapport au point situé dans le prolongement de la direction de la vitesse initiale. Cette distance de chute, notée h sur la figure, est égale à la moitié du produit de l'accélération de la pesanteur par le carré de la durée du vol ($gt^2/2$). Dans notre exemple, la « chute » est d'environ cinq mètres, d'où l'on déduit que la vitesse initiale de la flèche doit faire un angle de quatre degrés avec la droite joignant le tireur et le centre du blason.

On note A le point situé dans le prolongement de la direction de la vitesse initiale (voir figure).

2.1. Durée du trajet de la flèche :

Soit t_C la date à laquelle la flèche atteint la cible. Cette date est égale à la durée du vol de la flèche.

2.1.1. En utilisant l'équation horaire paramétrique (1), exprimer t_C en fonction de v_0 , α et x_C , abscisse du point C, centre de la cible.

2.1.2. Vérifier à l'aide d'un calcul la cohérence des valeurs numériques données dans les deux textes encadrés précédents.

2.2. « Distance de chute » :

2.2.1. Quelle hypothèse peut-on faire pour considérer que la flèche atteint le point A en gardant les mêmes conditions initiales de tir ? Préciser alors, en justifiant, la nature du mouvement de la flèche.

2.2.2. On peut considérer que la durée du trajet hypothétique OA de la flèche et la durée t_C du parcours parabolique OC sont identiques.

Exprimer dans ces conditions la « distance de chute » h en fonction de v_0 , t_C et α .

2.2.3. En utilisant l'équation horaire paramétrique (2), retrouver alors que la « distance de chute » h , pour un tir réalisé dans les conditions réelles, est égale à « $gt^2/2$ », comme indiqué dans le texte ci-dessus.

3. Influence de la valeur de la vitesse initiale sur le tir

*On suppose que l'archer vise toujours juste : l'angle α est constant et égal à 4° .
On envisage une augmentation de la vitesse initiale v_0 , cette dernière restant cependant suffisamment faible pour permettre à la flèche de toucher la cible.*

3.1. Comment évoluent la durée du vol de la flèche et la « distance de chute » h .

3.2. Dans ces conditions, où la flèche va-t-elle frapper la cible ?

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30

Coefficient : 6

Obligatoire

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Il sera tenu compte de la qualité de la présentation et de l'expression des résultats numériques en fonction des données figurant dans les énoncés (emploi correct des chiffres significatifs).

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 :

EXERCICE I	Des piles qui évoluent	(6,5 points)
EXERCICE II	Le dauphin à flancs blancs	(5,5 points)
EXERCICE III	Les ondes	(4 points)

Les annexes 1 et 2 pages 9/10 et 10/10 sont à remettre avec la copie.

EXERCICE I : DES PILES QUI ÉVOLUENT (6,5 points)

En mars 1800, le physicien italien Alessandro Volta (1745-1827) inventa la pile. Elle était composée d'un empilement (d'où le nom de pile...) de petits disques de cuivre et de zinc alternés.

Chaque disque était séparé d'un autre par un bout de carton imbibé de saumure, eau salée de formule $(\text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)})$.

Mais la pile Volta fut rapidement abandonnée car la tension à ses bornes chutait trop rapidement. On fabriqua alors par la suite la pile à deux liquides séparés : la pile Daniell, qui fut longtemps utilisée par ceux qui recherchaient une source durable d'énergie.

Les piles sont devenues des éléments omniprésents de notre vie quotidienne et l'objet d'un marché mondial considérable. La mise au point de nouvelles technologies et l'amélioration de leurs performances ont donc été nécessaires.

Par exemple, la pile argent-zinc a permis de remplacer des technologies dépassées ou interdites pour leurs dangers pour l'environnement (piles au mercure). Elle est utilisée dans l'horlogerie notamment.

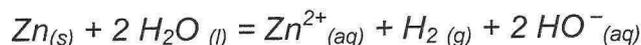
Pour la fabriquer, il est nécessaire de produire du zinc de façon industrielle par électrolyse.

1^{ère} partie : La pile Volta

I.1 Volta utilisait de l'eau salée plutôt que de l'eau « pure » pour imbiber le carton entre chaque disque. Quelle propriété de l'eau salée faisait-il ainsi intervenir ?

I.2 Quelle est la nature des porteurs de charges qui peuvent se déplacer dans ce disque de carton imbibé ?

I.3 L'équation de fonctionnement de cette pile s'écrit :



I.3.1 Sachant que l'une des demi-équations est $\text{Zn}_{(s)} = \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^-$, trouver l'autre demi-équation.

I.3.2 Rappeler la définition d'un réducteur, puis indiquer quel est le réactif qui est réducteur dans cette pile.

I.4 On peut représenter le fonctionnement d'un élément de cette pile débitant dans un conducteur ohmique, de résistance R , par le schéma du **document de l'ANNEXE 1 page 9/10 à remettre avec la copie**.

I.4.1 Compléter le schéma du **document de l'ANNEXE 1 page 9/10 à remettre avec la copie**, en indiquant :

- le sens de déplacement des électrons dans le circuit,
- la borne positive et la borne négative de la pile.

I.4.2 Quel appareil pourrait-on ajouter dans le montage pour mesurer l'intensité du courant dans le conducteur ohmique ? Comment le brancherait-on ?

2^{ème} partie : Production de zinc

Le zinc peut être préparé par électrolyse d'une solution aqueuse de sulfate de zinc ($Zn^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$) acidifiée avec de l'acide sulfurique ($2H^{+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)}$). On observe alors un dépôt de zinc sur la cathode et un dégagement gazeux de dioxygène sur l'anode.

Les électrodes utilisées sont inertes et l'ion sulfate ne participe pas aux réactions électrochimiques.

Données :

- Couples redox : $Zn^{2+}_{(aq)} / Zn_{(s)}$ $H^{+}_{(aq)} / H_{2(g)}$ $O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$
- Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Faraday : $1 \mathcal{F} = 9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$
- Charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Masse molaire : $M(Zn) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$

- I.5.1** Faire le schéma de l'électrolyse d'une solution de sulfate de zinc qui pourrait être réalisée en laboratoire. Préciser la nature et le sens de déplacement des porteurs de charges dans le circuit électrique à l'extérieur de l'électrolyseur ainsi que la polarité du générateur.
- I.5.2** Indiquer les formules chimiques de toutes les espèces présentes à l'état initial dans la solution.
- I.5.3** Écrire les demi-équations des réactions susceptibles de se produire aux électrodes compte tenu des observations et sachant que l'eau subit une oxydation à l'anode.
- I.5.4** Indiquer l'anode et la cathode sur le schéma précédent.
- I.6** Écrire l'équation de la réaction de cette électrolyse.
- I.7** S'agit-il d'une transformation spontanée ou forcée ? Justifier.
- I.8** Dans l'industrie, l'intensité du courant est $I = 4,3 \times 10^4 \text{ A}$ et la tension maintenue entre les électrodes est de 3,5 V.
- I.8.1** Calculer la quantité d'électricité Q qui traverse l'électrolyseur en 24 heures.
- I.8.2** Montrer que la quantité d'électrons qui circulent pendant cette même durée est $n_{e^-} = 3,9 \times 10^4 \text{ mol}$.
- I.8.3** Calculer alors $n(Zn)_f$ la quantité de zinc formé, puis $m(Zn)_f$ la masse de zinc produit en 24 heures.
- I.8.4** Vérifier que la concentration en ions zinc dans la solution au bout des 24 h est $[Zn^{2+}]_f = 6,1 \text{ mol.L}^{-1}$, sachant qu'elle était de 10 mol.L^{-1} à l'état initial, pour un volume $V = 5,0 \text{ m}^3$ de solution dans la cuve.

EXERCICE II : LE DAUPHIN À FLANCS BLANCS (5,5 POINTS)

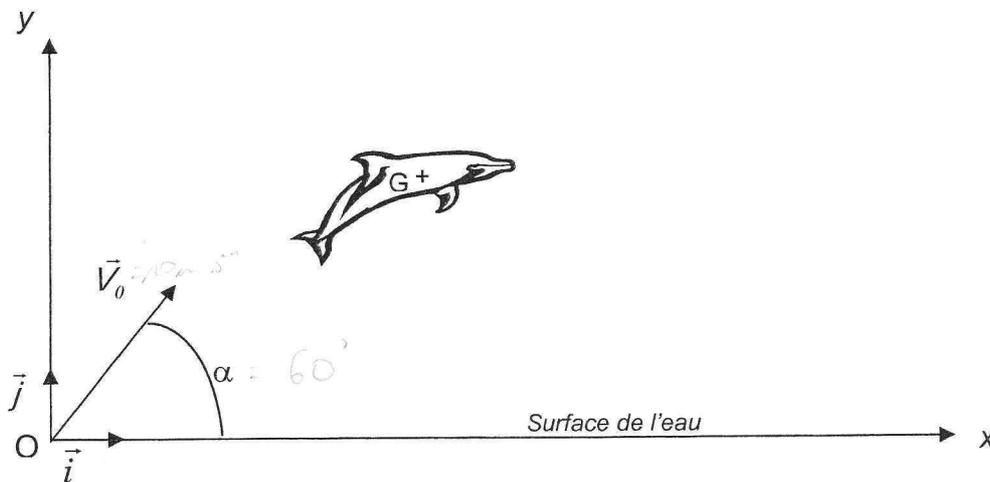
Le dauphin à flancs blancs du Pacifique est peut-être l'espèce la plus abondante du Pacifique Nord. C'est un dauphin très sociable et qui voyage généralement en groupe ; il est rapide, puissant et bon surfeur. Il est capable de délaissier un repas pour attraper la vague provoquée par le passage d'un navire. Un jour, un dauphin a fait un saut de 3 mètres pour se retrouver sur le pont d'un navire de recherche arrêté en mer !

Quand il a atteint sa taille adulte, il mesure environ 2,50 mètres et pèse jusqu'à 180 kg.

Issu du site « Pêches et océans Canada »

1^{ère} partie : Étude cinématique du saut du dauphin

Dans cette partie, on négligera les actions de l'air (frottements et poussée d'Archimède) sur le dauphin. Au cours du saut hors de l'eau, le dauphin n'est soumis qu'à son poids.



On souhaite étudier la trajectoire du centre d'inertie G du dauphin pendant son saut hors de l'eau. Le repère d'étude est (O, \vec{i}, \vec{j}) . On choisit comme origine des dates l'instant où le centre d'inertie G du dauphin est confondu avec le point O . Le vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 est dans le plan (Oxy) et est incliné d'un angle α par rapport à l'axe Ox .

Grâce à l'exploitation d'un enregistrement vidéo du saut du dauphin, on a pu trouver que la valeur de la vitesse initiale est $V_0 = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et que l'angle α vaut 60° .

Pour les calculs, on prendra $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. La masse du dauphin est notée m .

II.1 En appliquant la deuxième loi de Newton, donner l'expression du vecteur accélération \vec{a}_G du centre d'inertie du dauphin, puis ses coordonnées a_x et a_y dans le repère d'étude.

II.2

II.2.1 En déduire l'expression littérale de la coordonnée $V_x(t)$ du vecteur vitesse du centre d'inertie en fonction de la vitesse initiale V_0 et de l'angle α , puis celle de la coordonnée $V_y(t)$ en fonction de V_0 , α , g et t .

II.2.2 Établir les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement du centre d'inertie.

II.3 Sachant qu'il faut 0,87 seconde au dauphin pour atteindre le sommet S de cette trajectoire, le saut effectué est-il réellement d'au moins 3 mètres de haut ? Justifier.

- II.4** Les positions du centre d'inertie du dauphin sont données à intervalles de temps réguliers sur le **document de l'ANNEXE 2, page 10/10 à remettre avec la copie**, l'échelle du document est 1 cm pour 0,50 m, la durée entre deux positions est $\Delta t = 0,10$ s.
- II.4.1** À partir du **document ANNEXE 2 page 10/10 à remettre avec la copie**, déterminer la valeur de la vitesse du centre d'inertie du dauphin aux points 4 et 6. On les notera V_4 et V_6 .
- II.4.2** Tracer les vecteurs vitesse \vec{V}_4 et \vec{V}_6 sur le **document ANNEXE 2 page 10/10 à remettre avec la copie**, en utilisant l'échelle : 1 cm pour 2 m.s^{-1} .
- II.4.3** Construire sur le **document ANNEXE 2 page 10/10 à remettre avec la copie** le vecteur $\Delta\vec{V} = \vec{V}_6 - \vec{V}_4$ au point 5 et déterminer sa valeur en m.s^{-1} en utilisant l'échelle précédente.
- II.4.4** En déduire la valeur a_5 du vecteur accélération \vec{a}_5 , vecteur accélération au point 5. Le représenter sur le **document ANNEXE 2 page 10/10 à remettre avec la copie** en choisissant comme échelle de représentation : 1 cm pour 2 m.s^{-2} .
- II.4.5** Les résultats de la **question II.4.4** sont-ils en accord avec ceux de la **question II.1** ? Justifier.

2^{ème} partie : Étude énergétique

La position du centre d'inertie G est donnée par ses coordonnées x et y , sa vitesse par ses coordonnées V_x et V_y .

Données :

- Masse du dauphin : $m = 180 \text{ kg}$
- Valeur du champ de pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- Vitesse initiale V_0 du centre d'inertie du dauphin : 10 m.s^{-1}
- Angle α : 60°

- II.5** Exprimer l'énergie cinétique $E_c(G)$ du dauphin en fonction de m , V_x et V_y .
- II.6** Exprimer l'énergie potentielle $E_p(G)$ de pesanteur du dauphin en fonction de l'ordonnée y , de la masse m et de g . On la choisira égale à 0 pour $y = 0$.
- II.7** Montrer que l'énergie mécanique du dauphin a pour valeur $9,0 \times 10^3 \text{ J}$ à la date $t = 0$.
- II.8** Par une étude énergétique, retrouver l'ordonnée y_S du sommet S de la trajectoire.

EXERCICE III : LES ONDES (4 points)

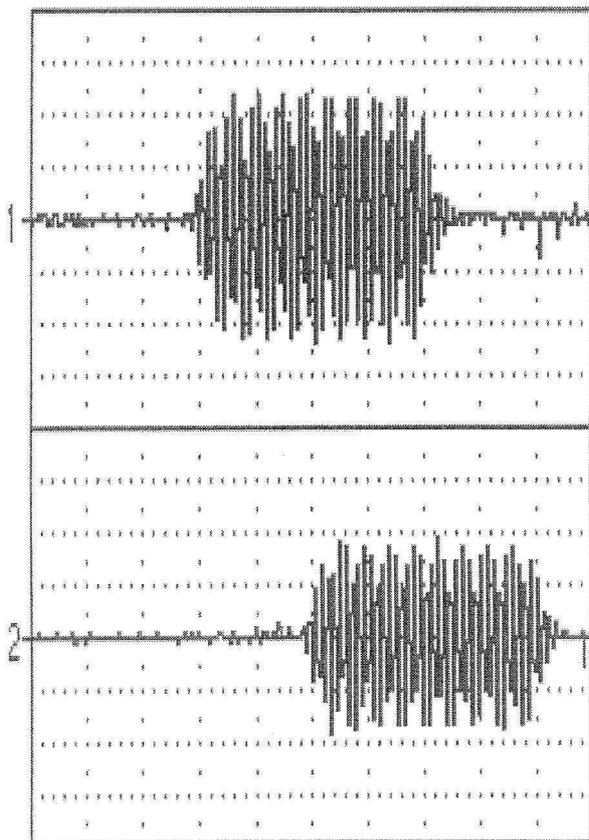
Cet exercice comporte 12 AFFIRMATIONS, toutes indépendantes, concernant les ondes étudiées en physique. À chaque affirmation, répondre par VRAI ou FAUX. Toute réponse doit être justifiée à l'aide de définitions, de calculs ou de schémas.

1^{ère} partie : Les ondes sonores et ultrasonores

Donnée : La célérité des ultrasons dans l'air est $V = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

Beaucoup d'animaux utilisent les ondes sonores ou ultrasonores pour communiquer entre eux, chasser leur proie ou se localiser. Pour illustrer quelques propriétés de telles ondes, on utilise des émetteurs et récepteurs ultrasonores.

Un émetteur et un récepteur d'ultrasons sont placés côte à côte face à une paroi réfléchissante. L'émetteur émet des salves d'ultrasons. Les tensions de sortie de l'émetteur et du récepteur sont observées sur l'écran d'un oscilloscope et sont données sur la figure ci-dessous :



Le coefficient de balayage horizontal est :
 $k = 1,0 \text{ ms / div}$

Écran 1 : signal de l'émetteur

Écran 2 : signal du récepteur

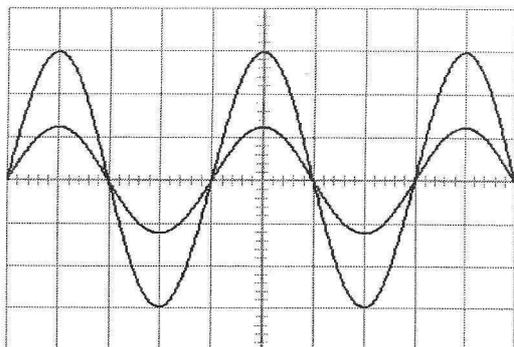
AFFIRMATION 1 : Les ondes ultrasonores sont des ondes mécaniques. *Faux*

AFFIRMATION 2 : Le retard Δt entre l'émission et la réception est de 2,0 ms. *Vrai*

AFFIRMATION 3 : L'émetteur et le récepteur sont alors placés à 34 cm de la paroi réfléchissante. *Faux*

On enlève maintenant la paroi réfléchissante, on place l'émetteur en mode continu. On place le récepteur face à l'émetteur de façon à obtenir deux signaux en phase.

On observe les signaux de sortie de l'émetteur et du récepteur sur la figure ci-dessous :



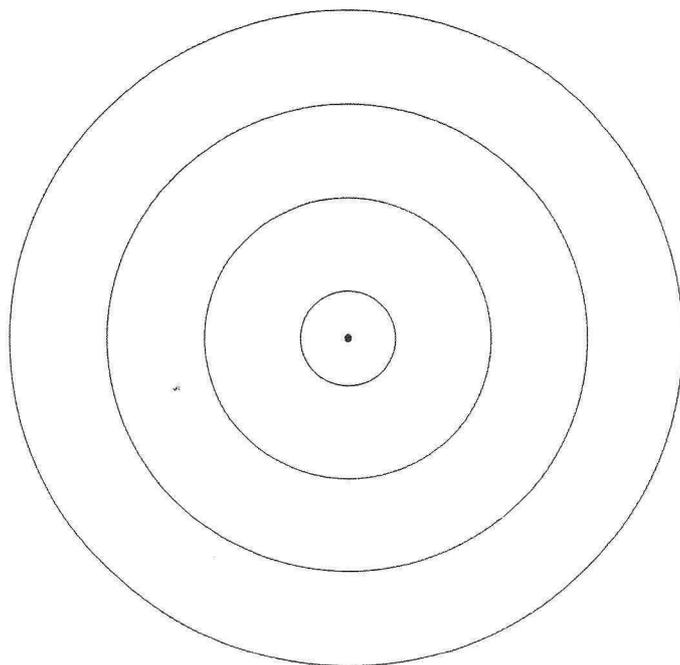
Le coefficient de balayage horizontal est :
 $k = 5,0 \mu\text{s} / \text{div}$

AFFIRMATION 4 : La fréquence des signaux est de 40 kHz.

AFFIRMATION 5 : Il faut éloigner le récepteur de 6,8 cm de l'émetteur pour que les signaux se retrouvent en phase pour la première fois.

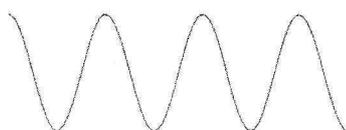
2^{ème} partie : Les ondes à la surface de l'eau

Un vibreur muni d'une pointe S crée une onde à la surface de l'eau d'une cuve à ondes. On obtient les relevés suivants, à l'échelle 1/2 :



1,25 cm

Vue de dessus à l'échelle 1/2
 (1 cm sur la figure correspond à 2 cm en réalité)



Vue de profil à l'échelle 1/2

AFFIRMATION 6 : L'onde formée est une onde périodique.

AFFIRMATION 7 : Cette onde est longitudinale.

AFFIRMATION 8 : La longueur d'onde vaut 2,5 cm.

3^{ème} partie : Les ondes lumineuses

On utilise un faisceau laser de longueur d'onde 633 nm et de diamètre 1 mm.

AFFIRMATION 9 : Ce faisceau laser subit une dispersion quand il passe à travers un prisme en verre.

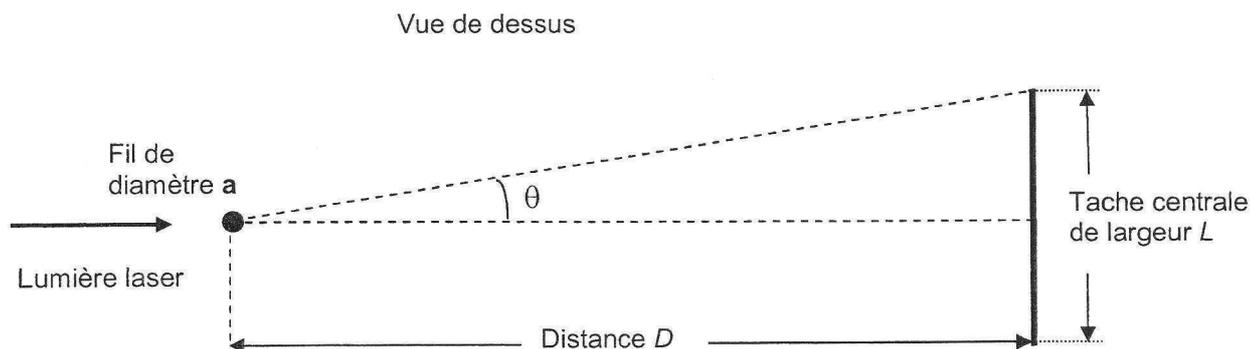
AFFIRMATION 10 : La valeur de l'indice de réfraction n d'un milieu dispersif dépend de la fréquence f de la radiation lumineuse qui le traverse.

AFFIRMATION 11 : Il subit une diffraction quand il passe au centre d'une fente de largeur 3 mm.

Le faisceau laser est intercepté par un fil vertical de diamètre a placé à la distance $D = 2,0$ m d'un écran. Le schéma ci-dessous fait apparaître :

- la largeur L de la tache centrale lumineuse observée sur l'écran ;
- la distance D entre le fil et l'écran ;
- l'écart angulaire θ .

On a mesuré $L = 1,3$ cm.

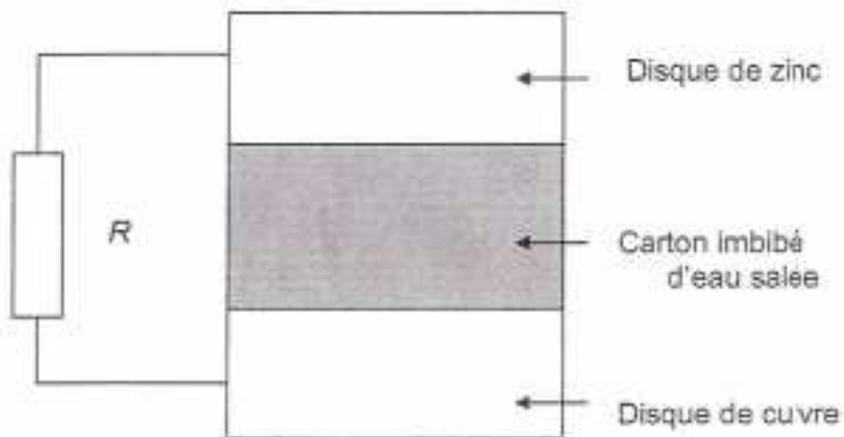


AFFIRMATION 12 : Le diamètre du fil vaut environ 100 μm .

NB : dans les conditions du montage, $\tan \theta \simeq \theta$, θ étant exprimé en radians.

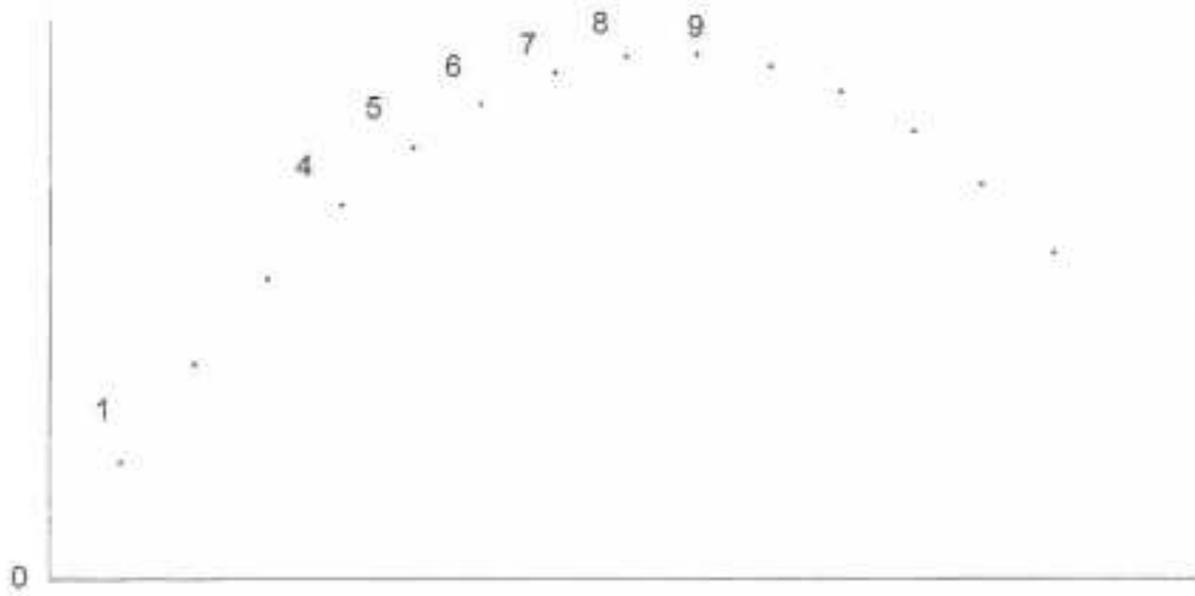
ANNEXE 1 (EXERCICE I)
(À remettre avec la copie)

Document : schéma de la pile



ANNEXE 2 (EXERCICE II)
(À remettre avec la copie)

Document : positions du dauphin

Échelle du document : 1 cm pour 0,50 m
Durée entre 2 positions : 0,10 s

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

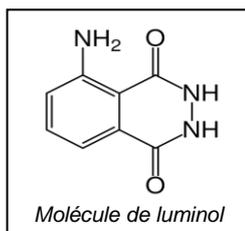
DURÉE de L'ÉPREUVE : 3 h 30 - COEFFICIENT : 6

L'usage d'une calculatrice EST autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE, et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 8) 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.



Le luminol ou 5-amino-2,3-dihydrophthalazine-1,4-dione est un composé organique de formule brute $C_8H_7N_3O_2$. Sa réaction avec certains oxydants conduit à l'émission d'une lumière d'un éclat bleu caractéristique. On parle de chimiluminescence.

L'oxydant habituellement utilisé est l'eau oxygénée $H_2O_2(aq)$. On obtient alors après réaction des ions aminophthalate, du diazote et de l'eau.

Les ions aminophthalate sont dans ce cas dans un état excité. Ils vont retrouver leur état de repos en « dégageant leur surplus d'énergie » sous forme de photons, ce qui se traduit par l'émission d'une lumière bleue.

Toutefois, **cette réaction est très lente**, elle se compte en mois ... **Par contre, elle se produit rapidement en présence d'un composé ferrique, c'est-à-dire un composé contenant des ions fer III.**

L'hémoglobine des globules rouges du sang contient des ions fer III. Le luminol va servir à détecter des traces de sang, même infimes, diluées par lavage ou séchées.

Après avoir assombri les lieux, les techniciens de la police scientifique pulvérisent un mélange de luminol et d'eau oxygénée. Au contact des endroits où du sang est tombé, des chimiluminescences apparaissent avant de s'éteindre environ 30 secondes après. Un appareil photo mis en pose lente permet de localiser ces traces.

D'après le site : <http://la-science-rattrape-jack>.

Données :

- Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
- La loi des gaz parfaits s'écrit : $P.V = n.R.T$
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,3 \text{ SI}$

1 . La lumière émise est une lumière bleue.

1.1. Quelques définitions

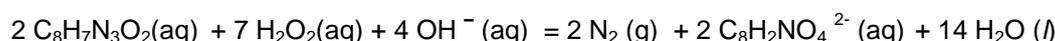
- 1.1.1. À quel domaine, mécanique ou électromagnétique, une onde lumineuse appartient-elle ?
- 1.1.2. Concernant le milieu de propagation, en quoi ces deux types d'onde se différencient-ils ?

1.2. La longueur d'onde de l'onde émise est voisine de 400 nm.

- 1.2.1. Quelle énergie un photon émis transporte-t-il lors de la désexcitation des ions aminophthalate ?
- 1.2.2. Cette valeur serait-elle plus élevée si la lumière émise était rouge ? Justifier.

2 . La réaction produite est une réaction d'oxydoréduction.

L'équation de la réaction s'écrit :



Pour illustrer cette réaction, trois solutions sont préparées :

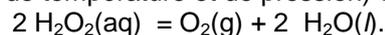
- une solution S_1 avec 1g de luminol, 250 g d'hydroxyde de sodium NaOH (s) et de l'eau distillée.
- une solution S_2 avec 5 g de ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ (s) et 250 mL d'eau distillée.
- une solution S_3 constituée de 0,5 mL d'eau oxygénée à 110 volumes.

Les solutions S_1 et S_2 sont mélangées dans un bécher puis la solution S_3 est ajoutée. Le mélange réactionnel a un volume $V = 350 \text{ mL}$.

On constate qu'avant l'ajout de la solution S_3 , le mélange est jaune et qu'après, des taches bleues apparaissent.

2.1. L'eau oxygénée joue le rôle de l'oxydant. Qu'appelle-t-on oxydant ?

- 2.2. Le titre d'une eau oxygénée exprime le volume de dioxygène (mesuré en litres dans les conditions normales de température et de pression) que peut libérer un litre d'eau oxygénée lors de la réaction de dismutation :



Ainsi, une eau oxygénée à 110 volumes a une concentration molaire $C = 9,8 \text{ mol. L}^{-1}$.

On veut vérifier la concentration molaire de la solution d'eau oxygénée à 110 volumes. Cette solution est diluée 10 fois. On obtient la solution S_R , de concentration molaire C_R . Un prélèvement $V_R = 10,0 \text{ mL}$ de cette solution est dosé par une solution de permanganate de potassium acidifiée de concentration molaire $C_O = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$.

Les couples mis en jeu sont les suivants : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ et $\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$.

2.2.1. Ecrire l'équation de la réaction support du dosage.

2.2.2. Rappeler la définition de l'équivalence. Comment l'équivalence est-elle repérée dans ce dosage ?

2.2.3. Le volume de solution de permanganate de potassium acidifié versé à l'équivalence est $V_E = 8,0 \text{ mL}$. En déduire la concentration C_R de la solution diluée S_R et vérifier que la concentration de la solution d'eau oxygénée à 110 volumes est voisine de celle annoncée. (On pourra s'aider d'un tableau d'avancement).

3. La réaction entre le luminol et l'eau oxygénée est une transformation lente.

La réaction entre le luminol et l'eau oxygénée est réalisée maintenant dans une enceinte fermée. On rappelle que le mélange réactionnel a un volume $V = 350 \text{ mL}$.

La formation de diazote crée une surpression qui s'additionne à la pression de l'air initialement présent.

Grâce à un capteur de pression, on mesure, en fonction du temps, la valeur de la pression P à l'intérieur de l'enceinte.

Soit P_0 la pression due à l'air régnant initialement dans l'enceinte, $T = 300 \text{ K}$ la température du milieu (supposée constante durant l'expérience) et $V_{\text{gaz}} = 2,1 \text{ L}$, le volume de gaz contenu dans l'enceinte. Tous les gaz sont considérés comme parfaits.

3.1.

3.1.1. Exprimer P_0 en fonction de $n(\text{air})$, V_{gaz} , R et T si $n(\text{air})$ est la quantité de matière d'air initialement présente dans l'enceinte. Soit $n(\text{N}_2)$ la quantité de matière de diazote formé au cours de la réaction.

3.1.2. Exprimer P en fonction de $n(\text{air})$, $n(\text{N}_2)$, V_{gaz} , R et T .

3.1.3. En déduire l'expression de la surpression $P - P_0$

3.2. Soit n_1 et n_2 les quantités initiales de matière de luminol et d'eau oxygénée. Les ions hydroxydes $\text{HO}^-(\text{aq})$ sont introduits en excès. Compléter le tableau d'avancement simplifié donné en document 1 sur l'**annexe page 8/8 à rendre avec la copie**. Déterminer la valeur de l'avancement maximum noté x_{max} .

Dans ce tableau, la quantité de diazote **correspond exclusivement au diazote produit par la réaction**.

3.3. Etablir la relation entre x l'avancement de la réaction, la surpression $(P - P_0)$, V_{gaz} , R et T .

3.4. On mesure, dans l'état final, une surpression de 1660 Pa . Retrouver la valeur x_{max} de l'avancement maximal.

3.5. Un logiciel permet de traiter les mesures de pression P afin d'obtenir la courbe $x = f(t)$ donnée en **document 2** sur l'**annexe page 8/8 à rendre avec la copie**. La tangente (T) à l'origine a été tracée.

3.5.1. La vitesse volumique de réaction à la date t est donnée par la relation $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ où x est l'avancement

de la réaction à cette date et V le volume du mélange réactionnel.

Comment évolue cette vitesse en fonction du temps ? Comment expliquer cette évolution ?

3.5.2. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et le déterminer approximativement à partir de la courbe $x = f(t)$.

4. La réaction entre le luminol et l'eau oxygénée devient rapide en présence d'un composé ferrique.

4.1. Les ions fer III jouent le rôle de catalyseur. Qu'est-ce qu'un catalyseur ?

4.2. Expliquer, en deux ou trois lignes, pourquoi cette transformation, dont la vitesse est accrue, est intéressante en criminologie.

EXERCICE 2 : PILE AU LITHIUM ET SUPER CONDENSATEUR (5,5 points)

Un sondage réalisé en ligne auprès de 1873 personnes du 22 au 27 septembre 2010, révèle que 65% des français seraient prêts à acheter une voiture électrique et ce pourcentage atteint même 72% si l'on considère la tranche des 25-34 ans.

Ce sondage s'intéresse également à l'échéance d'achat. Il souligne une donnée importante : 64% des personnes interrogées sont prêtes à acheter un véhicule électrique d'ici 5 à 10 ans !

Cependant, la première raison qui bloque les Français à opter pour la voiture électrique est le nombre encore insuffisant de bornes de recharge (92% des personnes interrogées).

Dans ce contexte, les constructeurs doivent donc en priorité gérer le délicat problème du stockage de l'énergie électrique de leurs véhicules.

Aujourd'hui, deux grandes tendances semblent se dessiner : l'utilisation de batteries au lithium et celle de supercondensateurs.

Nous nous proposons d'étudier ces 2 technologies.

Les deux parties sont indépendantes**PARTIE 1 : Accumulateur au Lithium**

Un accumulateur est un système chimique qui fonctionne comme une pile (générateur), lorsqu'il se décharge et qui a la possibilité d'être rechargé comme une batterie de voiture classique (d'où le nom impropre de « pile rechargeable ») ; il se comporte alors comme un récepteur.

Les recherches actuelles pour les véhicules électriques tendent à utiliser des accumulateurs « Li-ion » dans lesquels l'élément lithium est apporté sous forme ionique par le composé LiFePO_4 . La tension de fonctionnement de ces accumulateurs est de l'ordre de $U_{PN} = 3,3 \text{ V}$. Leur temps de recharge a été considérablement diminué mais reste malgré tout encore environ de trois heures.



1.1 On s'intéresse d'abord à la « recharge » de l'accumulateur sur lequel le fabricant a indiqué une quantité d'électricité $Q = 4,32 \text{ kC}$.

1.1.1 Après avoir donné les expressions littérales, déterminer la valeur de l'intensité du courant nécessaire à cette recharge, si elle s'effectuait pendant une durée $\Delta t = 20 \text{ s}$.

1.1.2 Les valeurs d'intensité de courant usuellement utilisées au laboratoire permettraient-elles une durée de recharge aussi courte ?

1.2 On s'intéresse maintenant à la « décharge » de l'accumulateur.

1.2.1 L'ion lithium appartient au couple $\text{Li}^+_{(aq)} / \text{Li}_{(aq)}$ et constitue la borne positive de l'accumulateur. Ecrire l'équation de la réaction qui se produit à cette électrode, et donner le nom de cette électrode.

1.2.2 La transformation qui se produit dans la pile est-elle spontanée ou forcée ? (La nature de cette transformation n'est pas demandée). Au cours du fonctionnement de la pile, le quotient de réaction est-il supérieur ou inférieur à la constante d'équilibre de la réaction qui a lieu au sein de l'accumulateur ?

1.2.3 En considérant la décharge totale de l'accumulateur, calculer la quantité d'ions Li^+ consommée.

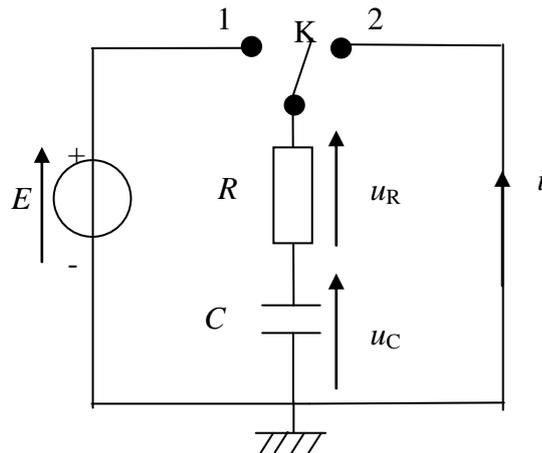
Données : $1 F = 96500 \text{ C}$; $M_{\text{Li}} = 7,0 \text{ g.mol}^{-1}$

PARTIE 2 : Le Supercondensateur

Le supercondensateur implanté dans un véhicule électrique se différencie d'un condensateur électrochimique classique par sa capacité à accumuler une grande quantité d'énergie (par exemple pendant les phases de freinage et d'accélération). Ils sont donc capables d'envoyer à un appareil électrique une puissance élevée pendant un temps court, ce que ne permet pas une batterie. Ces supercondensateurs stockent une quantité d'énergie plus faible qu'une batterie mais ils la restituent plus rapidement. Ils ont une durée de vie plus longue, peuvent fonctionner dans des conditions de températures plus extrêmes et sont plus légers, plus faciles à entreposer et à entretenir. **Ils peuvent se recharger en $\Delta t = 6 \text{ min}$.**



Pour étudier un tel condensateur de capacité C , on le monte dans un circuit en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 1,0 \Omega$. On considèrera qu'à l'instant $t = 0$, date de basculement de l'interrupteur de la position 1 à la position 2, le condensateur est totalement chargé sous une tension $E = 2,5 \text{ V}$.



2.1 Rappeler l'expression de la constante de temps τ d'un circuit RC et montrer, par une analyse dimensionnelle, que τ est homogène à un temps.

2.2 On considère que le condensateur a été totalement chargé après une durée $\Delta t = 5 \tau$. En déduire la valeur de τ puis celle de la capacité C de ce condensateur. Cette valeur de capacité est-elle fréquemment rencontrée au laboratoire ?

Le circuit est orienté dans le sens du courant précisé dans le schéma ci-dessus : le condensateur et le conducteur ohmique sont alors en convention récepteur.

2.3 Rappeler la relation qui lie l'intensité $i(t)$ à la dérivée de la charge $q(t)$ par rapport au temps.

2.4 En appliquant la loi des tensions à ce circuit, établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_C(t)$.

2.5 La solution de cette équation est de la forme $u_C(t) = A.e^{-t/\beta}$. Déterminer :

2.5.1 l'expression de β ;

2.5.2 l'expression de A ;

2.5.3 l'expression finale de $u_C(t)$.

2.6 Donner l'expression littérale de $i(t)$ en fonction de E , R et C . Quel est le sens réel du courant pendant la décharge du condensateur ?

EXERCICE 3 : RADARS... ET EFFET DOPPLER (4 points)

L'effet Doppler fut présenté par Christian Doppler en 1842 pour les ondes sonores puis par Hippolyte Fizeau pour les ondes électromagnétiques en 1848. Il a aujourd'hui de multiples applications.

Un radar de contrôle routier est un instrument servant à mesurer la vitesse des véhicules circulant sur la voie publique à l'aide d'ondes radar. Le radar émet une onde continue qui est réfléchiée par toute cible se trouvant dans la direction pointée. Par effet Doppler, cette onde réfléchiée possède une fréquence légèrement différente de celle émise : plus grande fréquence pour les véhicules s'approchant du radar et plus petite pour ceux s'en éloignant.

En mesurant la différence de fréquence entre l'onde émise et celle réfléchiée, on peut calculer la vitesse de la « cible ».

Mais les radars Doppler sont utilisés dans d'autres domaines...

En météorologie, le radar Doppler permet d'analyser la vitesse et le mouvement des perturbations et de fournir des prévisions de grêle, de pluies abondantes, de neige ou de tempêtes.

En imagerie médicale, le radar Doppler permet d'étudier le mouvement des fluides biologiques. Une sonde émet des ondes ultrasonores et ce sont les globules rouges qui font office d'obstacles et les réfléchissent. L'analyse de la variation de la fréquence des ondes réfléchies reçues par cette même sonde permet ainsi de déterminer la vitesse du sang dans les vaisseaux.

D'après le site : www.over-blog.com

Cet exercice propose d'étudier le principe de l'effet Doppler sonore. Pour simplifier cette approche, la réflexion de l'onde sur l'obstacle ne sera pas prise en compte.

Par ailleurs, on rappelle que plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.

1. Un véhicule muni d'une sirène est immobile.

La sirène retentit et émet un son de fréquence $f = 680$ Hz. Le son émis à la date $t = 0$ se propage dans l'air à la vitesse $c = 340$ m.s⁻¹ à partir de la source S. On note λ la longueur d'onde correspondante.

La **figure 1** ci-dessous représente le front d'onde à la date $t = 4 T$ (T étant la période temporelle de l'onde sonore.)

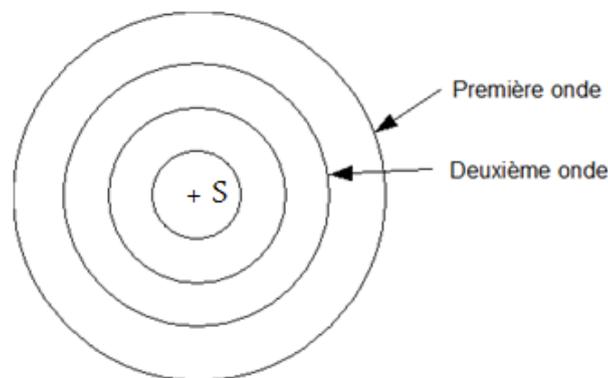


Figure 1

Répondre par « vrai » ou « faux » aux sept affirmations suivantes en justifiant son choix.

- 1.1. Une onde sonore est une onde transversale.
- 1.2. Une onde mécanique se propage dans un milieu matériel avec transport de matière.
- 1.3. La longueur d'onde est indépendante du milieu de propagation.
- 1.4. Un point M distant du point S d'une longueur égale à 51,0 m du milieu reproduit le mouvement de la source S avec un retard $\Delta t = 1,5$ s.

- 1.5. Le front d'onde a parcouru $d = 40,0$ m à la date $t = 3T$.
- 1.6. Deux points situés à la distance $d' = 55,0$ m l'un de l'autre dans la même direction de propagation vibrent en phase.
- 1.7. L'onde se réfléchit sur un obstacle situé à la distance $d'' = 680$ m de la source. L'écho de l'onde revient à la source 2,0 s après l'émission du signal.
2. Le véhicule se déplace maintenant vers la droite à la vitesse v inférieure à c .
La **figure 2** donnée ci-après représente le front de l'onde sonore à la date $t = 4T$.

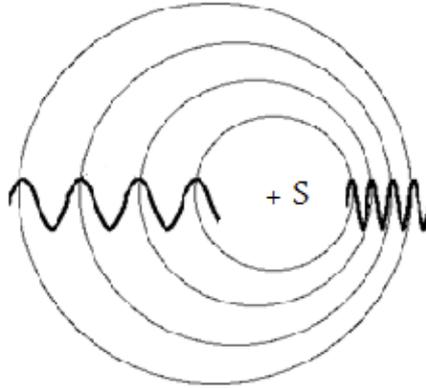


Figure 2

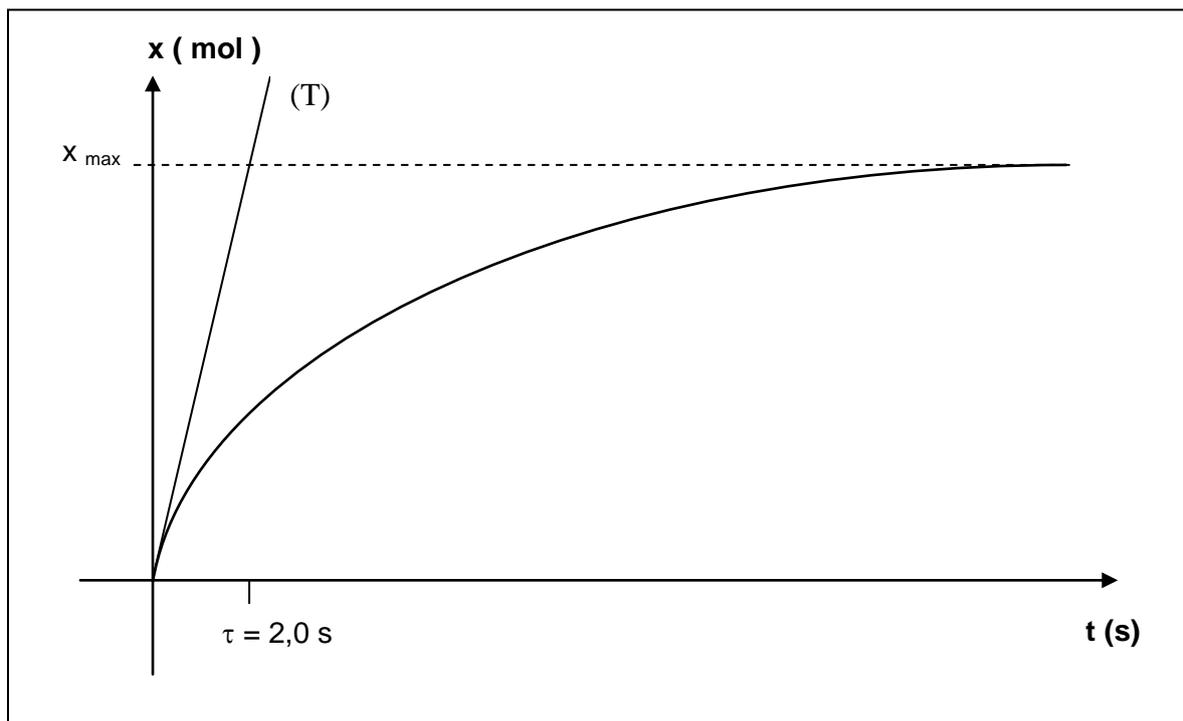
- 2.1. Donner la définition d'un milieu dispersif. L'air est-il un milieu dispersif pour les ondes sonores ?
- 2.2. Le véhicule se rapproche d'un l'observateur immobile.
Pendant l'intervalle de temps T , le son parcourt la distance λ . Pendant ce temps, le véhicule parcourt la distance $d = v.T$.
La longueur d'onde λ' perçue par l'observateur à droite de la source S a donc l'expression suivante :
- $$\lambda' = \lambda - v.T \quad (1)$$
- 2.2.1. Rappeler la relation générale liant la vitesse de propagation, la longueur d'onde et la fréquence.
- 2.2.2. En déduire que la relation (1) permet d'écrire $f' = f \cdot \frac{c}{c - v}$ (f' étant la fréquence sonore perçue par l'observateur).
- 2.2.3. Le son perçu est-il plus grave ou plus aigu que le son d'origine ? Justifier.
- 2.3. Dans un deuxième temps, le véhicule s'éloigne de l'observateur à la même vitesse v .
- 2.3.1. Donner, sans démonstration, les expressions de la nouvelle longueur d'onde λ'' et de la nouvelle fréquence f'' perçues par l'observateur en fonction de f , v et c .
- 2.3.2. Le son perçu est-il plus grave ou plus aigu que le son d'origine ? Justifier.
- 2.4. Exprimer, puis estimer en km.h^{-1} , en arrondissant les valeurs à des nombres entiers, la vitesse du véhicule qui se rapproche de l'observateur sachant que ce dernier perçoit alors un son de fréquence $f' = 716$ Hz.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE 1 :

Avancement		$2 \text{ C}_8\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_2(\text{aq}) + 7 \text{ H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + \dots = 2 \text{ N}_2(\text{g}) + \dots$		
Etat initial	0	$n_1 = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	$n_2 = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	
Etat intermédiaire	x			
Etat final	x_{max}			

Document 1 : Tableau d'avancement simplifié

Document 2 : Courbe $x = f(t)$

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 un exercice de PHYSIQUE, un exercice de CHIMIE et un exercice de PHYSIQUE présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 9) 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 : LES CURIE « PIONNIERS DE L'ATOME » (5,5 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. La radioactivité naturelle

A partir des travaux d'Henri Becquerel sur l'uranium, c'est en 1898 que Marie et Pierre Curie découvrent la propriété atomique qu'ont certains éléments lourds d'émettre spontanément un rayonnement.

Marie Curie donnera le nom de radioactivité à cette propriété persistante dans tous les états chimiques et physiques de la matière.

C'est également en 1898 qu'ils annoncent la découverte de deux nouveaux éléments radioactifs : le polonium et le radium.

Leurs travaux seront couronnés par deux prix Nobel, l'un en 1903, l'autre en 1911.



Données :

Noyau	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^4_2\text{He}$	neutron	proton
Masse en u	225,9791	221,9703	4,00150	1,008665	1,007276

- Unité de masse atomique : $1 u = 1,66606 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- $1 \text{ an} \approx 365,25 \text{ j}$; célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Masse molaire du radium : $M = 226,0 \text{ g.mol}^{-1}$

On rappelle la relation : $\lambda t_{1/2} = \ln 2$, où λ est la constante radioactive, et $t_{1/2}$ la demi-vie.

1.1. Le becquerel est une unité de mesure utilisée en radioactivité, donner sa définition.

1.2. Le noyau de radium ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ se désintègre spontanément en donnant un noyau de radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ lui-même radioactif. Cette désintégration s'accompagne de l'émission d'un rayonnement γ de longueur d'onde $6,54 \times 10^{-12} \text{ m}$.

1.2.1. Donner la composition du noyau de radium.

1.2.2. Ecrire l'équation de la réaction de désintégration du radium et préciser le type de radioactivité.

1.2.3. Expliquer la présence du rayonnement γ émis lors de la désintégration du radium. Quelle information fournit-elle sur le noyau ?

1.3. Déterminer l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de radium, on la notera E et on l'exprimera en joules.

1.4. L'activité d'un gramme de radium est égale à $A = 3,70 \times 10^{10} \text{ Bq} = 1 \text{ Curie}$.

1.4.1. Déterminer le nombre N de noyaux de radium présents dans l'échantillon de 1,00 g.

1.4.2. Calculer le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du radium et vérifier que $t_{1/2} = 1,58 \times 10^3$ années.

1.4.3. Au bout de combien de temps les $\frac{3}{4}$ des noyaux de radium seront-ils désintégrés ?

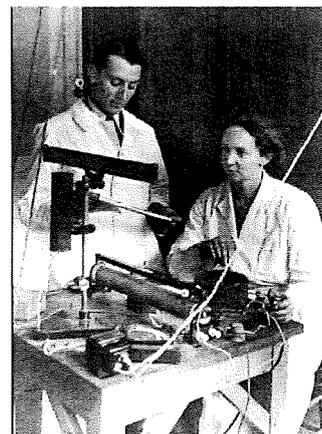
2- La radioactivité artificielle

Irène et Frédéric Joliot-Curie découvrent en 1934 la radioactivité artificielle, ce qui leur vaudra le prix Nobel de physique en 1935.

Ils ont notamment réussi la synthèse du phosphore 30 ($^{30}_{15}\text{P}$), isotope radioactif du phosphore 31 ($^{31}_{15}\text{P}$).

Le phosphore 30, produit artificiellement, se transforme spontanément par désintégration β^+ en silicium 30 ($^{30}_{14}\text{Si}$), noyau obtenu directement dans son état fondamental.

La diversité des radioéléments artificiels a permis leur utilisation dans les domaines de la médecine, la biologie, l'astrophysique, la géophysique, la radiothérapie, la datation...



2.1. Exploitation du texte

- 2.1.1. Quelle est la différence entre la radioactivité naturelle et la radioactivité artificielle ?
- 2.1.2. Pourquoi le phosphore 30 est-il dit isotope du phosphore 31 ?

2.2. Désintégration du phosphore 30

- 2.2.1. Donner le nom et le symbole de la particule émise lors d'une désintégration β^+ .
- 2.2.2. Ecrire l'équation de la désintégration du phosphore 30 en indiquant les lois utilisées.
- 2.2.3. Y a-t-il émission d'un rayonnement lors de la désintégration du phosphore 30 ? Justifier.

EXERCICE II : CHIMIE AU QUOTIDIEN : (6,5 points)
DES EXPERIENCES DE CHIMIE REALISABLES CHEZ-SOI

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. La pile au citron

Une expérience simple à réaliser chez soi : alimenter un cadran d'horloge, comme l'écran à cristaux liquide d'un réveil de voyage, avec un citron !

Matériel nécessaire pour réaliser la pile :

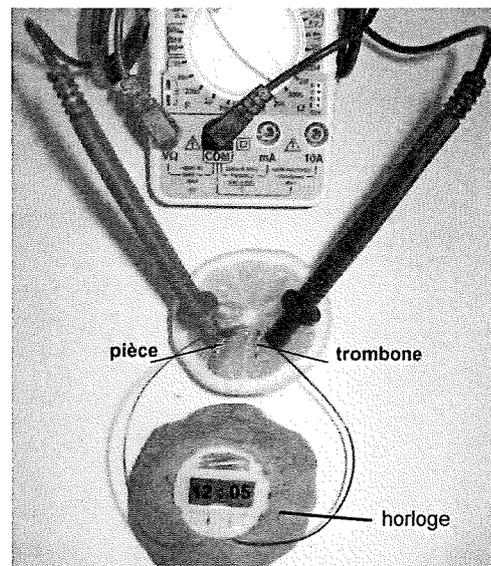
- Pièces anciennes en cuivre
- Trombones galvanisés (entièrement recouverts de zinc)
- Fils électriques
- Plusieurs citrons
- Un multimètre

L'objectif de cet exercice est d'expliquer scientifiquement le phénomène.

Données :

- $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$;
- Constante de Faraday : $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$
- couples oxydant / réducteur :
 $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) / \text{Zn}(\text{s})$; $\text{H}^+(\text{aq}) / \text{H}_2(\text{g})$.

Figure 1 : la pile au citron



1.1. Polarité de la pile

On désire mesurer la tension à vide aux bornes de « la pile au citron ».

Pour ce faire, on a réalisé le montage de la figure 1 ci-dessus : l'indication donnée par le voltmètre est : + 0,84 V.

1.1.1. Quel autre nom donne-t-on à la tension à vide d'une pile ?

1.1.2. Déterminer la polarité de la pile au niveau de la pièce et du trombone. Justifier votre réponse.

1.2. Principe de fonctionnement de la pile

Au cours de son utilisation on constate une effervescence au niveau de la pièce ancienne. Après analyse du gaz, on en déduit qu'il s'agit de dihydrogène.

1.2.1. Comment peut-on mettre en évidence expérimentalement la présence de dihydrogène ?

1.2.2. Ecrire les équations des réactions d'oxydoréduction ayant lieu à chaque électrode en précisant le type de réaction (oxydation ou réduction) et le nom de chaque électrode.

1.2.3. En déduire l'équation de la réaction globale se produisant au cours du fonctionnement de cette pile.

1.2.4. D'où proviennent les ions $\text{H}^+(\text{aq})$ présents dans les réactifs ?

1.2.5. Parmi les solutions aqueuses telles que le vinaigre, l'eau sucrée et le jus d'orange, justifier celle(s) qui aurai(en)t pu remplacer le citron ?

1.2.6. Comment peut-on obtenir, avec le matériel disponible, un dispositif délivrant une tension à vide deux fois plus grande ?

1.3. Etude quantitative

La pile est utilisée pour faire fonctionner une horloge pendant une durée $\Delta t = 5 \text{ min } 30 \text{ s}$. L'intensité I du courant débité par la pile est égale à 10 mA.

- 1.3.1. Quelle quantité d'électricité Q est débitée par la pile pendant la durée Δt ?
- 1.3.2. Déterminer n , la quantité de matière de zinc consommée au cours du fonctionnement de la pile. Justifier.
- 1.3.3. En déduire la variation de masse Δm du trombone pendant la durée de fonctionnement Δt .

2. Cuivrer un objet en fer

Une autre expérience simple à réaliser chez soi : cuivrer un objet en fer, soit encore déposer du cuivre sur un objet en fer.

Matériel nécessaire pour réaliser le dépôt :

- Bouillie bordelaise en poudre, en vente dans les jardinerie
- Eau déminéralisée
- Un objet à cuivrer : une clé en fer
- Un petit objet en cuivre :
- Une cuve
- 2 fils électriques
- Une pile de 4,5 V

Données : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{S}) = 32,1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$

2.1. Préparation de l'électrolyte

On trouve du sulfate de cuivre CuSO_4 dans « la bouillie bordelaise », poudre très connue des jardiniers qui l'utilisent comme fongicide (produit conçu pour tuer ou limiter le développement des champignons parasites des végétaux). Sur un paquet de « bouillie bordelaise » acheté en jardinerie, on peut lire « contient 80 % en masse de CuSO_4 ».

- 2.1.1. Déterminer la masse notée m de bouillie bordelaise à prélever dans un paquet pour préparer un volume $V = 250 \text{ mL}$ de solution aqueuse de sulfate de cuivre de concentration molaire apportée $C = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$. Cette solution servira d'électrolyte.
- 2.1.2. Indiquer le protocole expérimental pour préparer l'électrolyte à l'aide du matériel que l'on peut trouver dans les laboratoires de chimie d'un lycée.

2.2. Cuivrage par une transformation spontanée

En plongeant la clé en fer dans l'électrolyte préparée au 2.1., elle se recouvre instantanément d'une mince couche de cuivre Cu.

Les couples intervenant au cours de la transformation sont $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}(\text{s})$ et $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}(\text{s})$.

- 2.2.1. Ecrire l'équation de la réaction qui modélise la transformation se produisant dans le mélange réactionnel. Préciser l'espèce jouant le rôle d'oxydant et celle jouant le rôle de réducteur.
- 2.2.2. Calculer le quotient de réaction initial $Q_{r,i}$ et justifier le caractère spontané de cette transformation ; la constante d'équilibre de la réaction vaut $K = 10^{26}$.
- 2.2.3. La présence de cuivre à la surface de la clé interrompt la réaction, le dépôt de cuivre sur la clé est donc très mince, proposer une explication pour rendre compte de ce phénomène.

2.3. Cuivrage par une transformation forcée

Afin d'augmenter le dépôt de cuivre sur la clé, on réalise une électrolyse à anode soluble.

Pour ce faire, on plonge l'objet en cuivre et la clé dans l'électrolyte préparé au 2.1 (cf. **figure 2 de l'annexe page 9**) puis on les relie convenablement à la pile de 4,5 V avec deux fils électriques.

Le seul couple mis en jeu au cours de l'électrolyse est celui relatif au cuivre $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}(\text{s})$.

- 2.3.1. Sur quelle électrode doit se faire le dépôt de cuivre ? Écrire l'équation de la réaction à cette électrode.
- 2.3.2. En déduire la l'équation de la réaction à l'autre électrode et montrer que le bilan de l'électrolyse est : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})_{\text{pièces}} = \text{Cu}(\text{s})_{\text{clé}} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$
- 2.3.3. Sur le schéma du montage de la **figure 2 de l'annexe page 9 à rendre avec la copie**, placer les fils électriques et la pile de 4,5 V en précisant sa polarité pour un montage correct et le déplacement des charges lors de l'électrolyse.

EXERCICE III : LE LASER AU QUOTIDIEN (4 points)

Saviez-vous que si vous regardez des DVD, naviguez sur le web, scannez les codes barre et si certains peuvent se passer de leurs lunettes, c'est grâce à l'invention du laser, il y a 50 ans !

Intéressons-nous aux lecteurs CD et DVD qui ont envahi notre quotidien. La nouvelle génération de lecteurs comporte un laser bleu (le blu-ray) dont la technologie utilise une diode laser fonctionnant à une longueur d'onde $\lambda_B = 405 \text{ nm}$ d'une couleur bleue (en fait violacée) pour lire et écrire les données. Les CD et les DVD conventionnels utilisent respectivement des lasers infrarouges et rouges. Les disques Blu-ray fonctionnent d'une manière similaire à celle des CD et des DVD.

Le laser d'un lecteur blu-ray émet une lumière de longueur d'onde différente de celles des systèmes CD ou DVD, ce qui permet de stocker plus de données sur un disque de même taille (12 cm de diamètre), la taille minimale du point sur lequel le laser grave l'information étant limitée par la diffraction.

Pour stocker davantage d'informations sur un disque, les scientifiques travaillent sur la mise au point d'un laser ultra violet.

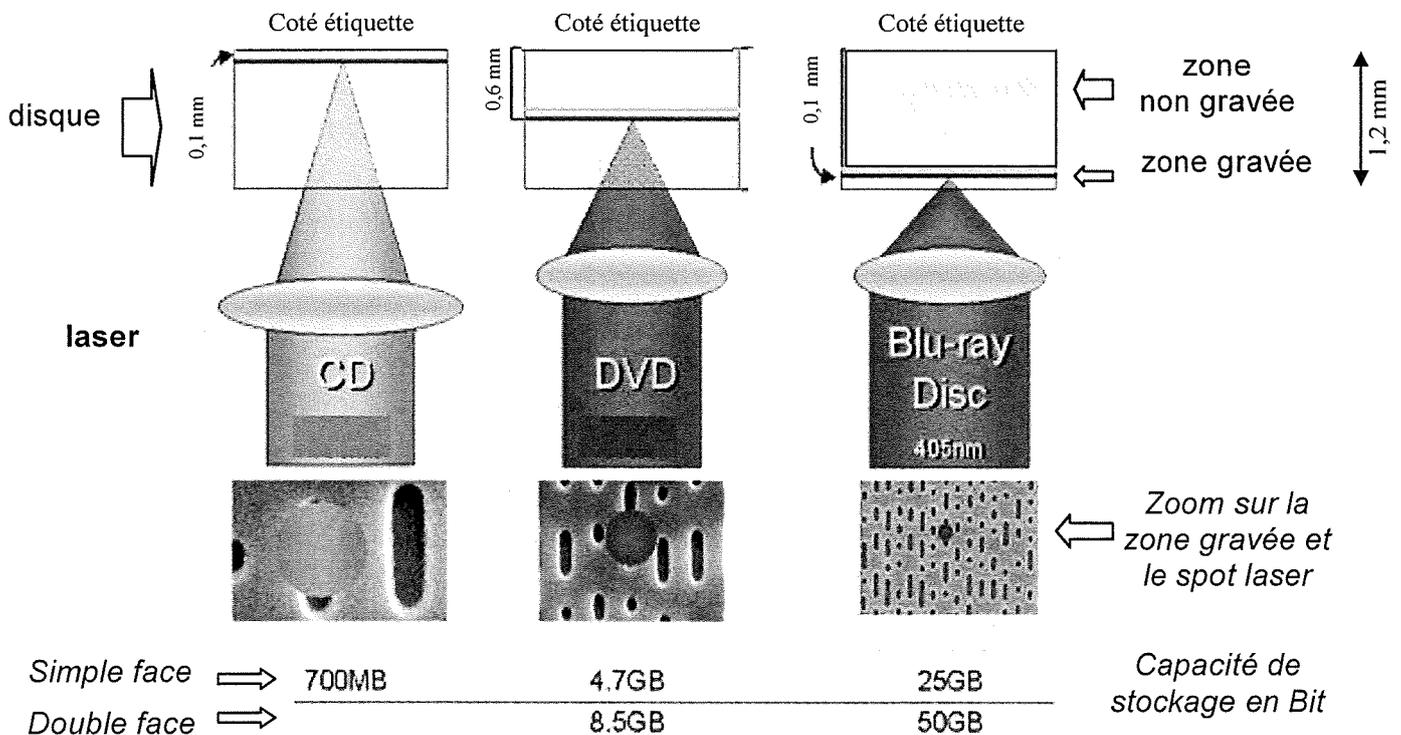


Figure 1 : caractéristiques des disques CD, DVD et Blu-ray.

Donnée : On prendra ici pour la célérité de la lumière dans le vide et dans l'air :
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

1. A propos du texte

- 1.1. Quel est le nom du phénomène physique responsable de l'irisation d'un CD ou d'un DVD éclairé en lumière blanche ?
- 1.2. Calculer la valeur de la fréquence ν de la radiation utilisée dans la technologie blu-ray.
- 1.3. Comparer la longueur d'onde du laser blu-ray à celle des systèmes CD ou DVD.

2. Diffraction

On veut retrouver expérimentalement la longueur d'onde λ_D de la radiation monochromatique d'un lecteur DVD.

On utilise pour cela le montage de la **figure 2** a étant le diamètre du fil, θ le demi-écart angulaire.

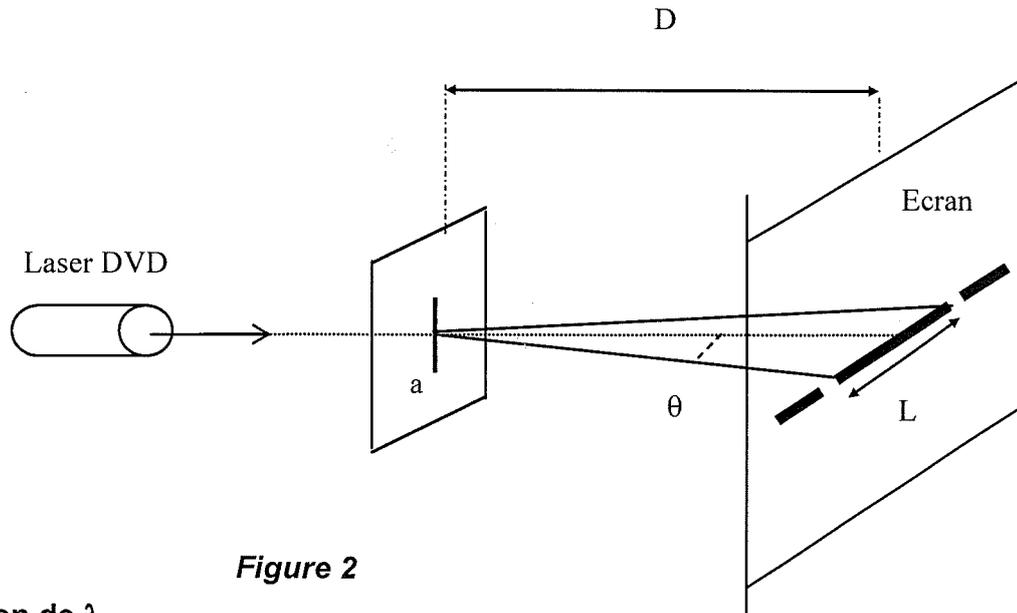


Figure 2

2.1. Expression de λ

2.1.1. Etablir la relation entre θ , L (largeur de la tache centrale de diffraction) et D (distance entre le fil et l'écran).

On supposera θ suffisamment petit pour considérer $\tan \theta \approx \theta$ avec θ en radian.

2.1.2. Donner la relation entre θ , λ_D et a en indiquant l'unité de chaque grandeur.

2.1.3. En déduire la relation $\lambda_D = \frac{L \cdot a}{2 \cdot D}$

2.2. Détermination de la longueur d'onde λ_D de la radiation d'un laser de lecteur DVD

Pour la figure de diffraction obtenue avec un laser « DVD », on mesure $L = 4,8$ cm.

On remplace alors le laser « DVD » par le laser utilisé dans le lecteur blu-ray sans modifier le reste du montage, on obtient une tache de diffraction de largeur $L' = 3,0$ cm.

A partir de ces deux expériences, calculer la valeur de la longueur d'onde λ_D de la radiation monochromatique d'un lecteur DVD et la comparer au résultat de la question 1.3.

3. Dispersion

Un CD est constitué de *polycarbonate de qualité optique* dont l'indice de réfraction est $n = 1,55$ pour la radiation lumineuse utilisée dans le lecteur CD.

3.1. Soit v la vitesse de la radiation dans le *polycarbonate*, donner la relation entre les grandeurs physiques n , c et v .

3.2. Quelle grandeur caractéristique de la radiation du laser n'est pas modifiée lorsque son rayon passe de l'air dans le disque ?

3.3. Détermination de la longueur d'onde λ_C d'un laser CD.

3.3.1. Le laser utilisé pour lire les CD a une longueur d'onde $\lambda = 780$ nm dans le vide.

Montrer que la longueur d'onde λ_C du laser CD dans le polycarbonate vérifie $\lambda_C = \frac{\lambda}{n}$

3.3.2. Calculer λ_C .

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE II

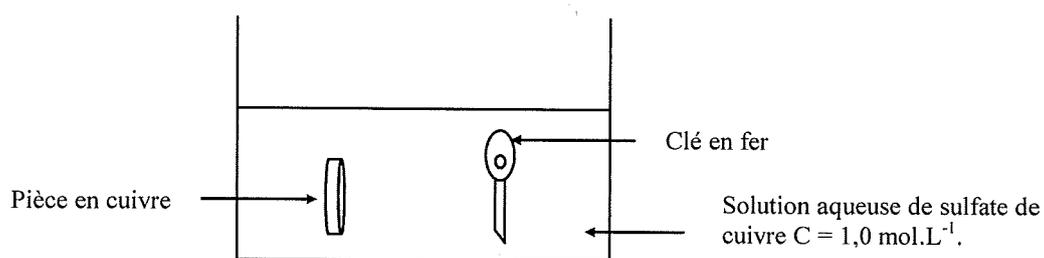


Figure 2 : schéma de l'électrolyse à anode soluble

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré

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

Les feuilles annexes (pages 8, 9 et 10) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.

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

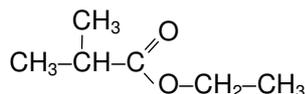
EXERCICE I. LE PARFUM DE LA FRAISE (6,5 points)

Le parfum de la fraise est le titre d'un ouvrage de Peter Atkins, professeur à l'Université d'Oxford. D'après la revue *New Scientist*, il s'agit « du plus beau livre de chimie jamais écrit ». Le parfum de la fraise est aussi un arôme dont l'un des principaux constituants est le méthylpropanoate d'éthyle. C'est à cette espèce chimique que cet exercice est consacré.

Les parties 1, 2 et 3 de cet exercice sont indépendantes.

1. Généralités

Le méthylpropanoate d'éthyle est un ester de formule semi-développée :



- 1.1. Recopier la formule semi-développée sur la copie et entourer le groupe ester.
- 1.2. Cet ester est obtenu par réaction entre l'acide méthylpropanoïque et un alcool. Donner le nom et la formule semi-développée de l'alcool utilisé.
- 1.3. Citer deux caractéristiques de la réaction d'estérification.

2. Étude cinétique de la transformation

Dans toute la suite de l'exercice, l'acide sera noté AH, l'alcool C et l'ester E. On notera n_A , n_C , et n_E les quantités de matière correspondantes à un instant quelconque.

On verse dans un ballon bicol une quantité $n_{A0} = 1,0$ mol d'acide AH et une quantité $n_{C0} = 1,0$ mol d'alcool C. On ajoute quelques grains de pierre ponce puis on chauffe à reflux ce mélange réactionnel pendant plusieurs jours. On dose à intervalles de temps réguliers $\Delta t = 12$ h l'acide contenu dans un petit volume prélevé dans le mélange réactionnel.

Les résultats des différents titrages permettent de calculer l'avancement x défini dans le tableau du **document 1** à différents instants et de tracer la courbe $x = f(t)$ du **document 2 de l'annexe** à rendre avec la copie.

2.1. À propos du montage (Document 3 de la feuille annexe)

- 2.1.1. Quel est le volume d'alcool versé dans le ballon ?
Données : Masse molaire de l'alcool $M_C = 46 \text{ g.mol}^{-1}$
Masse volumique de l'alcool : $\rho_C = 0,80 \text{ g.mL}^{-1}$
- 2.1.2. Indiquer le sens de circulation de l'eau dans le réfrigérant.
- 2.1.3. Compléter le schéma du **document 3 de la feuille annexe** en ajoutant les éléments nécessaires à l'utilisation du chauffage à reflux en toute sécurité.
- 2.1.4. Quel est l'intérêt du ballon bicol ?

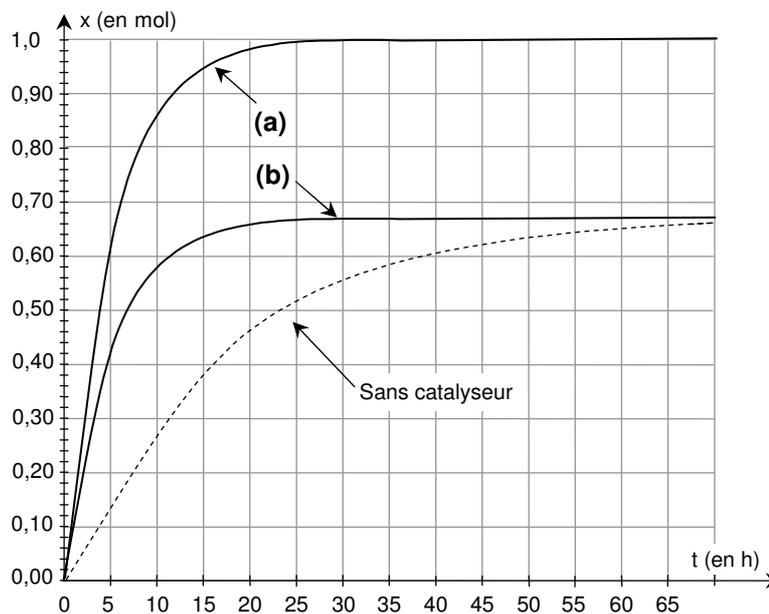
2.2. Exploitation des résultats

- 2.2.1. En utilisant le **document 2 de la feuille annexe**, déterminer l'avancement final de la transformation.
- 2.2.2. Calculer le taux d'avancement final sachant que l'avancement maximal est $x_M = 1,0$ mol.
- 2.2.3. Déterminer le temps de demi-réaction. Les constructions nécessaires doivent figurer sur la courbe du **document 2**.
- 2.2.4. En traçant les tangentes à la courbe en deux instants différents, indiquer sans faire de calcul, comment évolue la vitesse volumique de la réaction.
- 2.2.5. Quel est le facteur cinétique responsable de cette évolution ?

2.3. Utilisation d'un catalyseur

- 2.3.1. Définir un catalyseur.
- 2.3.2. Citer un catalyseur des réactions d'estérification.
- 2.3.3. On ajoute un catalyseur dans le ballon. Parmi les deux courbes (a) et (b) proposées sur le **document 4 de la page suivante**, laquelle est réellement obtenue ? Justifier la réponse.

2.3.4. Comment peut-on obtenir l'autre courbe ?



Document 4

3. Titrages de l'acide restant

Toutes les douze heures, on prélève un volume $V = 5,0 \text{ mL}$ du mélange réactionnel qu'on trempe rapidement. On dose ensuite l'échantillon par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$) de concentration $c_B = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$. Soit V_{BE} le volume d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

- 3.1. Écrire l'équation de la réaction de titrage de l'acide AH par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.
- 3.2. Rappeler la définition de l'équivalence d'un titrage.
- 3.3. En déduire la relation entre la quantité $n_{A\text{éché}}$ d'acide présent dans l'échantillon et le volume V_{BE} d'hydroxyde de sodium versé. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.
- 3.4. À l'instant $t = 36 \text{ h}$, l'équivalence du titrage est obtenue pour un volume $V_{BE} = 14,0 \text{ mL}$. Calculer la quantité d'acide $n_{A\text{éché}}$ présent dans l'échantillon prélevé à cet instant.
- 3.5. Le volume initial du mélange réactionnel est $V_I = 148 \text{ mL}$.
En déduire la quantité n_A d'acide restant à cet instant.

4. Vérification d'un point de la courbe

On désire pour terminer, vérifier un point de la courbe $x = f(t)$ du **document 2 de la feuille annexe**.

- 4.1. Compléter le tableau d'avancement de la transformation donné en annexe (**document 1**).
- 4.2. En déduire la relation à l'instant t entre les quantités n_A , n_{A0} et l'avancement x .
- 4.3. Calculer l'avancement x à l'instant $t = 36 \text{ h}$ et vérifier que le résultat est conforme à celui donné par la courbe du **document 2 en annexe**.

EXERCICE II. DATATION DES VINS PAR RADIOACTIVITÉ (5,5 points)
--

La collaboration entre des scientifiques du centre d'études nucléaires de Bordeaux-Gradignan et du laboratoire interrégional de Bordeaux de la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes a permis de mettre au point une technique de datation des vins. En effet, ces deux laboratoires ont mis en évidence la présence d'un élément radioactif, le césium 137, dans certains vins. À l'exception du césium 133, naturellement présent dans l'environnement, tous les isotopes du césium sont artificiels et produits par des réactions nucléaires de fission. Une importante quantité de césium 137 a été libérée dans l'environnement lors des essais nucléaires atmosphériques effectués durant la période 1945-1980.

En 2000, une étude a été réalisée sur plusieurs vins de la région bordelaise. Les scientifiques ont pu conclure que le taux de césium 137 varie en fonction du millésime* du vin.

*Un millésime est le nombre désignant une année. En œnologie, c'est l'année de récolte des raisins ayant servi à produire un vin.

Données :

Noyau	Uranium 235	Césium 137	Baryum 137	Iode 137	Yttrium 97
Symbole	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{137}_{55}\text{Cs}$	${}^{137}_{56}\text{Ba}$	${}^{137}_{53}\text{I}$	${}^{97}\text{Y}$

Particule ou noyau	Uranium 235	Iode 137	Yttrium 97	proton	neutron	électron
Masse en u	235,043930	136,917877	96,918129	1,00728	1,00866	0,00055

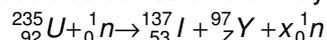
- Unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$;
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- Electron-volt : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- Energie de masse de l'unité de masse atomique : $E = 931,5 \text{ MeV}$;
- Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$.

1. Production de césium 137

Le césium 137 est l'un des produits de fission de l'uranium.

- 1.1. Quand dit-on que des noyaux sont isotopes ?
- 1.2. Qu'appelle-t-on réaction nucléaire de fission ?

1.3. L'équation d'une des réactions possibles de fission d'un noyau d'uranium 235 est :



- 1.3.1. Déterminer les valeurs de Z et de x.
- 1.3.2. Cette réaction de fission peut donner une réaction en chaîne. Expliquer pourquoi.
- 1.3.3. Donner l'expression de la perte de masse Δm du système au cours de cette réaction. Calculer sa valeur en u, puis en kg.
- 1.3.4. Calculer en joules et en MeV l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium.

Les produits de fission comme l'iode 137 sont radioactifs et se transforment en d'autres noyaux eux-mêmes radioactifs. Parmi ces déchets, on trouve le césium 137 obtenu en quelques minutes par une suite de désintégrations β^- .

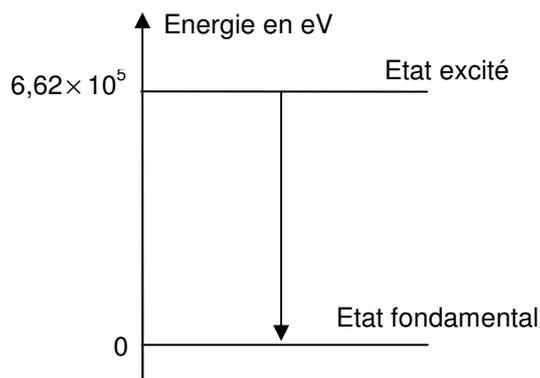
1.4. Nommer et donner la notation ${}^A_Z\text{X}$ de la particule émise lors d'une désintégration β^- . Combien de désintégrations β^- se sont produites pour obtenir un noyau de césium 137 à partir d'un noyau d'iode 137 ?

2. Vérifier un millésime grâce au césium 137

Le césium 137, de temps de demi-vie $t_{1/2} = 30$ ans, se désintègre en baryum 137. La majorité des noyaux fils obtenus lors de cette désintégration se trouve dans un état excité. Au bout de quelques minutes les noyaux de baryum émettent un rayonnement pour revenir à leur état fondamental. Ce rayonnement, très pénétrant, s'échappe facilement du vin, traverse le verre de la bouteille et est détecté par un appareil qui mesure alors l'activité en césium 137 du vin analysé. L'activité en césium 137 d'un vin est faible et s'exprime en mBq (millibecquerel) par litre de vin. L'étude réalisée, en 2000, sur une série de vins de la région bordelaise d'origines et de millésimes différents, a conduit à la courbe **du document 1 de l'annexe**.

2.1.1. De quel type de rayonnement parle-t-on dans le texte ci-dessus ?

2.1.2. On donne le diagramme des niveaux d'énergie d'un noyau de baryum 137 :



Donner l'expression de l'énergie ΔE qui correspond à l'émission du rayonnement, en fonction de λ , la longueur d'onde associée à ce rayonnement. Calculer la valeur de λ .

En 2010, le laboratoire de la répression des fraudes a analysé une bouteille de vin dont l'étiquette indique l'année 1955. Les scientifiques ont mesuré une activité en césium 137 de $A(2010) = 278$ mBq par litre de vin.

2.2. Donner la loi de décroissance radioactive en explicitant chaque terme.

2.3. Définir le terme « temps de demi-vie ».

On rappelle que l'activité d'un échantillon de noyaux radioactifs est définie par $A(t) = \left| \frac{dN(t)}{dt} \right|$.

La relation entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

2.4. En déduire la relation entre l'activité $A(t)$, le nombre de noyaux $N(t)$ et $\lambda(\text{Cs})$, constante radioactive du césium 137.

2.5. Calculer le nombre de noyaux de césium 137 présents, en 2010, dans un litre du vin analysé.

On rappelle que l'activité d'un échantillon de noyaux radioactifs suit également une loi de décroissance exponentielle.

2.6. On prendra l'an 2000 comme origine des dates (t_0).

Montrer que l'activité $A_0(2000)$ que ce vin possédait en l'an 2000 a pour expression :

$$A_0(2000) = \frac{A(2010)}{e^{-\left(\frac{\ln 2}{3}\right)}}$$

2.7. Calculer la valeur de $A_0(2000)$ pour un litre de ce vin.

2.8. Utiliser la courbe **du document 1 de l'annexe** pour en déduire le millésime ou les millésimes de ce vin. L'acheteur de ce vin peut-il être rassuré sur l'authenticité du vin ?

2.9. Pourquoi ne peut-on pas utiliser cette technique pour authentifier un vin trop jeune ou trop vieux (de 1920 par exemple) ?

EXERCICE III. BOBINE D'UNE PÉDALE WHA-WHA (4 points)

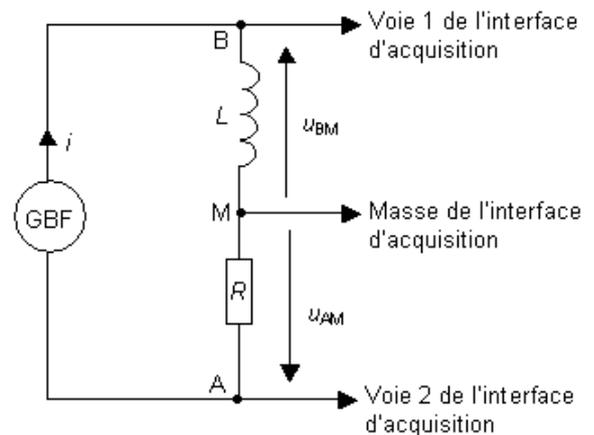
Tony est passionné par la guitare électrique. Afin de jouer les morceaux de musique de ses idoles des années 70, il voudrait modifier le son de sa guitare en utilisant une pédale d'effet wha-wha, qu'il souhaite construire lui-même. Après quelques recherches sur internet, il trouve le schéma électrique et les composants dont il aura besoin pour réaliser sa wha-wha. Parmi ces composants se trouvent plusieurs condensateurs et une bobine d'inductance $L = 0,50 \text{ H}$.

De nombreux forums de guitaristes conseillent de fabriquer soi-même la bobine dont on a besoin. Tony a récupéré un noyau de ferrite, il enroule sur ce support du fil de cuivre isolé pour obtenir la bobine. A présent, il souhaite déterminer la valeur de l'inductance de la bobine ainsi constituée. Aussi va-t-il s'aider de ses cours de physique...

1. Première méthode

Tony réalise le montage, représenté sur le **document 1**, comportant un générateur de basses fréquences délivrant une tension périodique triangulaire de fréquence f , un conducteur ohmique de résistance $R = 10 \text{ k}\Omega$ et la bobine d'inductance L dont on négligera la résistance interne. A l'aide d'une interface d'acquisition reliée à un ordinateur, il enregistre l'évolution en fonction du temps des tensions $u_{AM}(t)$ et $u_{BM}(t)$.

Les courbes des **documents 2 et 3 de l'annexe** représentent les évolutions de l'intensité du courant $i(t)$ et de la tension $u_{BM}(t)$ en fonction du temps.



Document 1

1.1. Déterminer la période de la tension délivrée par le GBF. En déduire sa fréquence.

Donnée : $u_{AM}(t) = -R \cdot i(t)$

1.2. Quel traitement mathématique faut-il demander au logiciel d'effectuer pour obtenir la courbe d'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps ?

1.3. Expliquer pourquoi on peut écrire $i(t) = a \cdot t + b$ pendant des intervalles égaux à une demi-période.

Tony utilise les fonctionnalités de modélisation du logiciel.

Données : Pendant l'intervalle de temps $[3,0 \text{ ms} ; 4,0 \text{ ms}]$, il trouve que $i(t) = 1,19 \times t - 0,0042$ (avec i en A et t en s) et $u_{BM}(t) = 0,26 \text{ V}$.

On rappelle que la résistance interne de la bobine est négligeable.

1.4. Donner l'expression littérale de $u_{BM}(t)$ en fonction de L et de $\frac{di}{dt}$.

1.5. À partir des résultats de la modélisation, calculer $\frac{di}{dt}$ dans l'intervalle de temps $[3,0 \text{ ms} ; 4,0 \text{ ms}]$

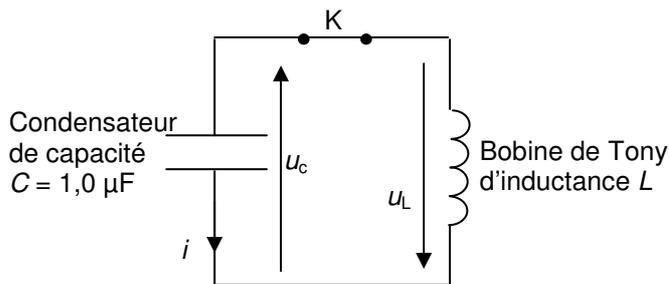
puis déterminer la valeur de l'inductance L .

N'ayant pas obtenu la valeur d'inductance désirée pour réaliser sa pédale wha-wha, Tony poursuit la confection de sa bobine et teste l'inductance par une seconde méthode.

2. Seconde méthode

Tony souhaite réaliser un montage lui permettant de décharger un condensateur dans sa bobine.

Il schématise le circuit (**document 4**) qu'il va utiliser par la suite.



Document 4

Tony se souvient que la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur oscille au cours du temps. Si la résistance totale du circuit est négligeable, l'équation différentielle qui régit l'évolution de la tension $u_c(t)$ est :

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_c = 0 \quad (\text{Équation (1)})$$

2.1. Établir cette équation différentielle (1) en précisant la loi utilisée.

On rappelle que l'expression de la période propre T_0 des oscillations est : $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.

Après avoir chargé le condensateur, Tony l'introduit dans le circuit de la figure 2 puis à l'instant de date $t = 0$ s, il ferme l'interrupteur K. Il enregistre alors l'évolution en fonction du temps de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur. La courbe obtenue est représentée sur le **document 5 de l'annexe**. Il se rend alors compte qu'en réalité la résistance totale du circuit n'est pas négligeable.

2.2. Nommer le régime des oscillations.

2.3. À partir de la courbe du **document 5 de l'annexe**, déterminer précisément la valeur du temps caractéristique T de ces oscillations en expliquant votre méthode.

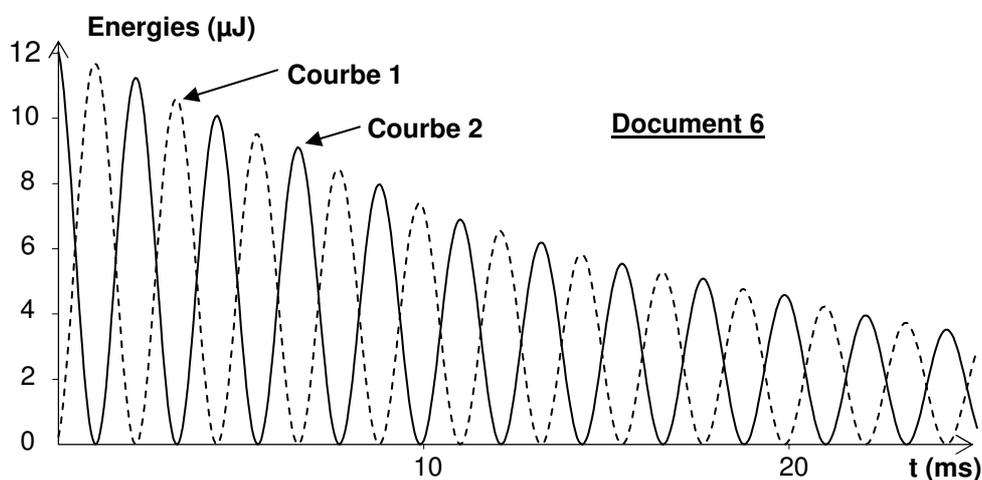
2.4. En déduire la valeur de l'inductance L de la bobine fabriquée par Tony.

3. Étude énergétique

Tony souhaite réaliser l'étude énergétique de son circuit. Il utilise les fonctionnalités de son tableur afin de calculer l'énergie électrique E_{el} stockée par le condensateur et l'énergie magnétique E_m emmagasinée par la bobine. Les courbes d'évolution de ces énergies en fonction du temps sont données sur le **document 6 ci-dessous**. Sur ce document, l'origine des temps coïncide avec celle du **document 5 de l'annexe**.

3.1. Par un raisonnement physique simple, identifier les courbes 1 et 2 représentées sur le **document 6 ci-dessous**.

3.2. Quel est le phénomène à l'origine de la diminution de l'énergie stockée dans le circuit ?

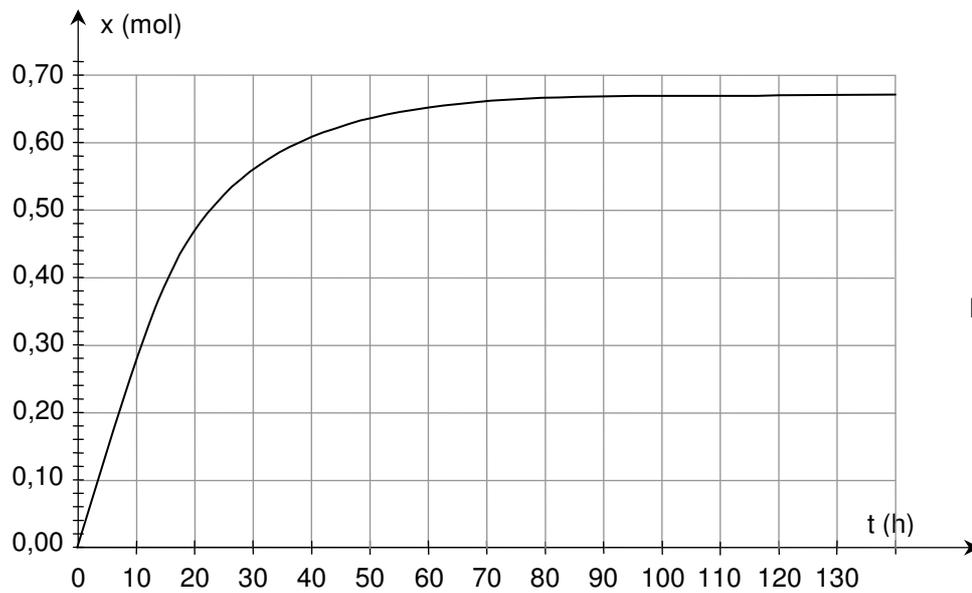


Document 6

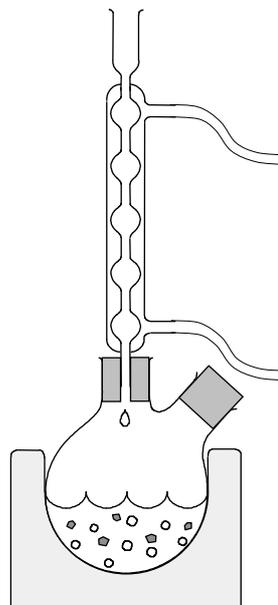
FEUILLE ANNEXE DE L'EXERCICE I À RENDRE AVEC VOTRE COPIE

Équation de la réaction		$AH(\ell) + C(\ell) = E(\ell) + H_2O(\ell)$			
État	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$	$n_{A0} = 1,0$	$n_{C0} = 1,0$	$n_{E0} = 0$	0
État intermédiaire	x	$n_A =$	$n_C =$	$n_E =$	$n_{eau} =$
État final	$x = x_F$	$n_{AF} =$	$n_{CF} =$	$n_{EF} =$	$n_{eauF} =$

Document 1



Document 2

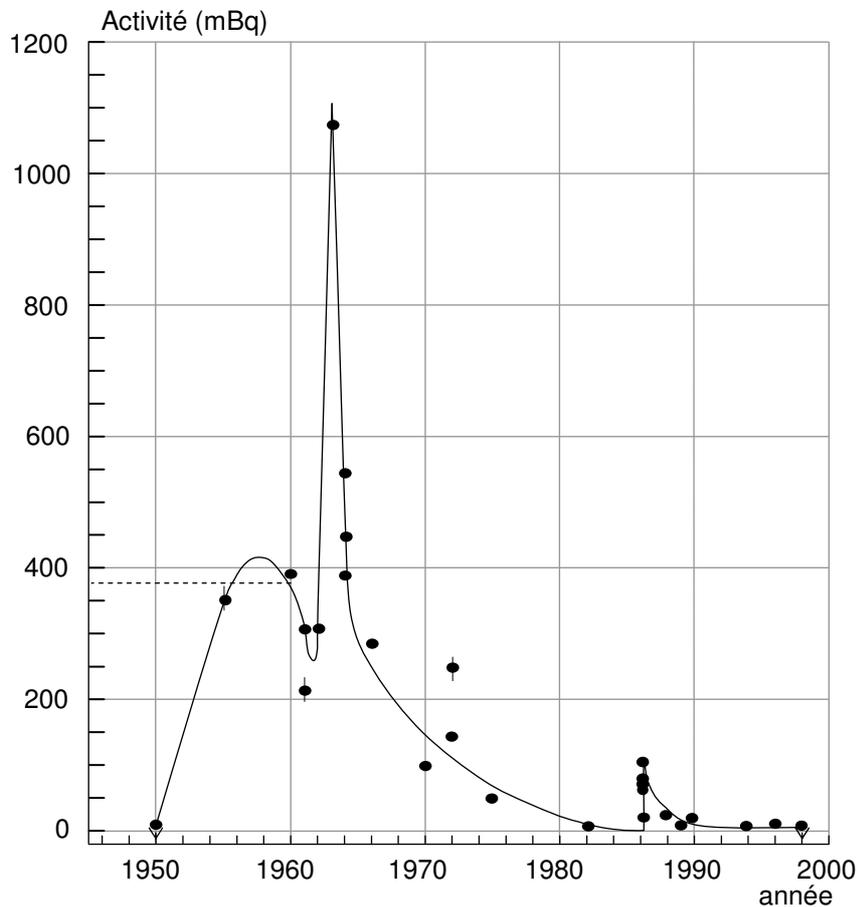


Document 3

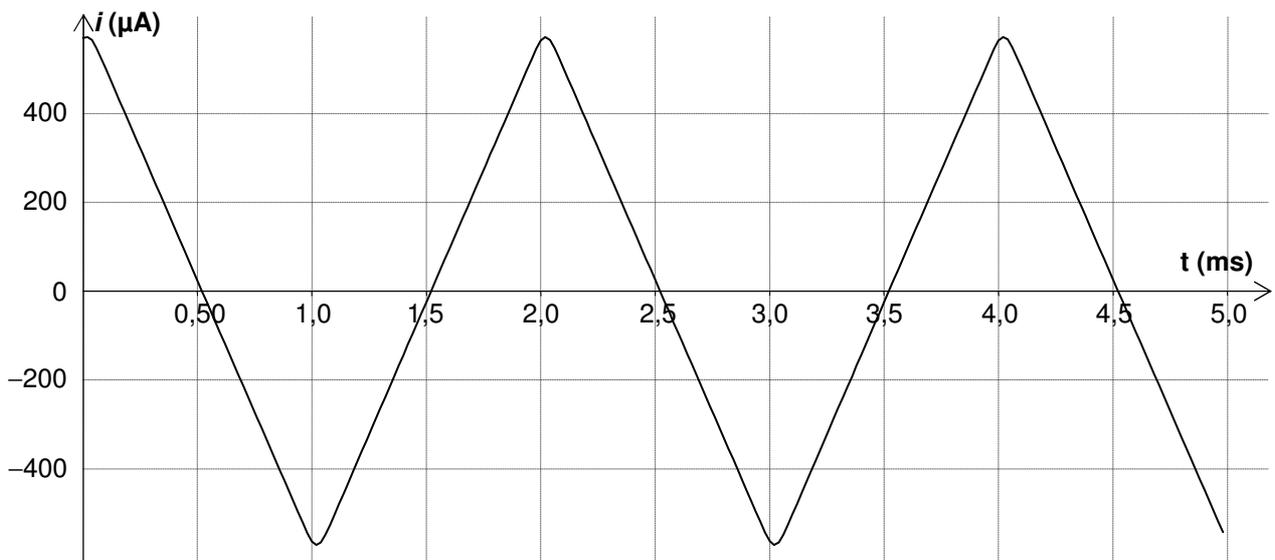
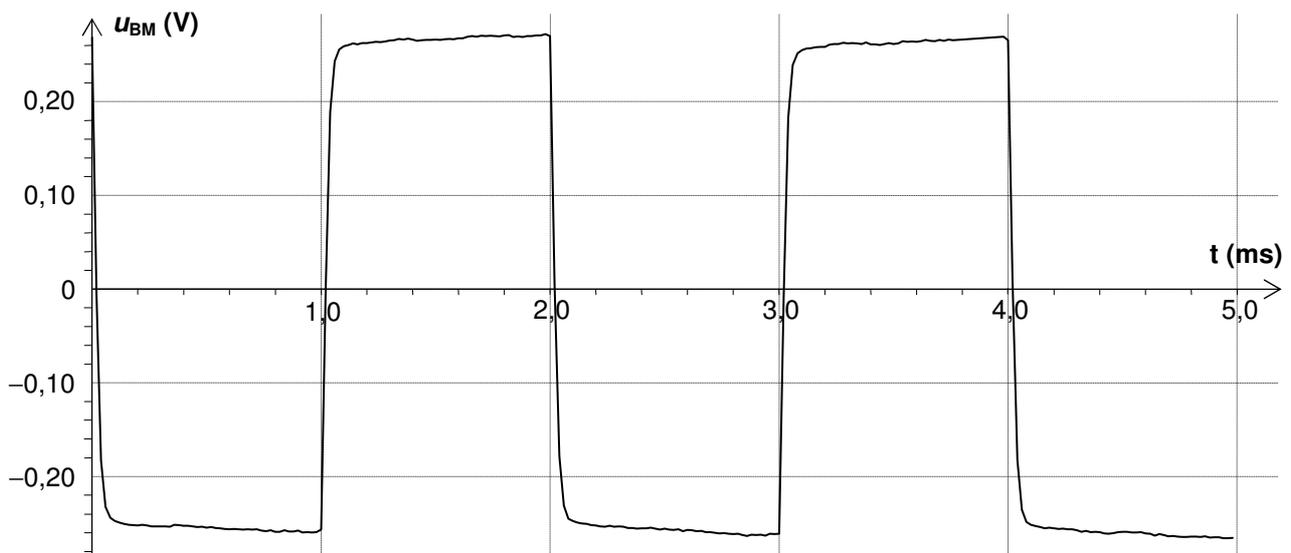
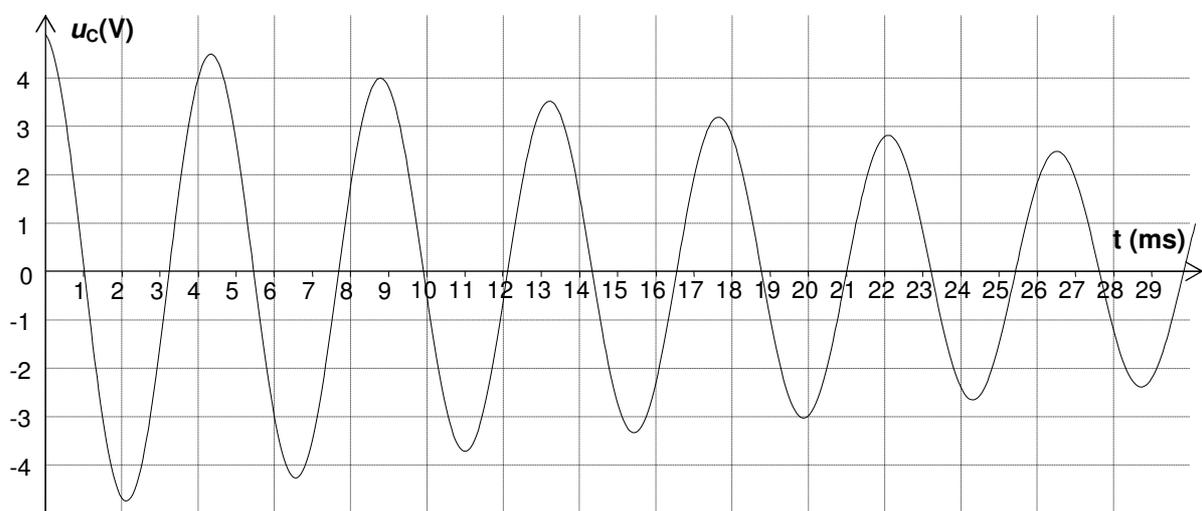
FEUILLE ANNEXE DE L'EXERCICE II À RENDRE AVEC VOTRE COPIE

Document 1 : Évolution de l'activité du césium 137 pour les vins de la région de Bordeaux d'âge compris entre 1950 et nos jours (mesures faites en 2000). Les mesures de l'activité s'expriment en mBq par litre de vin.

Par exemple, l'activité mesurée en 2000, d'un litre de vin de 1960 est de 375 mBq.



FEUILLE ANNEXE DE L'EXERCICE III À RENDRE AVEC VOTRE COPIE

Document 2 : Évolution de l'intensité $i(t)$ du courant**Document 3** : Évolution de la tension $u_{\text{BM}}(t)$ **Document 5** : Évolution de la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur

BACCALAURÉAT GÉNÉRALSESSION 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 un exercice de PHYSIQUE ET CHIMIE, un exercice 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.

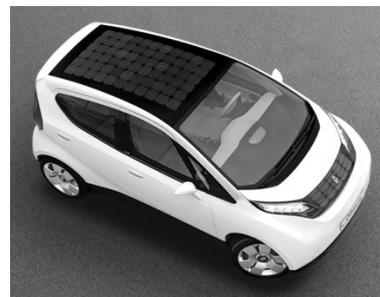
EXERCICE I - LA BLUECAR (6,5 points)

Voici la Bluecar ou B° : c'est une petite voiture citadine entièrement électrique, elle n'émet aucun gaz, aucune particule fine.

Alimentées par des batteries (Lithium Métal Polymère), des supercapacités et des panneaux solaires, ces voitures possèdent une autonomie de plus de 250 km soit bien plus que les 40 km qui sont la moyenne des déplacements.

Les supercapacités ont pour rôle de récupérer et stocker l'énergie de freinage, puis de la restituer au redémarrage. Il en résulte des accélérations plus puissantes, une augmentation de l'autonomie et une durée de vie accrue pour la batterie.

Ce sont des voitures rapides, leur vitesse maximale est de 130 km/h, agréables à conduire, sûres et durantes.



D'après le site Internet Bluecar

Dans cet exercice, on étudie quelques caractéristiques des trois composants principaux de la voiture cités dans le texte : le supercondensateur, la batterie Lithium Métal Polymère et les panneaux solaires placés sur la calandre et le toit.

Les trois parties sont indépendantes.

1. Le supercondensateur

Les supercondensateurs ont une capacité de plusieurs milliers de farads et une tension d'utilisation de 2,7 V. Un supercondensateur est équivalent à un dipôle MP associant en série un condensateur de grande capacité C et un conducteur ohmique de faible résistance R (voir la **figure 1** ci-dessous).

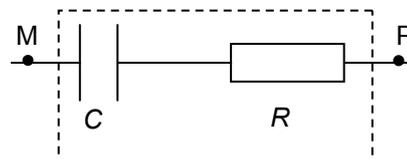


Figure 1. Modèle du supercondensateur

Les caractéristiques techniques d'un supercondensateur qu'on peut trouver à partir du site Internet du constructeur sont les suivantes :

Capacité (25°C, 100 A)	$2,6 \times 10^3$ F	Masse	0,500 kg
Tension d'utilisation	2,7 V	* Énergie spécifique (2,7 V, 25°C)	$1,9 \times 10^4$ J.kg ⁻¹
Résistance série (25°C, 100 A)	0,35 mΩ	Constante de temps (25°C, 100 A)	0,90 s

* L'énergie spécifique est l'énergie que le supercondensateur peut restituer par unité de masse.

1.1. Étude théorique préalable de la décharge du supercondensateur

On étudie la décharge du supercondensateur, celui-ci ayant été au préalable chargé sous la tension d'utilisation $E = 2,7 \text{ V}$.

Le schéma du circuit électrique de décharge est donné **figure 2**.

Avec l'orientation choisie, l'intensité i du courant s'exprime par la relation $i = \frac{dq}{dt}$

où q est la charge positive portée par l'armature N du condensateur. La tension aux bornes du dipôle NM s'exprime par la relation $u_C = \frac{q}{C}$.

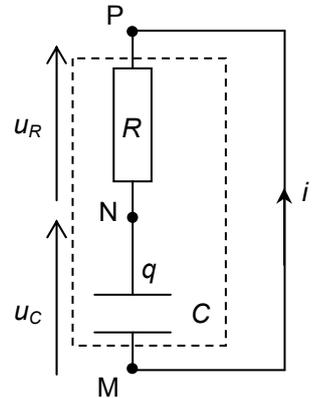


Figure 2.
Circuit de décharge

1.1.1. Exprimer la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique en fonction de sa résistance R et de i , puis en fonction de R , C et $\frac{du_C}{dt}$.

1.1.2. Établir la relation entre u_R et u_C et en déduire l'équation différentielle vérifiée par u_C .

1.1.3. En vérifiant que l'expression $u_C(t) = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$ est solution de l'équation différentielle, montrer que l'expression de la constante de temps τ est égale à RC .

1.1.4. L'expression de l'intensité i peut se mettre sous la forme $i(t) = I_0.e^{-\frac{t}{\tau}}$. Montrer que l'intensité I_0 à $t = 0$ est égale à $-\frac{E}{R}$.

1.2. Étude de la variation de l'intensité du courant lors de la décharge du supercondensateur

On mesure, avec un capteur de courant spécifique, l'intensité i du courant lors de la décharge du supercondensateur. La courbe donnant l'intensité i en fonction du temps t est donnée **SUR LA FIGURE A1 DE L'ANNEXE EN PAGE 10 À RENDRE AVEC LA COPIE**. Le logiciel de traitement a permis de tracer la tangente à l'origine.

1.2.1. Déterminer graphiquement la valeur de I_0 . En déduire la valeur de la résistance R . Vérifier qu'elle est en accord avec celle du tableau.

1.2.2. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ .

1.2.3. En déduire la valeur de la capacité C . Est-elle en accord avec la valeur indiquée dans les caractéristiques techniques ?

1.3. Étude énergétique

1.3.1. Calculer la valeur de l'énergie électrique maximale E_C emmagasinée et restituée par le condensateur lors de sa décharge en prenant la valeur de la capacité fournie dans le tableau.

1.3.2. Comparer cette valeur de l'énergie avec celle obtenue en utilisant les valeurs de la masse et de l'énergie spécifique de ce supercondensateur.

2. Les panneaux solaires

La cellule photovoltaïque est l'élément de base des panneaux solaires qui produisent de l'électricité.

La lumière arrivant sur une cellule génère une tension électrique à ses bornes.

Lors de la conversion d'énergie lumineuse en énergie électrique, les atomes de silicium qui composent la cellule passent d'un niveau d'énergie à un autre, plus élevé. Ce « saut d'énergie » peut se produire lorsqu'un photon est absorbé par le silicium.

L'énergie minimale ΔE des photons nécessaire à la transition entre deux niveaux vaut $1,1 \text{ eV}$.

Données :

- constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- conversion électronvolt : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

2.1. Calculer la longueur d'onde dans le vide λ du rayonnement correspondant à cette transition d'énergie ΔE .

2.2. Cette radiation appartient-elle au domaine du visible ? Justifier.

3. La batterie Lithium Métal Polymère

La cellule électrochimique élémentaire de la batterie Lithium Métal Polymère est basée sur l'utilisation de quatre composants (**FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**).

Cette cellule élémentaire solide est constituée de deux électrodes au fonctionnement réversible : l'anode assure la fourniture des ions lithium lors de la décharge et la cathode agit comme un réceptacle où les ions lithium viennent s'intercaler.

Les deux électrodes sont séparées par un électrolyte polymère solide, le polyoxyéthylène. La conduction est assurée par des ions obtenus par dissolution de sels de lithium dans l'électrolyte.

Un collecteur de courant est relié à la cathode pour assurer la connexion électrique.

D'après le site internet "<http://www.batscap.fr>"

Caractéristiques électriques de la batterie :

Énergie	30 kW.h
Tension nominale	400 V
Puissance maximale	45 kW
Quantité d'électricité maximale disponible	75 A.h

Données :

- couple oxydoréducteur : Li^+ / Li ;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- masse molaire atomique du lithium : $M(\text{Li}) = 6,9 \text{ g.mol}^{-1}$;
- l'ampère-heure (A.h) est une unité de quantité d'électricité : $1 \text{ A.h} = 3600 \text{ C}$.

3.1. Réactions aux électrodes

3.1.1. **SUR LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**, représenter le sens conventionnel du courant électrique et le sens de circulation des porteurs de charge à l'extérieur de la batterie quand elle débite.

3.1.2. Quelle est la nature de la réaction se produisant au pôle négatif ? Quelle est la nature de la réaction se produisant au pôle positif ?

3.1.3. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction de la réaction se produisant au pôle négatif.

3.2. Autonomie de la batterie

3.2.1. Calculer en coulombs la valeur de la quantité d'électricité maximale disponible q_{max} qui est donnée en A.h dans le tableau.

3.2.2. En déduire la valeur de la quantité de matière maximale d'électrons échangés $n(e^-)_{\text{éch}}$ au cours de la réaction d'oxydoréduction en supposant que la batterie s'est complètement déchargée.

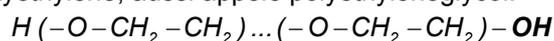
3.2.3. Calculer la masse de lithium correspondante.

3.2.4. À l'aide des valeurs données dans les caractéristiques électriques ci-dessus, déterminer la valeur de l'intensité du courant I_{max} que peut débiter cette batterie.

3.2.5. La batterie débite un courant d'intensité $I = 100 \text{ A}$ dans un circuit extérieur sous sa tension nominale U_{NOM} . Calculer la durée maximale Δt_{max} de fonctionnement de la batterie.

3.3. Étude de l'électrolyte

On donne la formule du polyoxyéthylène, aussi appelé polyéthylèneglycol.



3.3.1. Nommer le groupe caractéristique en gras.

3.3.2. À quelle famille de composés organiques appartient le polyoxyéthylène ?

EXERCICE II - PENDULE DE FOUCAULT (5,5 points)

Depuis 1996, au Panthéon à Paris, on peut observer la reconstitution de l'expérience menée par Léon Foucault en 1851. Celle-ci avait permis de confirmer, sans observation du ciel, la rotation de la Terre sur elle-même.

Une sphère en plomb, de 20 cm de diamètre, de masse 47 kg, est suspendue sous le dôme de l'édifice par un fil en acier très fin d'une longueur de 67 m.

Le pendule ainsi constitué oscille librement.

On constate qu'au cours de la journée le plan d'oscillation tourne lentement dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'un axe vertical.



La première partie traite des oscillations d'un pendule simple et la seconde du pendule de Foucault.

Dans tout l'exercice, les amplitudes angulaires θ_{max} des oscillations sont inférieures à 10° , soit $0,17$ rad. On considère qu'on est dans le cadre des petites oscillations.

Données :

- la valeur g du champ de pesanteur en un point à la surface de la Terre dépend de la latitude λ du lieu, elle ne dépend pas de sa longitude ;
- valeur du champ de pesanteur à Paris : $g_{Paris} = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$;
- période de rotation de la Terre dans le référentiel géocentrique : $T_{Terre} = 24 \text{ h}$.

1. Période propre d'un pendule simple

On appelle pendule simple un système constitué d'un fil inextensible de longueur L , dont une extrémité est fixée à un support et l'autre attachée à un objet quasi ponctuel, de masse m . La masse du fil est négligeable par rapport à la masse de l'objet.

1.1. Étude dynamique

Un pendule simple, constitué d'une petite sphère assimilée à un point B, de masse $m = 50 \text{ g}$ et d'un fil AB de longueur $L = 2,0 \text{ m}$, est écarté de sa position d'équilibre d'un angle θ_0 inférieur à 10° puis lâché sans vitesse initiale (se reporter à **LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**).

Le plan (O, \vec{i}, \vec{k}) contient la verticale AO passant par le point de suspension A et la position initiale B_0 du point B.

La position du point B peut être repérée par l'abscisse angulaire $\theta = (\overrightarrow{AO}, \overrightarrow{AB})$ ou par ses coordonnées (x, z) dans le plan (O, \vec{i}, \vec{k}) .

1.1.1. **SUR LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, représenter sans souci d'échelle les forces qui s'exercent sur la sphère B pour un angle θ quelconque. Toutes les actions de l'air sont négligées.

1.1.2. L'application de la deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre, considéré en première approche comme galiléen, permet de montrer que le mouvement s'effectue bien dans le plan (xOz) .

a. Énoncer la deuxième loi de Newton sous la forme d'une phrase.

b. Quels éléments permettent de justifier l'affirmation que le mouvement est plan ?

1.1.3. Dans l'approximation des petites oscillations, l'application de la deuxième loi de Newton permet d'établir l'expression de $x(t)$.

On donne trois possibilités pour $x(t)$ dans lesquelles K est une constante positive :

$$(a) : x(t) = K \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right) \quad (b) : x(t) = -K \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right) \quad (c) : x(t) = K \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

Le pendule étant lâché sans vitesse initiale à $t = 0$ d'un angle correspondant à **LA FIGURE A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, choisir l'expression qui vérifie les conditions initiales.

1.2. Étude de la période

1.2.1. On montre que la période propre du pendule simple a pour expression : $T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$. Vérifier

l'homogénéité de l'expression par analyse dimensionnelle.

1.2.2. À partir du XVIII^{ème} siècle, les horloges à balancier furent très utilisées pour mesurer le temps.

- On considère, à Paris, une horloge dont le balancier a une longueur $L = 1,0$ m. Le balancier d'une telle horloge est un pendule aux oscillations entretenues et de faible amplitude que l'on peut modéliser par un pendule simple. Calculer la période propre du balancier de cette horloge.
- Pourquoi dit-on que cette horloge « bat la seconde » ?
- Que penser des indications données par cette horloge dans un lieu de latitude différente de celle de Paris ?

2. Pendule de Foucault

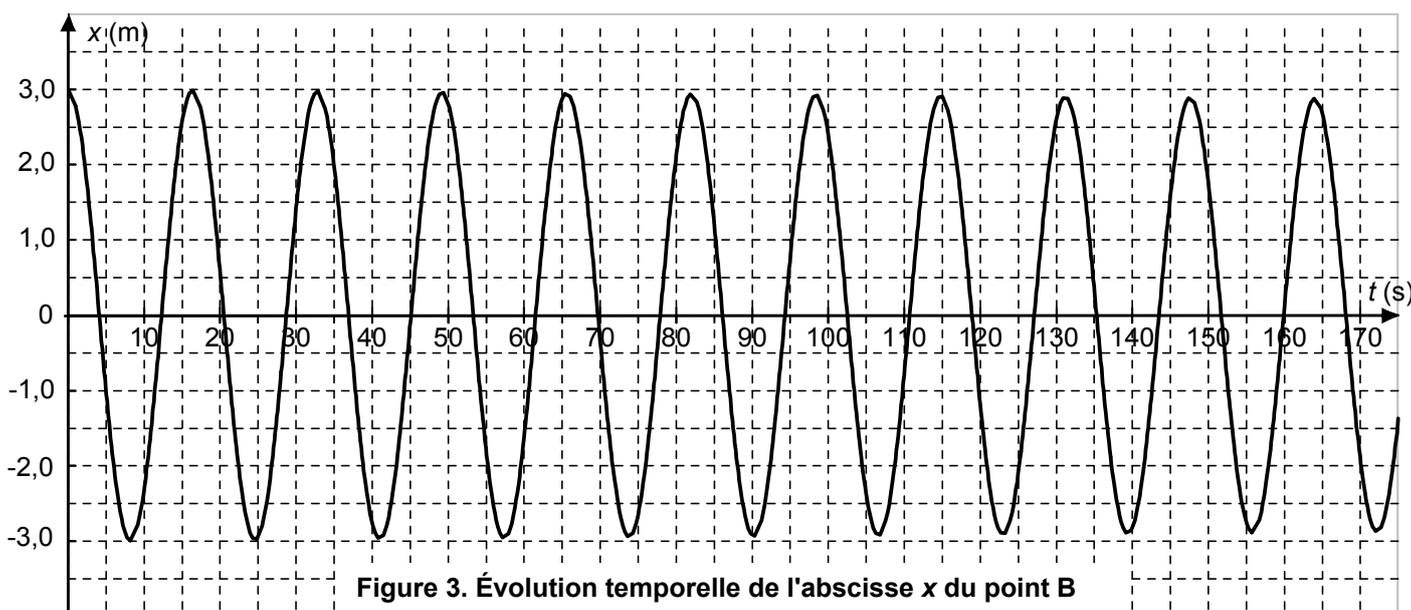
2.1. Période du pendule

Les dimensions précisées dans le texte d'introduction montrent que le pendule de Foucault installé au Panthéon peut être assimilé à un pendule simple.

On filme le mouvement de ce pendule pendant quelques minutes, durée assez courte pour pouvoir négliger la rotation de son plan d'oscillation.

Après traitement de la vidéo par un logiciel de relevés de positions, on trace la courbe représentant l'abscisse x du centre B de la sphère en fonction du temps.

Cette courbe est reproduite sur la **figure 3** ci-dessous.



2.1.1. Déterminer graphiquement la valeur de la pseudo-période T des oscillations à 0,1 seconde près.

2.1.2. On rappelle que, compte tenu du faible amortissement, la pseudo-période est très voisine de la période propre. À partir de la valeur de la pseudo-période trouvée précédemment, retrouver la longueur du pendule de Foucault décrit dans le texte d'introduction.

2.2. Amortissement

2.2.1. Quelle est l'origine de l'amortissement constaté dans les oscillations ?

2.2.2. Préciser la nature des conversions d'énergies mises en jeu lors des oscillations du pendule.

2.2.3. Comment évolue l'énergie mécanique du pendule au cours du temps ?

2.3. Rotation du plan d'oscillation

Une observation pendant plusieurs heures montre que le plan d'oscillation tourne lentement, à vitesse constante, autour de l'axe vertical passant par le point de suspension A ; pour le pendule de Foucault installé au Panthéon à Paris, en un jour, soit 24 h, ce plan tourne de 270° dans le sens des aiguilles d'une montre, comme l'illustre la **figure 4** ci-dessous.

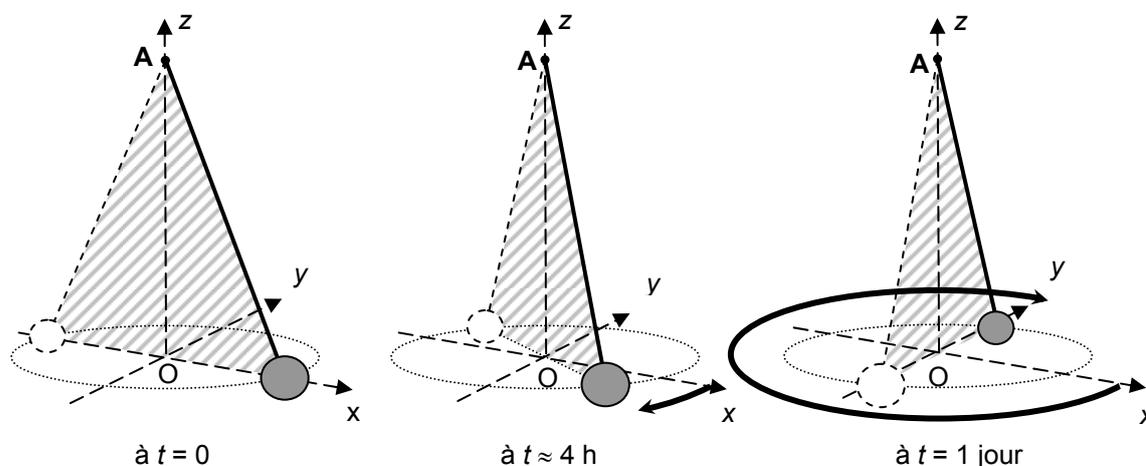


Figure 4. Rotation du plan d'oscillation au cours d'une journée

De nombreux pendules de Foucault ont été réalisés et placés en différents lieux sur la Terre. L'étude de leurs mouvements montre que la période de rotation du plan d'oscillation, notée τ , dépend uniquement de la latitude λ du lieu (voir les documents présentés **AUX FIGURES A4 ET A5 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**).

- 2.3.1. Pour un observateur fixe dans le référentiel terrestre, le mouvement du pendule n'est pas plan. Cette observation est en désaccord avec l'application de la deuxième loi de Newton évoquée à la question 1.1.2. Que peut-on en conclure quant au référentiel terrestre choisi pour faire l'étude ?
- 2.3.2. Calculer, pour le pendule installé au Panthéon, la période de rotation du plan d'oscillation, notée τ . Compléter la case vide du tableau **DE LA FIGURE A4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.
- 2.3.3. Reporter le point correspondant sur le graphe $\tau = f\left(\frac{1}{|\sin\lambda|}\right)$ **DE LA FIGURE A5 DE L'ANNEXE**

EN PAGE 11. En déduire une méthode pour déterminer, à l'aide d'un pendule de Foucault, la latitude d'un lieu.

Dans la pratique, on utilise d'autres méthodes pour déterminer la latitude d'un lieu.

EXERCICE III - CHAUFFERETTE CHIMIQUE (4 points)

La neige tombe, les mains commencent à s'engourdir et le refuge est encore loin. Le randonneur sort alors de son sac à dos une pochette en plastique, remplie d'un liquide transparent et appuie sur un petit disque métallique placé à l'intérieur : le liquide commence à se solidifier tout en dégageant une douce chaleur.

Ce dispositif nommé chaufferette chimique est constitué d'une enveloppe souple de plastique qui contient une solution aqueuse d'acétate de sodium à 20 % en masse minimum. La solidification s'amorce à partir du disque, localement la solution s'échauffe. L'énergie qu'il a fallu fournir au matériau pour le faire fondre est restituée [...]. Après utilisation, on peut régénérer la chaufferette en faisant fondre le solide obtenu par chauffage. On laisse alors le matériau doucement refroidir...

*Extrait de l'article « Idées de physique »
Pour la Science (2008)*

Après l'étude d'une solution d'éthanoate de sodium (ou acétate de sodium), on se propose de vérifier par un titrage pH-métrique que la solution contenue dans une chaufferette chimique est une solution saturée en éthanoate de sodium.

Données :

- produit ionique de l'eau : $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$ à 25°C ;
- masse molaire de l'éthanoate de sodium : $M(\text{CH}_3\text{COONa}) = 82,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- La solubilité notée s d'une espèce chimique exprimée en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ est la masse maximale de cette espèce que l'on peut dissoudre dans un litre de solution à une température donnée ;
- solubilité de l'éthanoate de sodium dans l'eau à 25°C : $s = 365 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ soit $4,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

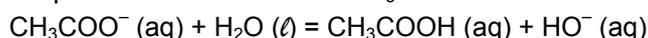
Les deux parties sont indépendantes.**1. Étude d'une solution aqueuse d'éthanoate de sodium**

L'éthanoate de sodium CH_3COONa est un solide blanc. En solution aqueuse, l'éthanoate de sodium donne entre autres l'ion éthanoate CH_3COO^- .

1.1. Pourquoi l'ion éthanoate est-il une base selon Brønsted ? En déduire le couple acido-basique correspondant.

1.2. Lorsqu'on introduit dans un bécher un volume $V = 100 \text{ mL}$ d'une solution S d'éthanoate de sodium dont la quantité de matière en soluté apporté est $n = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}$, le pH mesuré de cette solution S est égal à 8,9.

L'équation de la réaction chimique entre l'ion éthanoate CH_3COO^- et l'eau est :



1.2.1. Construire le tableau d'avancement de cette réaction en utilisant la quantité de matière n et l'avancement x de la réaction.

1.2.2. Calculer la concentration à l'équilibre $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$ en ions oxonium H_3O^+ dans la solution. En déduire la valeur de la concentration en ions hydroxyde à l'équilibre $[\text{HO}^-]_{\text{éq}}$ à la température de 25°C.

1.2.3. Pour la solution préparée, calculer l'avancement à l'équilibre $x_{\text{éq}}$.

1.2.4. Définir le taux d'avancement τ à l'équilibre. Calculer sa valeur. La transformation est-elle totale ?

2. Titration de la solution d'éthanoate de sodium contenue dans une chaufferette chimique

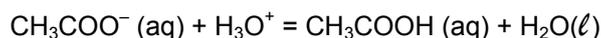
Une chaufferette chimique contient une solution aqueuse S_0 d'éthanoate de sodium ($\text{Na}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$). La solution a un volume $V_0 = 100 \text{ mL}$ et une masse $m = 130 \text{ g}$.

La solution S_0 contenue dans la chaufferette chimique étant trop concentrée pour être dosée directement au laboratoire, on prépare une solution S_1 en diluant 100 fois le contenu de la chaufferette chimique.

2.1. Titration de la solution S_1

Pour déterminer la concentration molaire C_0 en éthanoate de sodium apporté dans une chaufferette chimique, on place dans un bécher un volume $V_1 = 25,0 \text{ mL}$ de solution S_1 à titrer.

On réalise un titrage par pH-métrie par une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) de concentration $C_A = 2,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On note V_A le volume de la solution d'acide chlorhydrique versé.
L'équation de la réaction chimique support du titrage s'écrit :



On obtient les courbes de la **figure 5** ci-dessous :

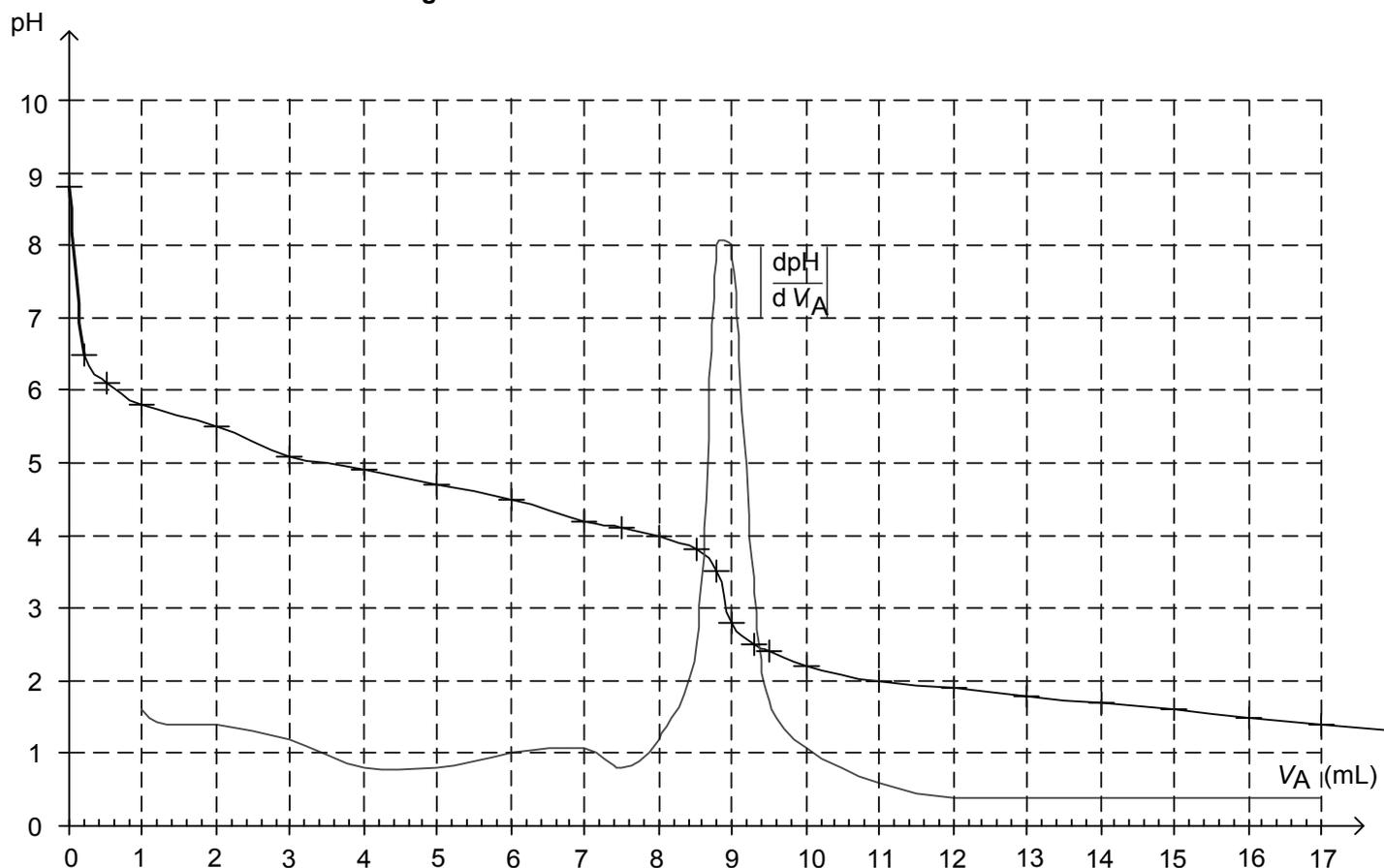


Figure 5. Courbe $\text{pH} = f(V_A)$ et sa dérivée

2.1.1. Schématiser et légender le dispositif de titrage.

2.1.2. Après avoir défini l'équivalence, écrire la relation entre la quantité de matière d'ions éthanoate n_i (CH_3COO^-) présente initialement dans le bécher et la quantité de matière d'ions oxonium n_E (H_3O^+), qui permet d'atteindre cette équivalence. On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement.

2.1.3. Déterminer le volume à l'équivalence V_E en expliquant la méthode utilisée.

2.1.4. Calculer la concentration C_1 en ions éthanoate de la solution dosée.

2.2. Saturation de la solution d'éthanoate de sodium contenue dans la chaufferette chimique

2.2.1. Calculer la concentration C_0 en éthanoate de sodium apporté dans la solution contenue dans la chaufferette. La solution d'éthanoate de sodium contenue dans la chaufferette est-elle saturée ?

2.2.2. Calculer la masse d'éthanoate de sodium dans la chaufferette.

2.2.3. La solution aqueuse de masse 130 g contenue dans la chaufferette est-elle au moins à 20% en masse d'éthanoate de sodium comme l'indique le texte introductif ?

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

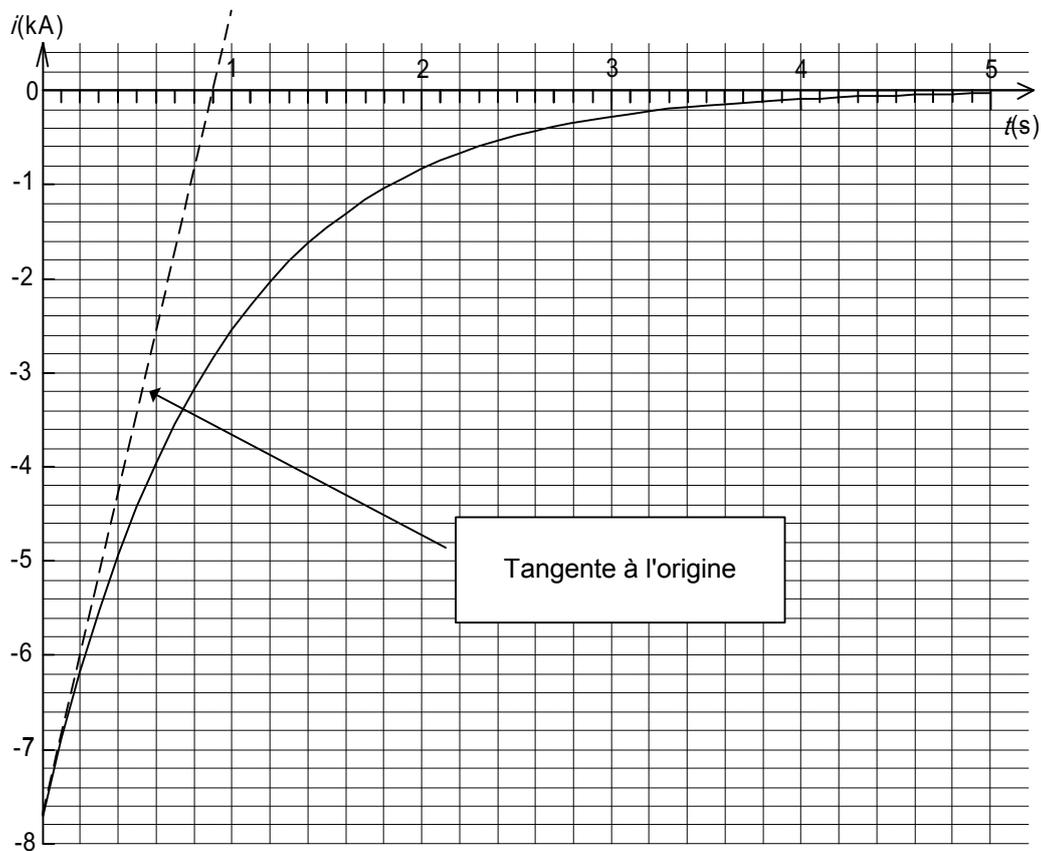
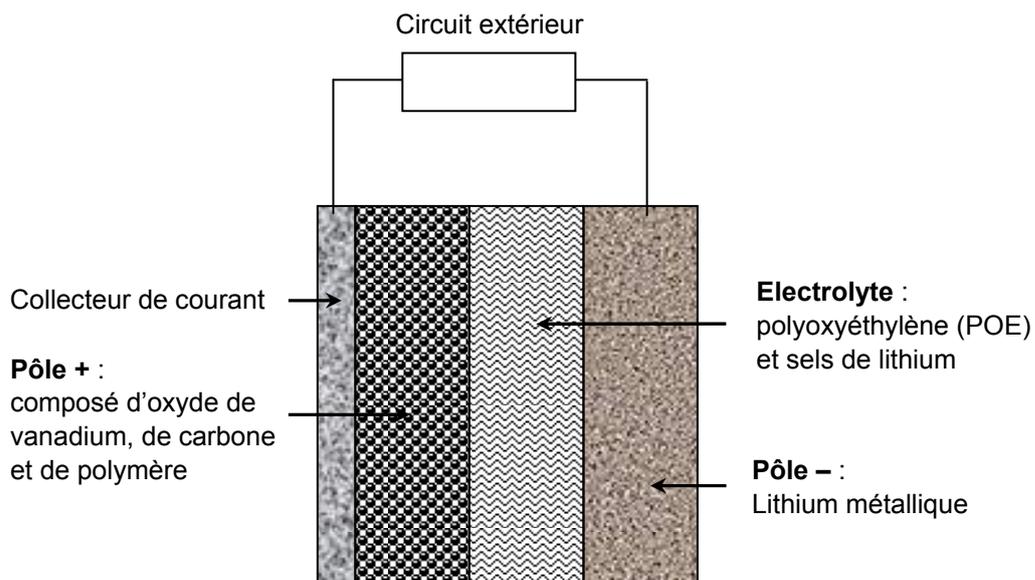
Figure A1. Intensité i débitée par le supercondensateur en fonction du temps

Figure A2. Cellule électrochimique élémentaire de la batterie Lithium Métal Polymère

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE II

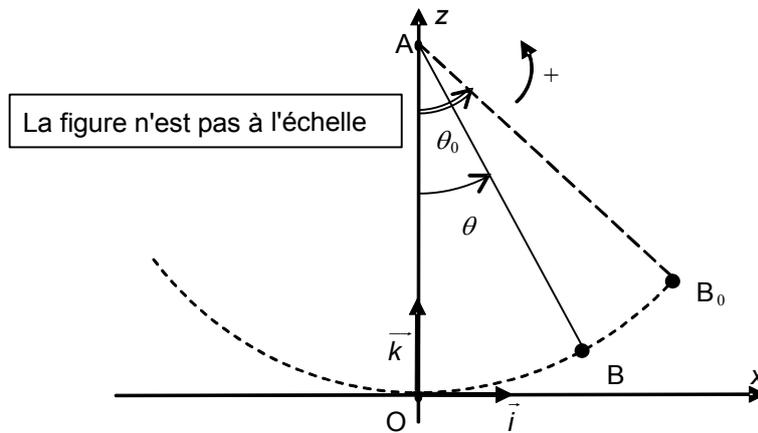


Figure A3. Pendule simple

Lieu	latitude λ	période τ
Pôle nord	90,00°	23 h 56 min
Kirkenes (Norvège)	69,82°	25 h 31 min
Paris	48,85°
Quito (Equateur)	0,22°	6329 h 17 min
Rio De Janeiro (Brésil)	-22,95°	61 h 31 min
Melbourne (Australie)	-37,82°	39 h 02 min

Figure A4. Période de rotation du plan d'oscillation en différents lieux

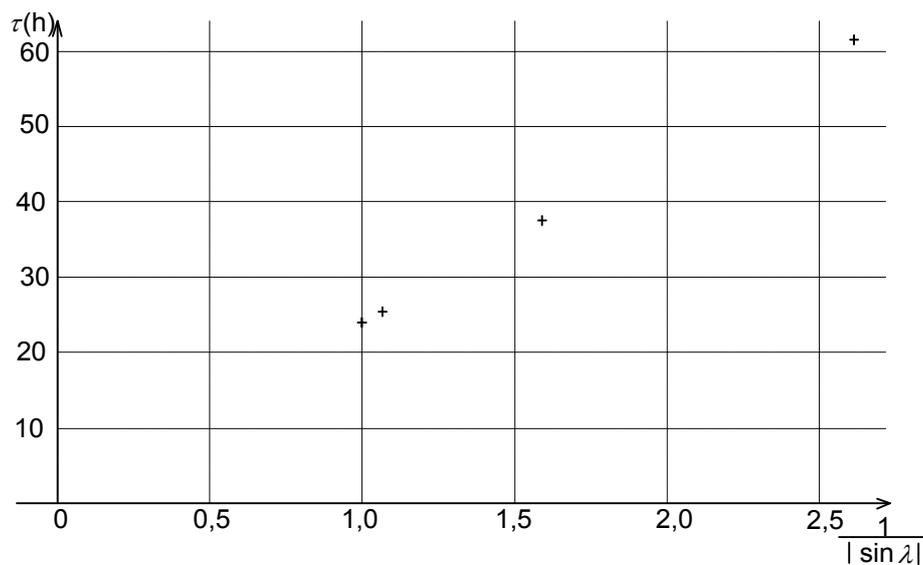


Figure A5. Représentation graphique de la période τ en fonction de $\frac{1}{|\sin \lambda|}$

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 un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE 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 1 : SYNTHÈSE DU SALICYLATE DE METHYLE (6,5 points)

Le Securidaca Longepedunculata est un arbre de 7 à 10 mètres de haut avec une cime claire. Son écorce est épaisse, jaune clair, lisse avec des petites écailles foncées. Ses racines sont très épaisses et odorantes. Ses feuilles sont vert foncé. Ses fleurs sont papilionacées, également très odorantes, de couleur rose à pourpre.

La plante est répandue en Afrique, dans les savanes et les galeries forestières. Elle est constituée, à plus de 90 %, de salicylate de méthyle.

L'huile essentielle extraite de ses racines fraîches et séchées à l'ombre pendant 5 jours contient un seul constituant, le salicylate de méthyle. Les propriétés médicinales de cet arbre sont bien connues, surtout contre les morsures de serpent ; au Mali, les préparations en sont nombreuses pour divers remèdes.

Ne disposant pas d'écorce de cet arbre, on se propose de réaliser la synthèse du salicylate de méthyle à partir de l'acide salicylique présent naturellement dans l'écorce du saule : c'est un ester dont la synthèse a été réalisée pour la première fois en 1886.


Données :

	Acide salicylique	Méthanol	Salicylate de méthyle	Cyclohexane	Glucose
Formule brute	$C_7H_6O_3$	X	X	C_6H_{12}	$C_6H_{12}O_6$
μ (g.mL ⁻¹)	1,44	0,80	1,17	0,79	X
T_{fus} (°C)	159	-98	-8,6	6,5	146
T_{eb} (°C)	211	65	223	81	X
Solubilité dans l'eau	Faible	Très bonne	Très faible	Nulle	Excellente
Solubilité dans le cyclohexane	Très bonne	Bonne	Bonne		Très faible
M (g.mol ⁻¹)	$M_1 = 138$	$M_2 = 32$	$M_3 = 152$		

Partie 1 : Extraction de l'acide salicylique

Cette extraction se fait par hydrodistillation. On réduit en poudre 435 g d'écorce de saule que l'on place dans un ballon. On ajoute 1 L d'eau distillée et on introduit le ballon dans un montage d'hydrodistillation.

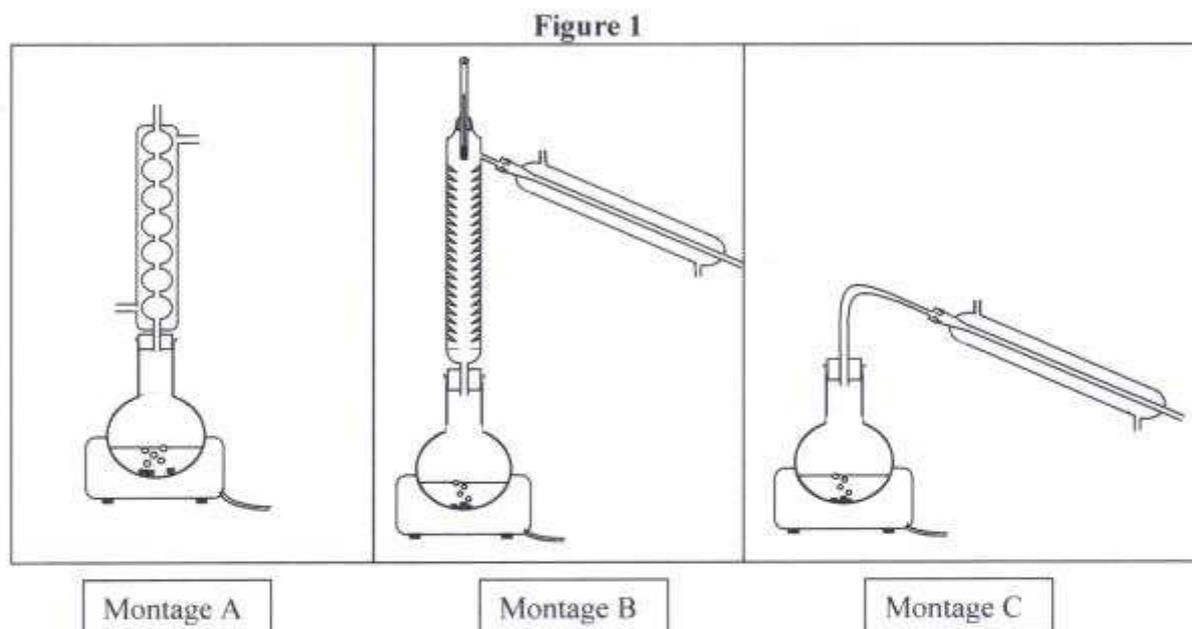
Après 30 minutes, on recueille le distillat dans lequel l'espèce chimique présente est la salicine.

En faisant bouillir le distillat faiblement acidifié, on provoque son hydrolyse ; la salicine se décompose en glucose et en acide salicylique.

A l'issue de cette opération, on réalise l'extraction de l'acide salicylique par le cyclohexane.

Après isolement de la phase organique de l'ampoule à décanter et évaporation du cyclohexane dans un dispositif adapté, on recueille une masse $m_1 = 8,7$ g d'acide salicylique.

1.1 Identifier, sur la **figure 1** ci-dessous le montage d'hydrodistillation. Justifier.

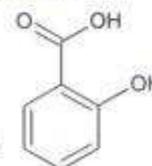


1.2 Compléter le schéma de l'ampoule à décanter, **figure 2 en Annexe page 10**, à rendre **avec la copie** en y distinguant les phases aqueuse et organique. Justifier la composition de chaque phase à l'aide des données physicochimiques.

Partie 2 : Etude de la synthèse du salicylate de méthyle

2.1 Donner la formule semi-développée du méthanol. Nommer le groupe caractéristique qu'il contient ainsi que la famille à laquelle il appartient.

2.2 Recopier sur la copie la formule de l'acide salicylique donnée ci-contre ; identifier puis nommer les groupes caractéristiques présents dans cette molécule.



2.3 Ecrire l'équation de la réaction de synthèse du salicylate de méthyle. Justifier l'état physique des réactifs et des produits.

2.4 Donner deux propriétés des transformations associées à ce type de réaction chimique.

On introduit $m_1 = 8,7$ g d'acide salicylique dans un ballon, dans lequel on verse un volume $V = 10,0$ mL de méthanol, quelques gouttes d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce. Après plusieurs heures de chauffage à reflux, on refroidit le mélange réactionnel à température ambiante.

On ajoute environ 100 mL d'eau dans le mélange 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 et contient l'ester et des traces d'acide.

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.

On effectue à nouveau un lavage à l'eau. On sépare les constituants de la phase organique par distillation.

Après purification, on récupère une masse $m_3 = 6,1$ g de salicylate de méthyle.

- 2.5 Expliquer le principe et les avantages du chauffage à reflux.
- 2.6 Expliquer le rôle de l'acide sulfurique et de la pierre ponce.
- 2.7 Ecrire l'équation de la réaction entre les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq) et les acides restants que l'on notera simplement AH. Expliquer alors le rôle des ions hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq) et le dégagement gazeux observé.

Couples mis en jeu : $(\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_{2(\text{aq})} / \text{HCO}_3^-$ (aq)), $(\text{AH}_{(\text{aq})} / \text{A}^-$ (aq)).

Partie 3 : Rendement de la synthèse du salicylate de méthyle

- 3.1 Déterminer la quantité de matière n_1 d'acide salicylique introduite dans le ballon.
- 3.2 Déterminer la quantité de matière n_2 de méthanol introduite dans le milieu réactionnel.
- 3.3 En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, déterminer les quantités de matière des réactifs et des produits à l'issue de la synthèse si l'on considère que la transformation est totale.
- 3.4 Déterminer la quantité de matière n_3 d'ester formée expérimentalement, puis le rendement expérimental de la réaction dans ces conditions.

EXERCICE II : SUR LA LUNE (5,5 points)

Partie 1 : Vecteur champ de pesanteur lunaire

1.1 L'expérience.



On a fêté, en 2009, le quarantième anniversaire du premier alunissage. Le 21 juillet 1969, Neil Armstrong fut le premier homme à poser le pied sur la Lune. Lors de l'une des cinq expéditions lunaires suivantes, l'astronaute d'Apollo 15 Dave Scott réalisa une expérience de physique : il prit dans ses mains levées à hauteur des épaules, un marteau dans l'une et une plume dans l'autre. Puis il les lâcha en même temps. Contrairement à ce qui se serait passé sur Terre, la plume ne se mit pas à voler doucement mais tomba exactement comme le marteau. Sans résistance de l'air

pour freiner la plume, les deux objets s'enfoncèrent dans la poussière lunaire exactement au même instant.

Dans l'exercice, l'indice M sera attribué au marteau et P à la plume.

1.1.1 Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la plume (de masse m_P) et sur le marteau (de masse m_M) à l'instant où ils sont lâchés.

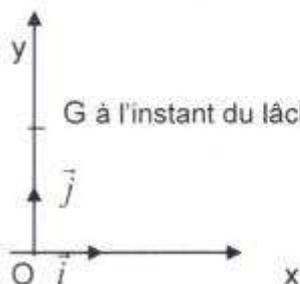
1.1.2 Donner l'expression de ces forces en fonction du vecteur champ de pesanteur lunaire \vec{g}_L .

1.1.3 En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que ces deux objets ont le même vecteur accélération que l'on précisera.

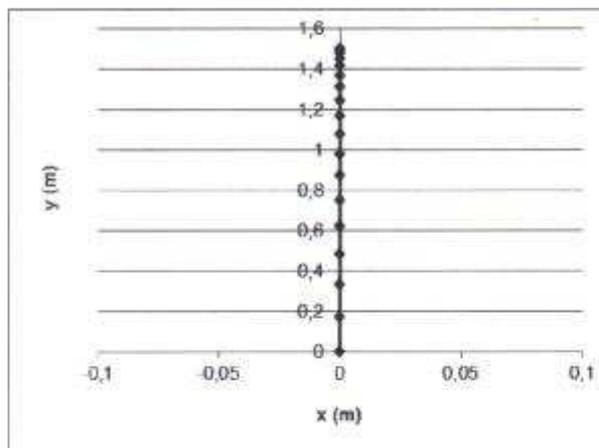
1.2 Enregistrement de la chute du marteau.

On peut, à partir du document vidéo de la NASA, construire des graphiques relatifs au mouvement du centre d'inertie G du marteau.

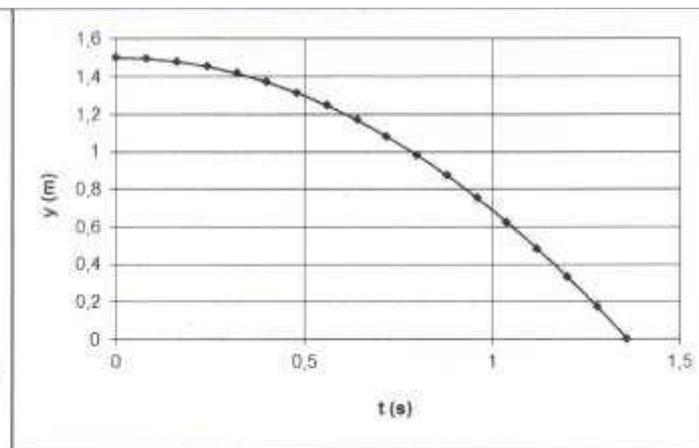
A l'instant du lâcher, pris comme origine des temps, G est à $h = 1,50$ m du sol. Le mouvement est étudié dans le référentiel lunaire, muni du repère (O, \vec{i}, \vec{j}) , l'axe Ox correspond au sol.



1.2.1 Des graphiques 1 et 2 ci-après, lequel correspond à la trajectoire de G ?



Graphique 1

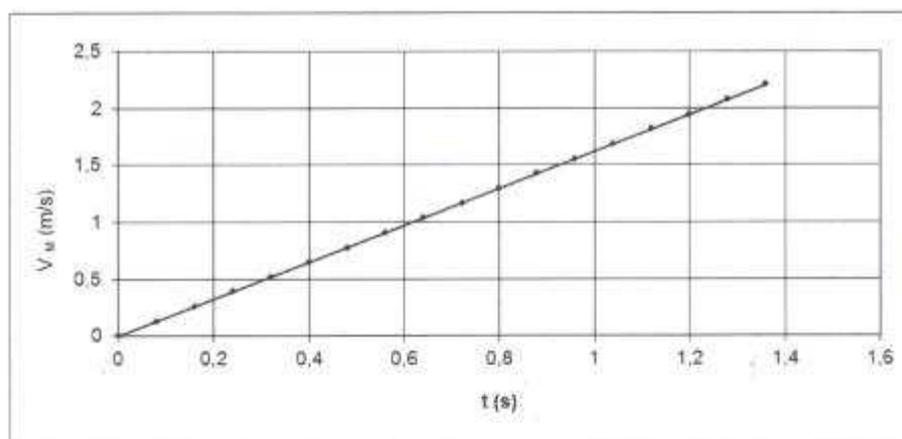


Graphique 2

1.2.2 Quelles sont les coordonnées du vecteur accélération \vec{a}_M de G dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) ci-dessus ?

1.2.3 Quelles sont les coordonnées du vecteur vitesse \vec{v}_M de G ?

1.2.4 En déduire l'expression en fonction du temps de la norme, notée v_M , du vecteur vitesse \vec{v}_M de G. En quoi le graphique n° 3 ci-dessous est-il compatible avec cette expression ?



Graphique 3

1.2.5 A partir de ce même graphique, déterminer la valeur du champ de pesanteur lunaire g_L .

Partie 2 : Durée de la chute.

2.1 Etablir l'équation horaire du mouvement $y(t)$.

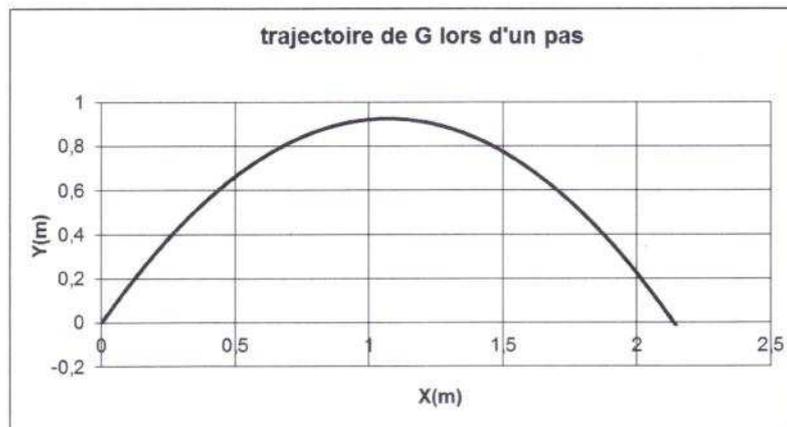
2.2 En déduire la durée de la chute du centre d'inertie G du marteau. La réponse sera vérifiée à partir d'un des graphiques ci-dessus.

2.3 Serait-on arrivé à la même réponse si on avait raisonné à partir de la plume ? Pourquoi ? Dans la description de l'expérience, relever la phrase qui confirme la réponse.

Partie 3 : Marchons sur la lune

Dans tous les documents filmés sur la Lune, on voit les astronautes se déplacer de façon bondissante. Hergé l'avait bien anticipé dans les aventures de Tintin « On a marché sur la Lune ».

Pendant la marche, on peut considérer que lors de l'impulsion du pied sur le sol, le centre de gravité G du corps (situé un peu au-dessous du nombril) est projeté vers le haut et retombe à son niveau de départ quand l'autre pied prend contact avec le sol, un pas ayant été alors accompli ; le mouvement de G peut-être assimilé, pour simplifier, au mouvement du centre de gravité d'un objet lancé vers le haut, avec la vitesse initiale v . G décrit ainsi une trajectoire correspondant au graphique 4 « trajectoire de G lors d'un pas » ci-dessous :



Graphique 4

On se propose de calculer la longueur du bond correspondant à un pas.

\vec{v} est le vecteur vitesse correspondant à la vitesse initiale de valeur $v = 2,0 \text{ m.s}^{-1}$. Il fait avec l'horizontale l'angle $\alpha = 60^\circ$.

L'étude théorique du mouvement de G conduit aux équations horaires :

$$X = (v \cdot \cos \alpha) \cdot t \quad \text{et} \quad Y = -\frac{1}{2} \cdot g_L \cdot t^2 + (v \cdot \sin \alpha) \cdot t \dots$$

(O'X étant l'axe horizontal du repère choisi et correspondant au sol, O'Y l'axe vertical de ce même repère et la date $t = 0$ étant prise au début du pas).

3.1 A partir des équations horaires ci-dessus, démontrer, en établissant la fonction $Y(X)$, que la trajectoire de G est une portion de parabole.

3.2 Quelle sont les valeurs de Y au début et la fin du pas dans le repère choisi ? On pourra s'aider du graphique 4.

3.3 En déduire l'expression littérale de la distance horizontale parcourue par G , correspondant à la longueur d'un pas.

3.4 Faire le calcul numérique, sachant que la valeur du champ de pesanteur lunaire est de $1,62 \text{ m.s}^{-2}$. Le résultat est-il compatible avec ce qui peut être déduit du graphique 4 ?

**EXERCICE 3 : DIFFRACTION DE LA LUMIERE A TRAVERS UN TAMIS
(4 points)**

La production de certains catalyseurs nécessite de déposer un métal noble (Pd, Pt, Au) sur un support inerte comme la silice (SiO_2). La silice commerciale se présente sous forme de petits grains blancs de tailles différentes : il est nécessaire de trier ces grains à l'aide de tamis pour fabriquer des catalyseurs tous identiques.

Le but de cet exercice est de vérifier la taille des mailles d'un tamis en effectuant une expérience de diffraction par un faisceau LASER.

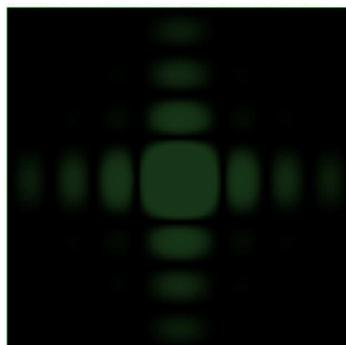
Partie 1 : Généralités sur les ondes

1.1 Définir la notion d'onde.

1.2 On différencie deux types d'ondes selon la direction de la propagation et celle de la perturbation. Nommer chaque type et donner un exemple pour chacun.

Partie 2 : Lumière LASER

Un faisceau LASER monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 532 \text{ nm}$ et se propageant dans l'air, est dirigé vers un tamis de laboratoire (sorte de grille) à maille carrée de côté a . On observe sur un écran une figure de diffraction identique à celle représentée ci-dessous. La tache centrale est un carré de côté $L = 2,66 \text{ cm}$.



2.1 Quel caractère de la lumière l'apparition d'une figure de diffraction met-elle en évidence ?

2.2 Dans quelle condition ce phénomène est-il observable ?

2.3 Une onde lumineuse est caractérisée par une périodicité spatiale et une périodicité temporelle. Nommer ces périodicités et préciser leur unité.

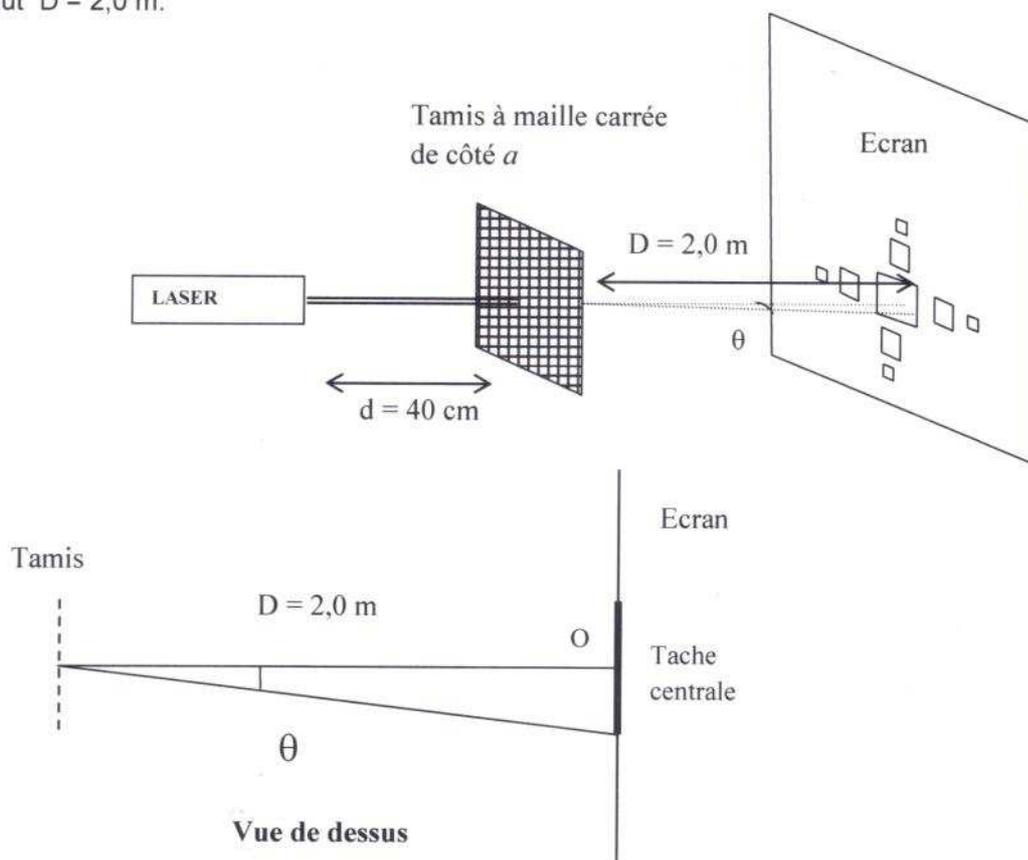
2.4 Rappeler la relation qui lie la longueur d'onde dans le vide λ_0 , la célérité de la lumière c dans le vide et la période T_0 . Exprimer puis calculer la valeur de la fréquence ν_0 correspondante.

2.5 Calculer l'énergie associée à un photon LASER de fréquence ν_0 .

2.6 On considèrera par la suite que les longueurs d'onde dans l'air et dans le vide sont identiques. Quelle propriété de l'air, vis-à-vis de la lumière, permet de faire cette approximation ? Citer un milieu qui n'a pas cette propriété.

Partie 3 : Dimension des mailles du tamis

Le LASER est placé à une distance $d = 40$ cm du tamis ; la distance entre le tamis et l'écran vaut $D = 2,0$ m.



Un tamis à maille carrée possède des propriétés diffractantes identiques à celles observées lors de la superposition de deux fentes allongées de même largeur et disposées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre.

- 3.1 Montrer, en s'aidant du schéma, que l'écart angulaire θ noté sur le schéma peut s'écrire $\theta = L / 2D$. On se placera dans l'approximation des petits angles : $\tan \theta = \theta$ (rad).
- 3.2 Rappeler la relation qui lie l'écart angulaire θ à la longueur d'onde λ et au côté a de la maille.
- 3.3 Exprimer puis calculer la dimension a d'une maille du tamis en utilisant les données expérimentales données ci dessus.

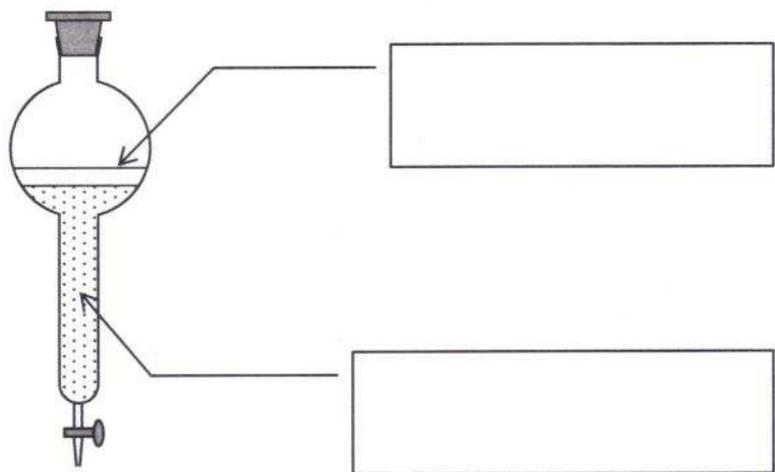
Données : Constante de Planck : $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s ;

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3 \times 10^8$ m.s⁻¹

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 1 : SYNTHESE DU SALICYLATE DE METHYLE

Figure 2



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 Coefficient 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet nécessite du papier millimétré.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12

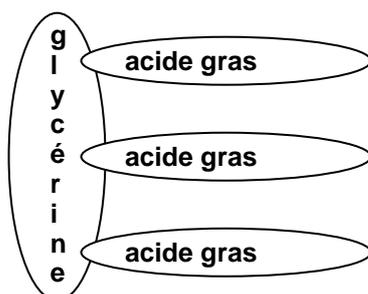
La feuille d'annexe (page 12/12)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE

EXERCICE I : PRODUCTION DU SAVON (6 POINTS)
--

On peut trouver sur internet les informations suivantes à propos de la fabrication d'un savon :

La saponification est définie comme la réaction entre un alcali (la lessive) et un corps gras (huile ou graisse). Les composés formés sont le savon et la glycérine.

Schéma d'un corps gras (extrait d'un document à vocation économique) :



D'après http://www.atol.be/docs/publ/fabrication_savon.pdf

L'objectif de cet exercice est d'apporter quelques précisions.

PARTIE A : La réaction de saponification

1. Généralités

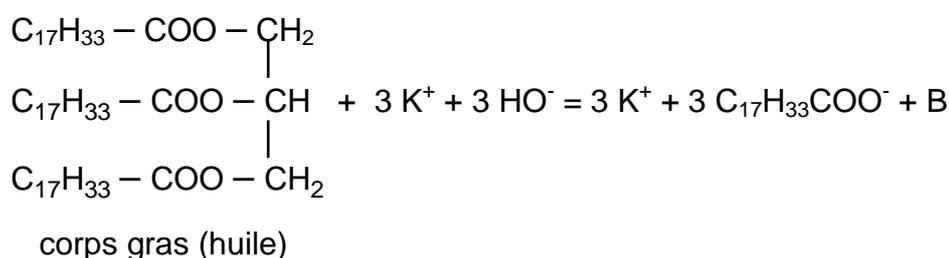
1.1. Donner le nom et la formule de l'espèce chimique qu'il est possible d'utiliser en travaux pratiques pour la préparation du savon et qui correspond à "l'alcali" du texte.

1.2. À quelle famille de composés chimiques, le corps gras appartient-il ?

2. Le trioléate de glycéryle

On fait l'hypothèse que le corps gras précédent est du trioléate de glycéryle et qu'il réagit avec l'hydroxyde de potassium.

Dans l'équation ci-dessous, modélisant la transformation, l'espèce appelée glycérine dans le texte est notée "B".



- 2.1. D'après l'équation ci-dessus, écrire la formule semi-développée de B. Donner la formule du savon ainsi préparé.
- 2.2. Écrire la formule de l'acide gras qui permet d'obtenir le trioléate de glycéryle.
- 2.3. Le schéma du corps gras proposé dans le texte d'introduction ci-dessus vous paraît-il rigoureux d'un point de vue scientifique ? Justifier.

PARTIE B : Indice de saponification de l'huile d'olive

Données :

- Masse molaire du trioléate de glycéryle (noté G) : 885 g.mol^{-1}
- Masse molaire de l'hydroxyde de potassium : $56,1 \text{ g.mol}^{-1}$
- Définition de l'indice de saponification d'un corps gras : dans les conditions de l'exercice, c'est la masse d'hydroxyde de potassium exprimée en mg, nécessaire pour saponifier 1 g de corps gras.
- La réaction de saponification sera considérée comme totale.

Lors d'une séance de travaux pratiques, on mélange 0,50 g d'huile d'olive, supposée uniquement constituée de trioléate de glycéryle, avec 50,0 mL d'une solution d'hydroxyde de potassium de concentration $0,250 \text{ mol.L}^{-1}$ en solution dans l'éthanol. On chauffe à reflux pendant trente minutes, puis on laisse refroidir le contenu du ballon, qu'on verse ensuite dans 250 mL d'une solution saturée en chlorure de sodium.

*Le trioléate de glycéryle est **noté G** dans l'équation du tableau d'avancement donné en annexe à rendre avec la copie*

1. Détermination de l'indice de saponification

- 1.1. Faire un schéma annoté du dispositif de chauffage à reflux.
- 1.2. Étude de la réaction
 - 1.2.1. Calculer les quantités de matière initiales n_{01} et n_{02} des réactifs puis compléter le tableau descriptif de l'évolution de la réaction donné **en annexe à rendre avec la copie**.
 - 1.2.2. Déterminer la valeur de x_f .
 - 1.2.3. Calculer la quantité finale d'hydroxyde de potassium.
- 1.3. Indice de saponification
 - 1.3.1. Calculer la quantité de matière d'hydroxyde de potassium qui a réagi.
 - 1.3.2. En déduire la masse correspondante.
 - 1.3.3. En utilisant la définition donnée ci-dessus, calculer l'indice de saponification de l'huile d'olive.

2. Détermination expérimentale de l'indice de saponification

L'indice de saponification précédemment calculé est un indice théorique. Une détermination expérimentale de cet indice est réalisée de la façon suivante : on effectue un titrage acido-basique de l'hydroxyde de potassium en excès dans la réaction étudiée en 1.2, par une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+_{aq} + Cl^-_{aq}$) de concentration $0,500 \text{ mol.L}^{-1}$ en présence de bleu de bromothymol.

2.1. Écrire l'équation de la réaction de titrage.

2.2. Le volume solution d'acide chlorhydrique nécessaire pour obtenir l'équivalence est égal à 22,0 mL.

2.2.1. Définir l'équivalence.

2.2.2. Calculer la quantité de matière d'ions HO^- titrés.

2.2.3. En déduire la quantité de matière d'ions HO^- ayant réagi lors de la réaction étudiée en 1.2 puis l'indice de saponification expérimental de l'huile d'olive.

2.3. Comparer cet indice expérimental avec l'indice théorique obtenu en 1.3.3. Proposer une explication.

EXERCICE II : UNE PETITE HISTOIRE DE LA SECONDE (6 POINTS)

Cet exercice comporte trois parties indépendantes.

Première partie : la seconde au XVII^e siècle

Observant dans la cathédrale de Pise une lampe se balançant sous la voûte, Galilée eut l'idée d'utiliser un pendule pour mesurer le temps. Il remarqua que les oscillations de ce pendule étaient isochrones. La période, c'est à dire la durée d'un aller et retour complet du pendule, semblait être remarquablement constante pour un pendule donné.

1. À quelle condition « les oscillations de ce pendule étaient-elles isochrones » ?
2. Pour un amortissement faible, la pseudo-période d'un pendule simple est voisine de la période propre dont l'expression est : $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$, avec g , accélération de pesanteur ($g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$).
Que représente la grandeur ℓ dans l'expression de la période propre du pendule ?
3. Des élèves d'une classe de Terminale S procèdent à une série de mesures. Le protocole donné par le professeur est le suivant.
 - Écarter le pendule de sa position d'équilibre et faire osciller le pendule avec une amplitude initiale égale ou inférieure à 20° .
 - À l'aide d'un chronomètre, mesurer la durée Δt de 10 oscillations, c'est-à-dire 10 allers et retours.

Les résultats expérimentaux sont les suivants :

ℓ (m)	45×10^{-2}	30×10^{-2}	20×10^{-2}	10×10^{-2}
Δt (s)	13,4	11,0	9,0	6,4

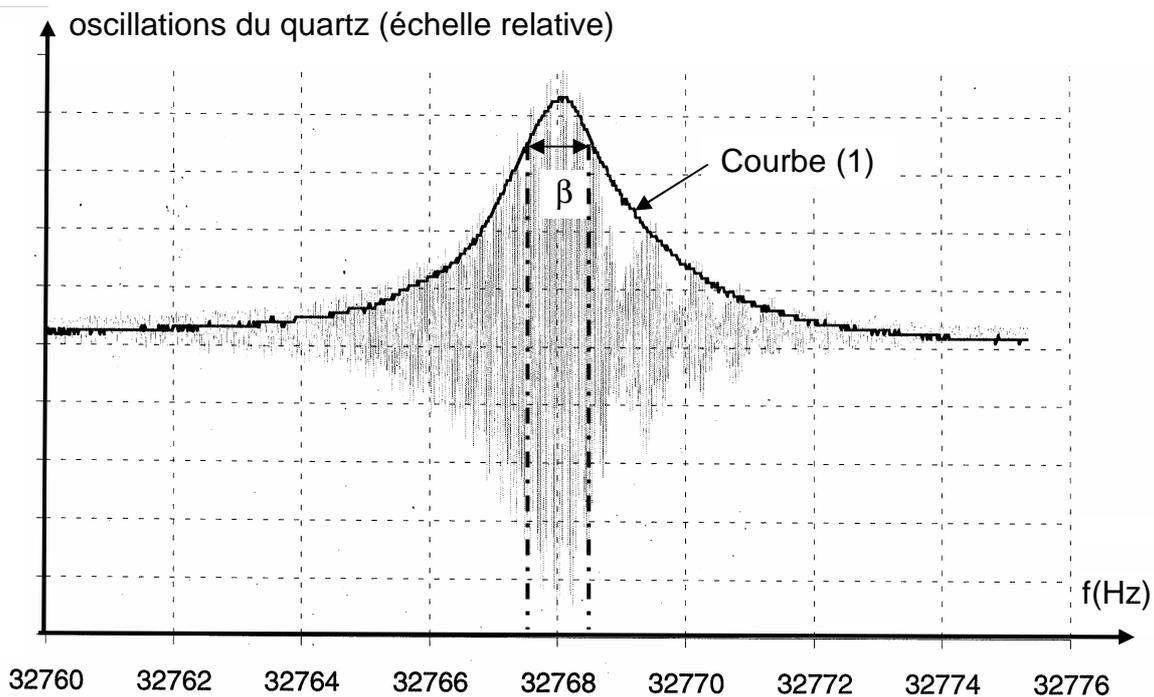
- 3.1. Expliquer pourquoi il est préférable de mesurer 10 oscillations et non pas une seule.
- 3.2. Tracer, **sur la feuille de papier millimétré fournie**, la courbe $T_0 = f(\sqrt{\ell})$ en utilisant les échelles : 1 cm pour $0,10 \text{ m}^{1/2}$ et 1 cm pour 1,0 s.
- 3.3. À partir de la courbe, montrer que l'expression théorique de la période propre d'un pendule simple est vérifiée.
4. Pour mesurer le temps, on utilise un pendule qui « bat la seconde », c'est-à-dire qu'un aller dure une seconde.
Quelle doit-être la longueur du pendule utilisé ?

Deuxième partie : la seconde au début du XX^e siècle

L'avènement des semi-conducteurs et des circuits intégrés, dans les années 1950, a permis la miniaturisation des horloges à quartz.

Le principe de l'horloge à quartz est le suivant : un oscillateur électrique force les vibrations d'un cristal de quartz. La fréquence de l'oscillateur est réglée pour que le quartz entre en résonance : elle est alors égale à la fréquence propre du quartz.

1. Il est possible, en utilisant un dispositif approprié, d'étudier les oscillations du quartz en fonction de la fréquence imposée par l'oscillateur électrique. On obtient le graphique de la **figure 1** ci-dessous, sur lequel est indiquée la grandeur β , appelée largeur de la bande passante.



- 1.1. Quel est le phénomène physique illustré par la courbe (1) de la **figure 1** ci-dessus ?
- 1.2. À l'aide de la **figure 1**, déterminer la fréquence propre f_0 d'oscillations du quartz.
- 1.3. Le facteur de qualité, noté Q et défini par : $Q = \frac{f_0}{\beta}$, permet de caractériser l'amortissement des oscillations.
 - Si Q est grand devant 1 ($Q > 10$), alors la courbe de résonance est pointue et l'amortissement est considéré comme faible.
 - Si Q est de l'ordre de l'unité ou inférieur à 1, alors la courbe de résonance est aplatie et l'amortissement est considéré comme fort.
 Calculer Q , puis indiquer si l'amortissement est faible ou fort pour le phénomène observé.

2. Le quartz peut être modélisé par un circuit RLC série. Un condensateur initialement chargé est relié aux bornes d'une bobine, il subit une décharge oscillante.

- 2.1. Parmi les courbes proposées ci-après, reconnaître celle correspondant à la tension aux bornes du condensateur lors d'une décharge oscillante.

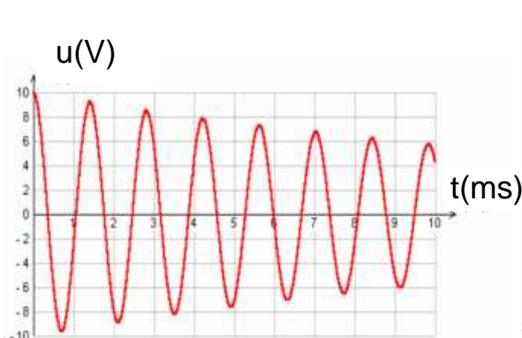


Figure 2.a

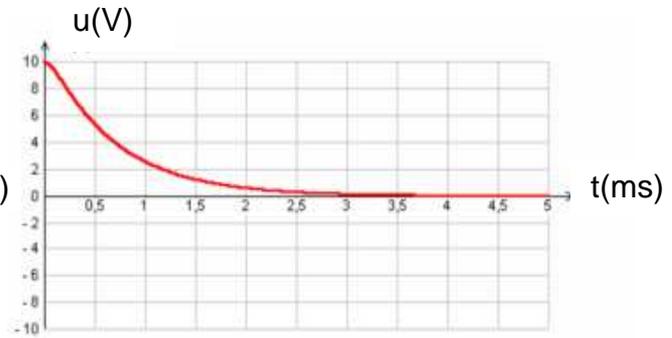


Figure 2.b

- 2.2. Quelle est l'influence de la valeur de la résistance R sur le phénomène d'oscillations ?

- 2.3. Rappeler l'expression de la période propre T_0 des oscillations électriques dans un circuit LC série.

Les valeurs de L, C et R permettant de modéliser le quartz sont :

$$L = 7\,860 \text{ H}, C = 3,001 \times 10^{-15} \text{ F} \text{ et } R = 32 \text{ k}\Omega.$$

En déduire la fréquence propre f_0 des oscillations de ce circuit.

3. Un dispositif appelé « diviseur de fréquence », placé après le quartz, permet d'obtenir un signal de fréquence égale à 1 Hz alimentant un petit moteur animant la trotteuse d'une montre (aiguille indiquant les secondes). La fréquence f_0 est divisée par 2^n , où n est un entier positif.

Déterminer n pour obtenir un signal de fréquence égale à 1 Hz.

Troisième partie : la seconde « atomique »

Depuis 1968, la seconde est « la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133, au repos et à 0 K ».

- Un atome passant d'un état d'énergie excité E_p à un autre état d'énergie plus faible E_n émet un photon de fréquence ν .
Donner la relation entre les énergies E_p , E_n et la fréquence ν .
- Donner la valeur de la fréquence ν correspondant à la transition électronique définissant la seconde.
- Calculer la variation d'énergie $E_p - E_n$ correspondant à la valeur de ν obtenue à la question précédente. Exprimer le résultat en joule et en électron-volt.

Données : constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE I :**Partie B, Question 1.2.1.**

Tableau descriptif de l'évolution de la réaction

équation chimique		$G + 3 HO^- = 3 C_{17}H_{33}COO^- + B$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	n_{01}	n_{02}	0	0
En cours de transformation	x				
État final	x_f				

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2011

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

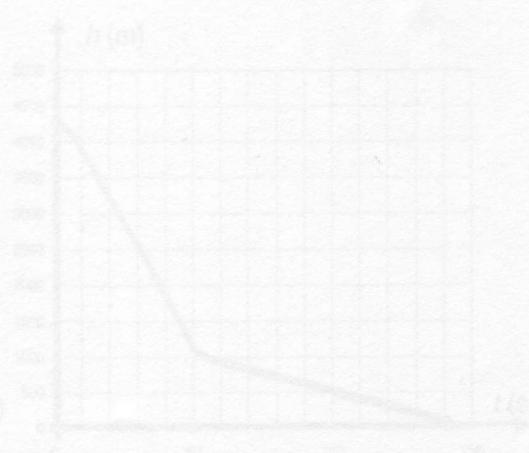
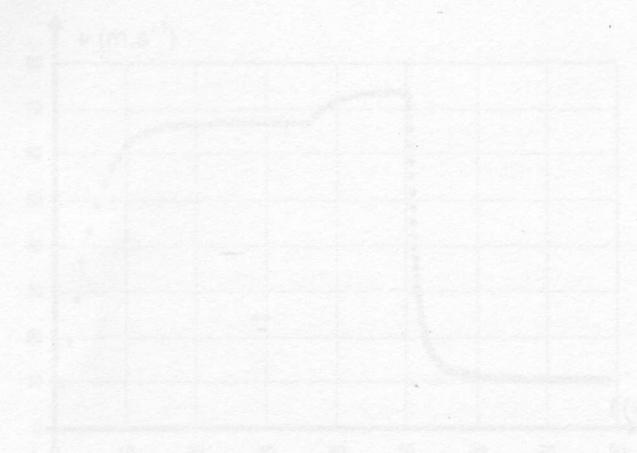
L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

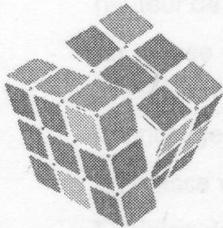
Les feuilles annexes (pages 9 et 10) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.

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



Exercice I : Un Rubik's Cube résolu à près de 4300m d'altitude. (6,5 points)

Le **Rubik's Cube** a été inventé en 1974 par le Hongrois Ernő Rubik, et s'est rapidement répandu sur toute la planète au cours des années 1980.



UN PARACHUTISTE A RÉSOLU LE RUBIK'S CUBE ALORS QU'IL SE TROUVAIT À UNE ALTITUDE DE 4300 METRES.

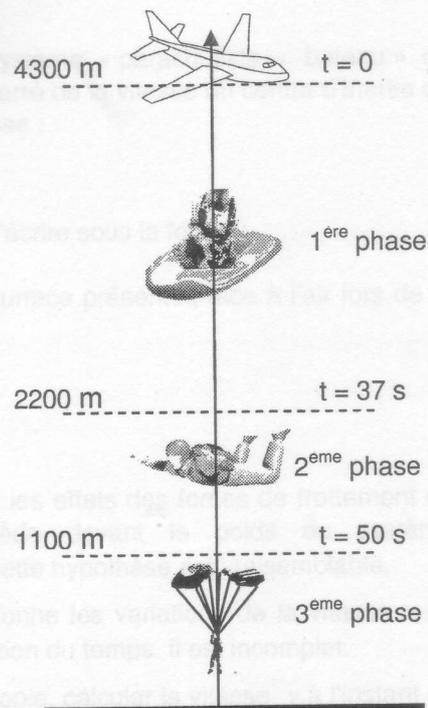
Le 3 août 2010, Ludwig Fichte, 29 ans, s'est assis dans un bateau gonflable après avoir sauté d'un avion. Il a résolu le Rubik's Cube en 31,5 secondes et son altimètre indiquait alors 2500 mètres. Le parachutiste dit avoir utilisé le bateau gonflable pour avoir plus de stabilité et pouvoir mieux se concentrer sur le casse-tête.

Source : <http://fr.news.yahoo.com>

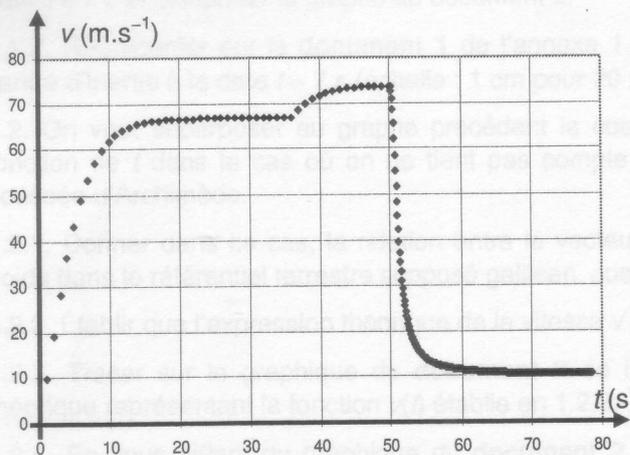
A la fin du film qui accompagne l'article, on apprend que M. Fichte a quitté son bateau à l'altitude 2200 m et a ouvert son parachute à l'altitude de 1100 m.

La chute de M. Fichte a été modélisée à partir des éléments fournis dans l'article. Elle a été pour cela décomposée en trois phases :

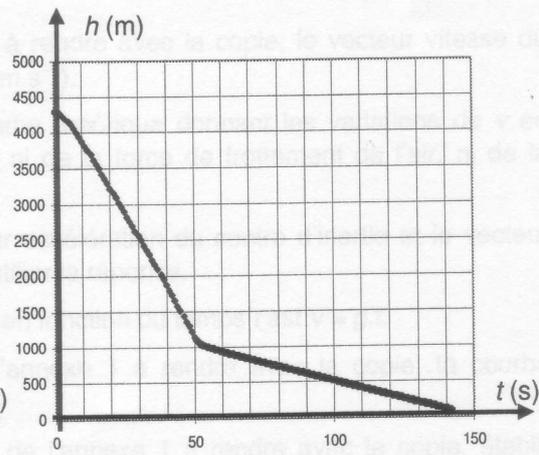
- 1^{ère} phase : Chute de M. Fichte assis sur le bateau gonflable pendant qu'il résout le Rubik's cube.
- 2^{ème} phase : Chute de M. Fichte sans bateau, dans la position classique de descente.
- 3^{ème} phase : Chute de M. Fichte avec son parachute ouvert.



On obtient les deux courbes suivantes donnant les variations de l'altitude h et de la vitesse v du parachutiste en fonction de la durée de chute notée t .



Courbe 1



Courbe 2

On a pu également reproduire les différentes positions du parachutiste dans la phase 1, à intervalles de temps réguliers espacés d'une durée $\Delta t = 1,0$ s. Ce relevé est reproduit sur le **document 1 de l'annexe 1** à rendre avec la copie.

Pour établir la modélisation, on a supposé vraies les hypothèses simplificatrices suivantes :

- L'accélération de la pesanteur est considérée comme constante et égale à $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ sur la hauteur de chute du parachutiste.
- La masse du parachutiste seul avec son équipement est $m = 75 \text{ kg}$ et la masse du bateau pneumatique est négligeable devant celle du parachutiste.
- On néglige la poussée d'Archimède.
- La masse volumique de l'air est supposée constante et égale à $\rho = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$
- L'origine des dates a été choisie à l'instant où le parachutiste et le bateau quittent l'avion. La composante verticale de la vitesse est alors nulle. On néglige la composante horizontale de la vitesse, le parachutiste étant très vite freiné par l'air dès sa sortie de l'avion. La chute est donc supposée sans vitesse initiale.
- La force de frottement \vec{F} exercée par l'air sur le système « parachutiste + bateau » ou « parachutiste seul » a une valeur proportionnelle au carré de la vitesse du centre d'inertie du système et est dirigée en sens opposé du vecteur vitesse :

$$\vec{F} = -k.v.\vec{v} \text{ et } F = k.v^2 .$$

Le coefficient de proportionnalité k entre F et v^2 peut s'écrire sous la forme :

$$k = \frac{1}{2} \rho . S ; \rho \text{ est la masse volumique de l'air, } S \text{ la surface présentée face à l'air lors de la chute.}$$

1. Étude des premières secondes de chute

On a supposé dans cette première partie du mouvement, que les effets des forces de frottement de l'air sont négligeables ainsi que la poussée d'Archimède devant le poids du système « parachutiste + bateau ». On veut vérifier jusqu'à quelle date cette hypothèse est vraisemblable.

1.1 Le **document 2** de l'annexe 1 à rendre avec la copie donne les variations de la vitesse v du centre d'inertie G du système « parachutiste + bateau » en fonction du temps. Il est incomplet.

1.1.1. D'après le **document 1** de l'annexe 1 à rendre avec la copie, calculer la vitesse v à l'instant de date $t = 7$ s et compléter le graphe du document 2.

1.1.2. Représenter sur le **document 1** de l'annexe 1 à rendre avec la copie, le vecteur vitesse du centre d'inertie à la date $t = 7$ s (échelle : 1 cm pour 20 m.s^{-1}).

1.2. On veut superposer au graphe précédent la courbe théorique donnant les variations de v en fonction de t dans le cas où on ne tient pas compte ni de la force de frottement de l'air, ni de la poussée d'Archimède.

1.2.1. Donner dans ce cas, la relation entre le vecteur accélération du centre d'inertie et le vecteur poids dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Justifier la réponse.

1.2.2. Établir que l'expression théorique de la vitesse v en fonction du temps t est $v = g.t$.

1.2.3. Tracer sur le graphique du **document 2** de l'annexe 1 à rendre avec la copie, la courbe théorique représentant la fonction $v(t)$ établie en 1.2.2.

1.2.4. En vous aidant du graphique du **document 2** de l'annexe 1 à rendre avec la copie, établir jusqu'à quelle date on peut raisonnablement négliger les frottements de l'air.

2. Effet des forces de frottement

M. Fichte a résolu le Rubik's cube en 31,5 s après sa sortie de l'avion. D'après les résultats du 1., on ne peut plus négliger les frottements de l'air.

Sur cette partie du trajet l'expression de la force de frottement est :

$$\vec{F}_1 = -k_1 \cdot v \cdot \vec{v} \quad \text{et} \quad F_1 = k_1 \cdot v^2 \quad k_1 = 0,165 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

2.1. Écrire la deuxième loi de Newton appliquée au système « parachutiste + bateau » dans un référentiel terrestre supposé galiléen.

2.2. La courbe 1 donnée en début d'exercice montre que la vitesse se stabilise à la valeur v_1 après une certaine durée de chute.

2.2.1. Que peut-on dire du vecteur accélération lorsque \vec{v} devient constant ?

2.2.2. Donner alors la relation entre les forces \vec{P} et \vec{F}_1 . Justifier la réponse.

2.2.3. Calculer v_1 et vérifier le résultat sur la courbe 1.

2.2.4. Justifier, par un raisonnement qualitatif, l'augmentation de la valeur de la vitesse, constatée sur la courbe 1 au moment du largage du bateau.

3. Étude énergétique

L'altitude z du centre d'inertie du parachutiste est repérée sur un axe vertical orienté vers le haut, dont l'origine est prise au sol.

3.1. Calculer l'énergie mécanique E_1 du système « parachutiste + Terre » au moment de la sortie de l'avion. (On rappelle que la vitesse est supposée nulle à cet instant malgré le déplacement de l'avion.)

3.2. Calculer l'énergie mécanique E_2 du système, juste avant le largage du bateau, à l'altitude de $h = 2200 \text{ m}$. On rappelle qu'à cet instant, la vitesse du centre d'inertie G est $v = 66,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3.3. Pourquoi l'énergie mécanique a-t-elle diminué ?

3.4. Si la tentative de M. Fichte s'était déroulée en absence d'atmosphère,

3.4.1. Le parachutiste pourrait-il être freiné ? Pourquoi ?

3.4.2. Que pourrait-on dire de l'énergie mécanique du système ?

3.4.3. Quelle aurait été la vitesse du parachutiste dans ces conditions à l'altitude 2200 m ?

3.5. Le sport pratiqué par M. Fichte est communément appelé « chute libre ». Ce terme vous semble-t-il conforme à la situation réelle étudiée ? Justifier la réponse.

Exercice II : Les bulles de savon (5,5 points)

Une bulle de savon est un globe formé d'un mince film d'eau savonneuse rempli d'air qui flotte dans l'atmosphère. Sa paroi est constituée de deux rangées de molécules de tensio-actif (un tensio-actif influence la tension superficielle de l'eau). Une étroite couche d'eau est retenue entre les têtes hydrophiles tandis que les queues hydrophobes, préférant le contact de l'air plutôt que celui de l'eau, se placent de la manière suivante :

- queues de la rangée externe : tournées vers l'extérieur de la bulle, donc vers l'air ambiant.
- queues de la rangée interne : tournées vers l'intérieur de la bulle, donc vers l'air emprisonné.

Les champions parviennent à produire des bulles de savon d'un mètre et plus.

D'après plusieurs articles de Wikipédia

1. Étude du texte

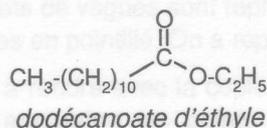
1.1. Définir les termes « hydrophile » et « hydrophobe »

1.2. Entourer sur l'ion carboxylate, représenté sur le **document 3** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, la partie hydrophile et la partie hydrophobe.

1.3. L'ion carboxylate est souvent représenté schématiquement par un trait au bout duquel se trouve un cercle. Le trait représente la chaîne carbonée et le cercle représente le groupe carboxylate. Retrouver, parmi les quatre schémas placés sur le **document 4** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, celui qui convient le mieux à la description de la paroi d'une bulle de savon.

2. La réaction d'hydrolyse basique d'un ester

2.1. L'ion dodécanoate représenté sur le **document 3** de l'annexe 2 peut être obtenu à partir de l'hydrolyse basique du dodécanoate d'éthyle.



Écrire l'équation de cette réaction.

2.2. Quelles sont les deux caractéristiques de l'hydrolyse basique d'un ester ?

2.3. En partant de 12,0 g de dodécanoate d'éthyle et d'un excès d'ions hydroxyde, trouver la quantité de matière d'ion dodécanoate obtenu si le rendement de la transformation chimique est de 95%.

Données :

$$M_{\text{C}} = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}, M_{\text{O}} = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}, M_{\text{H}} = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}.$$

3. Influence de la tension superficielle sur la propagation des ondes mécaniques à la surface de l'eau

La célérité des ondes mécaniques transversales à la surface d'un liquide dépend de sa tension superficielle seulement si la longueur d'onde est inférieure à 1,7 cm. On a alors affaire à des ondes de capillarité.

La célérité d'une onde de capillarité, si la profondeur du liquide est suffisamment importante et la longueur d'onde suffisamment faible (conditions que l'on suppose réunies dans cet exercice), peut s'écrire :

$$v = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}}$$

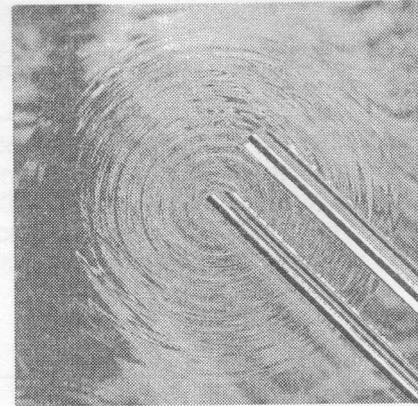
σ est la tension superficielle du liquide (en N.m^{-1})

ρ est la masse volumique du liquide (en kg.m^{-3})

λ est la longueur d'onde (en m).

Pour observer ces ondes, on peut faire vibrer un diapason en maintenant une de ses branches en contact avec la surface du liquide.

Une onde circulaire de même fréquence que la vibration du diapason se propage alors à la surface de l'eau. Elle est difficilement observable parce que rapidement amortie, mais il est néanmoins possible, en filmant le phénomène, et en faisant défiler le film image par image, de trouver une photo exploitable permettant de mesurer la longueur d'onde.



On dispose de plusieurs diapasons donnant plusieurs notes. Leurs fréquences de vibration sont données dans le tableau ci dessous :

Note	Do	Ré	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
Fréquence (Hz)	261	294	330	349	392	440	466	494

L'expérience est réalisée avec de l'eau.

$$\sigma = 0,073 \text{ N.m}^{-1} \quad \rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

3.1. On choisit le diapason donnant la note La. Sa fréquence de vibration est $f_1 = 440 \text{ Hz}$. La longueur d'onde mesurée est $\lambda_1 = 1,33 \text{ mm}$.

3.1.1 Donner la relation permettant de calculer la célérité de l'onde.

3.1.2 Vérifier que cette célérité vaut $v_1 = 0,585 \text{ m.s}^{-1}$.

3.2. Sur le **document 5** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, on a représenté la surface de l'eau vue de dessus à la date t_1 . Les sommets de vagues sont représentés par des cercles en trait plein, et les creux de vagues par des cercles en pointillé. On a représenté une ligne de coupe AB.

Sur le **document 6** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, on a représenté la surface de l'eau en coupe, à la date t_1 , en faisant apparaître les points M_1 et M_2 (on néglige le phénomène d'amortissement).

3.2.1. Choisir parmi les trois schémas du **document 7** de l'annexe 2 à rendre avec la copie, celui qui correspond à la surface de l'eau en coupe à la date $t_2 = t_1 + \frac{T}{2}$.

3.2.2 Comparer les mouvements verticaux des points M_3 et M_4 .

3.2.3. Comparer les mouvements verticaux des points M_3 et M_5 .

3.3. On réalise la même expérience avec un nouveau diapason de fréquence différente du premier, mais inconnue. La nouvelle longueur d'onde mesurée est $\lambda_2 = 1,62 \text{ mm}$. La célérité est $v_2 = 0,534 \text{ m.s}^{-1}$.

Comment peut-on qualifier le milieu de propagation que constitue la surface de l'eau, pour cette gamme de fréquence ? Justifier la réponse.

3.4. On garde le même diapason, de fréquence inconnue, et on ajoute quelques gouttes de détergent qui se répartit à la surface et modifie la tension superficielle qui vaut alors $\sigma = 0,038 \text{ N.m}^{-1}$. La masse volumique reste inchangée. La nouvelle longueur d'onde mesurée est $\lambda_3 = 1,30 \text{ mm}$.

3.4.1. Calculer la célérité de l'onde.

3.4.2. Calculer la fréquence du diapason et donner le nom de la note qu'il produit.

Exercice III : Dosage colorimétrique de l'aluminium (4 points)

L'aluminium est reconnu pour ses effets néfastes à haute dose sur le système nerveux. Les cellules du cerveau des patients atteints d'Alzheimer contiennent de 10 à 30 fois plus d'aluminium que la normale. L'Institut de la Veille sanitaire a réalisé en 2003 une étude poussée qui montre le manque de données suffisantes pour confirmer ou infirmer les conséquences de l'aluminium sur la santé. Les études ont porté surtout sur la qualité des eaux utilisées pour la boisson, mais pas sur les effets des emballages en aluminium.

D'après un article de Wikipédia

Les normes actuelles tolèrent une concentration maximale en aluminium de $7,4 \mu\text{mol.L}^{-1}$ pour l'eau potable. Le but de cet exercice est d'exploiter une analyse par spectrophotométrie afin de s'assurer qu'un échantillon d'eau vérifie ce critère.

1. Préparation de la solution S_0

On prépare 1,00 L d'une solution mère de concentration $8,15 \text{ mmol.L}^{-1}$ en élément aluminium à partir de chlorure d'aluminium hexahydraté $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solide (il libère des ions aluminium III Al^{3+} lors de sa dissolution en solution aqueuse). On prélève un volume qui est dilué 100 fois afin d'obtenir 100,0 mL d'une solution qui sera appelée par la suite S_0 .

1.1. Retrouver qu'il faut peser 1,97 g de chlorure d'aluminium hexahydraté de masse molaire $M = 241,5 \text{ g.mol}^{-1}$ pour préparer un litre de solution à une concentration de $8,15 \text{ mmol.L}^{-1}$ en élément aluminium.

1.2. Quel est le volume de solution mère à prélever pour préparer la solution S_0 ?

2. Préparations de la gamme d'étalon

On fait réagir les ions aluminium III, contenus dans une solution incolore, avec un colorant appelé aluminon présent en large excès. Une nouvelle espèce chimique colorée est ainsi obtenue par une transformation chimique supposée totale.

Sept solutions sont préparées de la façon suivante : Il faut placer dans une fiole jaugée de 50,0 mL, 5 mL d'une solution d'aluminon, 20 mL d'une solution tampon permettant de maintenir le pH à 4,8, un certain volume de solution S_0 précisé dans le tableau placé à la suite de l'exercice et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. Après homogénéisation et un temps d'attente de 15 minutes, les échantillons sont analysés au spectrophotomètre.

2.1. Donner un critère qui permet de choisir la longueur d'onde du spectrophotomètre. L'absorbance est par la suite mesurée à 525 nm.

2.2. Quelle est la verrerie, parmi la liste suivante, qui permet de prélever un volume de 5 mL, sans recherche de précision ?

Bécher de 100 mL, éprouvette graduée de 10 mL, pipette jaugée de 5 mL, pipette graduée de 10 mL.

2.3. Quel est le rôle de la solution S_1 qui apparaît dans cette série de mesures ?

Solution	Volume de S_0 (mL)	Concentration molaire en élément aluminium (mmol.L^{-1}).	Absorbance mesurée
S_1	0	0	0
S_2	1,0	$0,16 \times 10^{-2}$	0,012
S_3	3,0	$0,48 \times 10^{-2}$	0,037
S_4	6,0		0,072
S_5	12,0	$2,0 \times 10^{-2}$	0,15
S_6	15,0	$2,4 \times 10^{-2}$	0,19
S_7	20,0	$3,3 \times 10^{-2}$	0,25

2.4. Calculer la concentration molaire en élément aluminium de la solution S_4 .

3. Dosage de la teneur en aluminium de l'échantillon

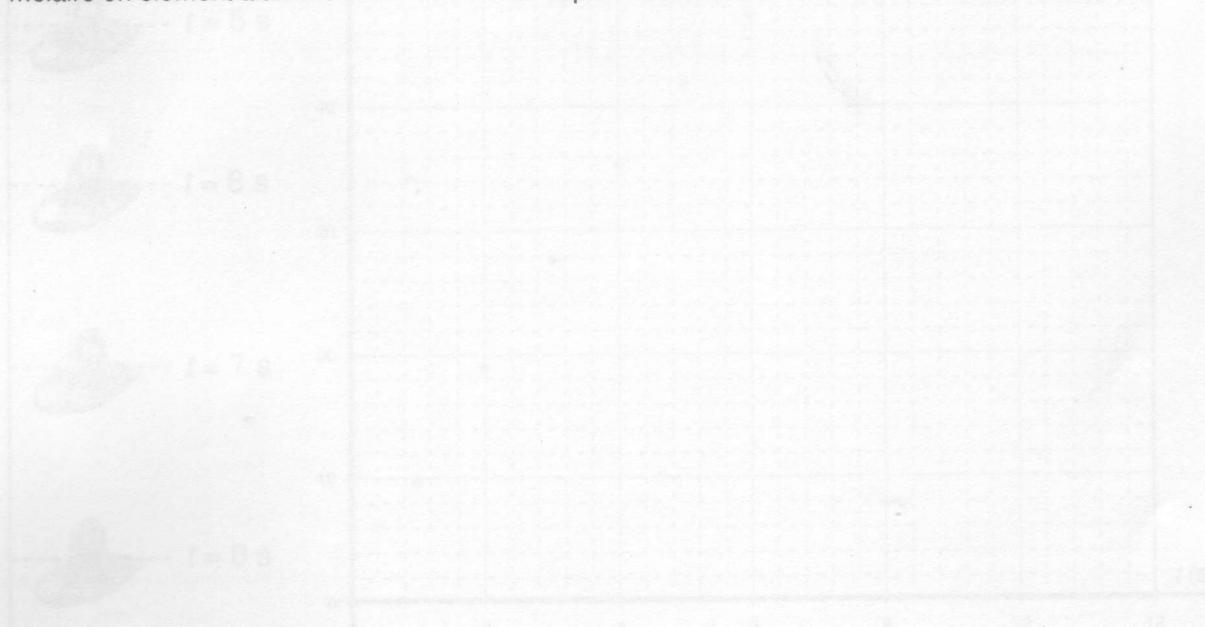
3.1. Tracer le graphe représentant l'absorbance en fonction de la concentration molaire en élément aluminium. On prendra pour échelle : 1 cm pour 0,02 valeur d'absorbance et 1 cm pour $0,2 \times 10^{-2} \text{ mmol.L}^{-1}$.

3.2. Quelle est la relation mathématique entre l'absorbance A et la concentration molaire C ?

3.3. En déduire la relation numérique entre A et C et préciser l'unité de la valeur numérique trouvée.

3.4. L'absorbance d'un échantillon d'eau donne une valeur de 0,12. En déduire la concentration molaire en élément aluminium pour cette eau. Cette eau respecte-t-elle le critère de potabilité pour l'élément aluminium ?

3.5. Est-il possible d'analyser, avec cette technique, des échantillons d'eau ayant une concentration molaire en élément aluminium environ 10 fois supérieure à celle de la solution S_7 ? Que faut-il faire ?



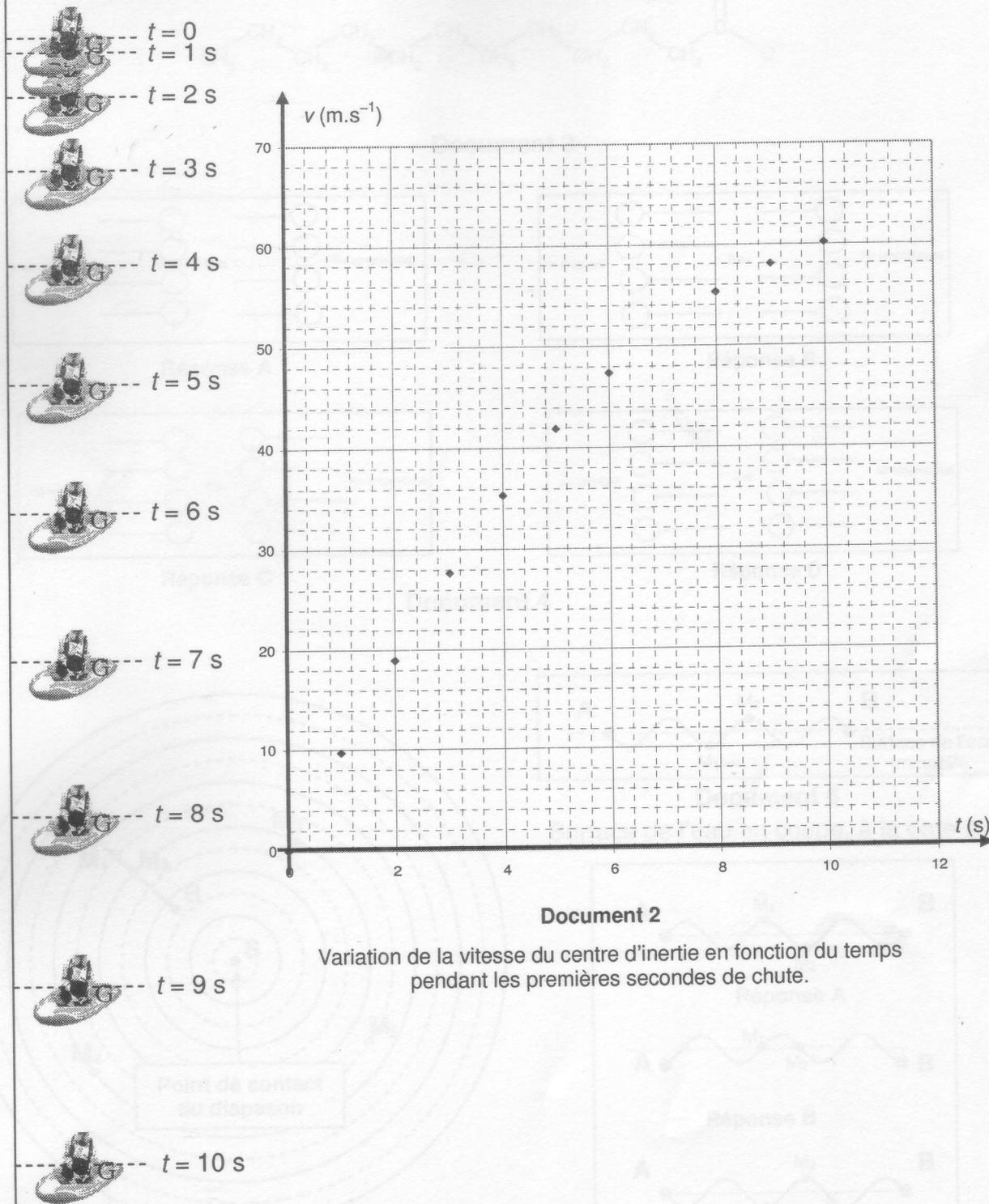
Document 2

Variation de la vitesse du centre d'inertie en fonction du temps pendant les premières secondes de chute.

Document 1

Reproduction à l'échelle 1/2000 des positions du centre d'inertie au cours des premières secondes de chute. (1 cm sur le dessin représente 20 m de déplacement réel)

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE



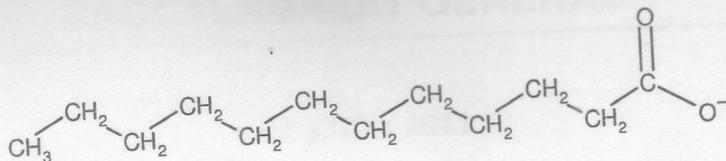
Document 2

Variation de la vitesse du centre d'inertie en fonction du temps pendant les premières secondes de chute.

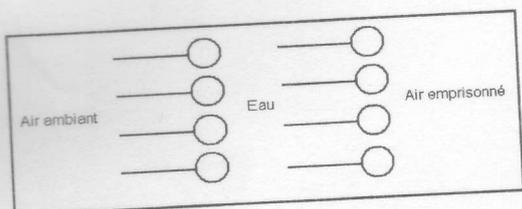
Document 1

Reproduction à l'échelle 1/2000 des positions du centre d'inertie au cours des premières secondes de chute.
 (1 cm sur le dessin représente 20 m de déplacement réel)

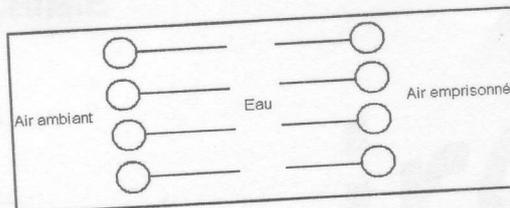
ANNEXE 2 A RENDRE AVEC LA COPIE



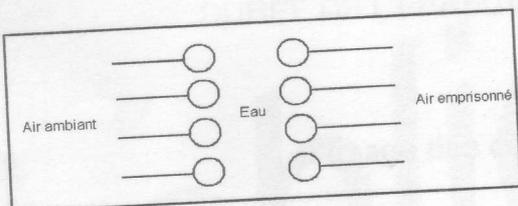
Document 3



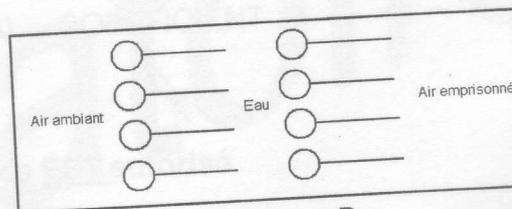
Réponse A



Réponse B

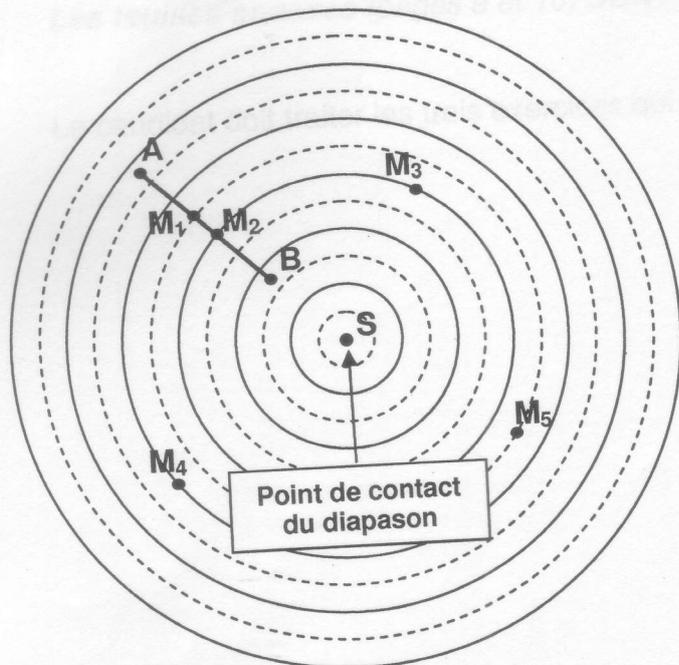


Réponse C



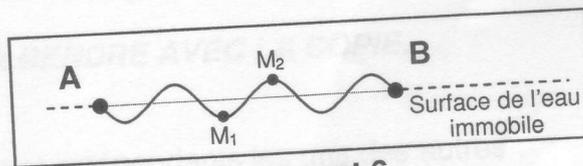
Réponse D

Document 4



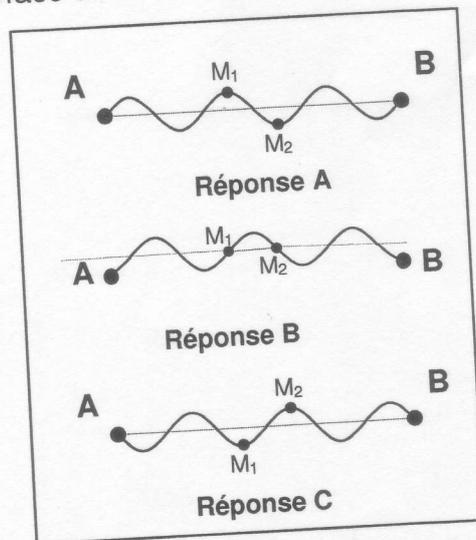
Document 5

Représentation de la surface de l'eau vue de dessus.



Document 6

Surface de l'eau en coupe, à la date t_1



Document 7

Surface de l'eau en coupe, à la date $t_2 = t_1 + \frac{T}{2}$

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 - TOUS SÉDUITS PAR LE BLEU (6,5 points)

L'oiseau Satin mâle (vivant dans l'Est de l'Australie et en Papouasie-Nouvelle-Guinée), agrément la construction de son nid d'objets uniquement de couleur bleu afin de séduire les femelles. La couleur bleu prend une telle importance que cet oiseau va jusqu'à "peindre" son berceau avec un mélange de baies écrasées et de salive.

Dans des buts tout autres, le chimiste utilise, lui aussi, de nombreuses substances bleues au laboratoire : bleu de molybdène, carmin d'indigo, thymolphthaléine, etc. Il ne s'agit plus de séduire mais le plus souvent de suivre l'évolution des réactions chimiques.

D'après l'exposition "Art et Science" de mars 2010 à l'Université de Versailles

Dans cet exercice, la première partie est consacrée au choix d'un indicateur dont l'une des formes est bleue. La deuxième partie exploite la variation de concentration du bleu de molybdène à des fins cinétiques.

Les deux parties de cet exercice sont indépendantes

Données :

- pK_A du couple NH_4^+ / NH_3 à 25 °C : $pK_A = 9,2$;
- zones de virage de quelques indicateurs colorés :

	couleur de la forme acide	zone de virage	couleur de la forme basique
carmin d'indigo	bleu	11,6 - 14,0	jaune
thymolphthaléine	incolore	9,3 - 10,5	bleu
bleu de bromothymol	jaune	6,0 - 7,6	bleu
vert de bromocrésol	jaune	3,8 - 5,4	bleu

1. Du bleu pour doser l'ammoniac

Afin de mettre au point un protocole de titrage colorimétrique de solutions aqueuses d'ammoniac de concentration environ décimolaire, un chimiste réalise un titrage pH-métrique d'une solution de concentration connue. La courbe obtenue permet de choisir l'indicateur coloré le mieux adapté.

1.1. Les solutions aqueuses d'ammoniac sont obtenues par dissolution du gaz ammoniac dans l'eau. L'ammoniac dissous $NH_3(aq)$ est l'espèce basique du couple ion ammonium / ammoniac.

- 1.1.1. Écrire l'équation de la réaction de l'ion ammonium avec l'eau et donner l'expression de la constante d'acidité du couple ion ammonium/ammoniac.
- 1.1.2. Établir le diagramme de prédominance relatif au couple ion ammonium / ammoniac et donner l'espèce prédominante dans la solution étudiée dont le pH est 10,2.

1.2. On décide de titrer un volume $V_S = 10,0$ mL de solution aqueuse d'ammoniac de concentration $c_s = 1,00 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹. On utilise une burette de 25 mL et on dispose de plusieurs flacons d'acide chlorhydrique ($H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$) dont les concentrations sont : $c_1 = 1,00 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹, $c_2 = 1,00 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹ et $c_3 = 1,00$ mol.L⁻¹.

- 1.2.1. Légèrer le dispositif de titrage **SUR LA FIGURE A1 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**.
- 1.2.2. Donner l'équation de la réaction support du titrage.
- 1.2.3. Déterminer le volume de la chute de burette pour atteindre l'équivalence pour chacune des trois solutions d'acide chlorhydrique à disposition.
- 1.2.4. En déduire la solution du laboratoire la mieux adaptée à ce titrage.

1.3. La courbe obtenue lors de ce titrage est donnée **SUR LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10.**

1.3.1. Proposer un indicateur coloré permettant de déterminer l'équivalence de ce titrage. Justifier en vous aidant de tracés sur le graphe **SUR LA FIGURE A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10.**

1.3.2. Indiquer alors la variation de couleur observée.

2. Quand le bleu apparaît

Dans une fiole jaugée de volume $V = 100,0$ mL, un chimiste réalise un mélange contenant :

- $V_M = 20,0$ mL d'une solution de molybdate d'ammonium de concentration $c_M = 4,0 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹ ;
- 10 mL d'acide sulfurique à 4,5 mol.L⁻¹ ;
- $V_F = 20,0$ mL d'une solution de fructose de concentration $c_F = 2,0 \times 10^{-4}$ mol.L⁻¹.

Le mélange est complété à 100,0 mL avec de l'eau distillée.

La solution S obtenue, initialement incolore, est répartie dans des tubes à essai placés dans un bain-marie. Une coloration bleue de plus en plus intense apparaît peu à peu dans chaque tube.

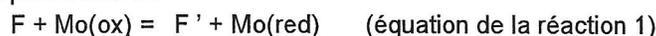
Les tubes sont sortis du bain-marie les uns après les autres à différents instants et plongés dans de l'eau glacée pendant quelques minutes. L'absorbance de la solution S à ces différents instants est mesurée à une longueur d'onde de 720 nm.

La mesure de l'absorbance en fonction du temps est donnée sur la courbe représentée **SUR LA FIGURE A4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11.**

L'absorbance A est reliée à la concentration c de l'espèce colorée par la relation : $A = k.c$ où k est une constante.

2.1. Lors de cette réaction, le fructose (F) est oxydé en un produit (F') incolore. Le molybdate d'ammonium noté Mo(ox) est réduit en Mo(red).

L'équation de la réaction peut s'écrire :



2.1.1. Déterminer l'espèce responsable de la couleur bleu.

2.1.2. L'allure de la courbe est-elle en cohérence avec l'observation expérimentale ? Interpréter.

2.1.3. En déduire l'expression de la concentration [Mo(red)] en fonction de l'absorbance A mesurée.

2.2. Vitesse volumique de réaction

On donne l'expression de la vitesse volumique de réaction : $v = \frac{1}{V} \times \frac{dx}{dt}$.

2.2.1. Compléter le tableau d'évolution de la transformation (1), **TABLEAU A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11.**

2.2.2. Montrer que l'avancement x est proportionnel à l'absorbance à tout instant.

2.2.3. Montrer que la vitesse volumique de réaction peut s'écrire $v = \frac{1}{k} \times \frac{dA}{dt}$.

2.2.4. À partir de la **FIGURE A4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11** et de la relation précédente, tracer l'allure de l'évolution de la vitesse volumique au cours du temps.

2.2.5. En déduire si la variation de l'intensité de la couleur est mieux détectée par le chimiste pendant la première ou la deuxième heure de l'enregistrement.

2.3. Temps d'apparition de la couleur pour le chimiste.

2.3.1. Au bout d'une durée suffisamment longue, l'absorbance atteint sa valeur finale $A_{\text{fin}} = 0,56$. En justifiant la méthode, déterminer la valeur du temps de demi-réaction.

2.3.2. Pendant les cinq premières minutes, le chimiste s'inquiète car il ne voit aucune apparition de la couleur bleu prévue. Proposer une modification du protocole permettant une diminution de la valeur du temps de demi-réaction.

EXERCICE II - LA SCINTIGRAPHIE DU COEUR (5,5 points)

Deux causes peuvent être à l'origine de douleurs cardiaques :

- soit les cellules qui constituent le muscle cardiaque sont détruites (ce qui correspond à un infarctus du myocarde) ;
- soit les cellules sont encore vivantes mais souffrent du manque d'oxygène dû à une réduction de l'irrigation sanguine (ce qui correspond à une ischémie coronaire).

Pour son diagnostic, le cardiologue prescrit une scintigraphie myocardique au cours de laquelle du thallium 201 est injecté au patient par voie intraveineuse. En effet, cet élément radioactif, émetteur gamma, n'est fixé que par les cellules vivantes du cœur et son rayonnement de faible énergie est alors détecté par une gamma-caméra à scintillations.

D'après un texte du mensuel Pour la Science

Dans la première partie de cet exercice, on étudie la production de thallium 201 qui sert à la préparation de la solution que l'on injecte au patient lors de son examen. Dans la deuxième partie, on s'intéresse à la désintégration radioactive du thallium 201. Enfin, dans la dernière partie, on traite de la scintigraphie myocardique.

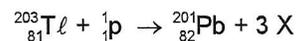
Les trois parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Production du thallium 201

1.1. Le thallium naturel ${}_{81}^{A}\text{Tl}$ est composé de thallium 203 et de thallium 205 à raison respectivement de 29,5 % et 70,5 % en masse.

- 1.1.1. Indiquer le nombre de protons et de neutrons contenus dans chacun de ces noyaux.
- 1.1.2. Expliquer pourquoi ces noyaux de thallium sont des isotopes.

1.2. On bombarde par un flux de protons une cible de thallium. Le thallium 203 se transforme en plomb 201 selon l'équation ci-dessous :



En énonçant les lois utilisées, identifier la particule X.

1.3. Le plomb 201 précédemment obtenu subit spontanément une désintégration radioactive β^+ pour former le thallium 201. Écrire l'équation de la désintégration du noyau de plomb 201 en thallium 201. On supposera que le noyau fils n'est pas émis dans un état excité.

2. La désintégration du thallium 201

Données :

- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- électronvolt : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

2.1. Lors de la désintégration du thallium 201 un des rayonnements émis possède une énergie E de 135 keV.

2.1.1. Donner l'expression littérale de la longueur d'onde de ce rayonnement λ dans le vide en fonction de l'énergie E , de la célérité de la lumière dans le vide c et de la constante de Planck h .

2.1.2. Calculer la longueur d'onde λ de ce rayonnement dans le vide.

2.1.3. La **figure 1** ci-dessous représente les différents domaines du spectre des ondes électromagnétiques. À quel domaine du spectre appartient le rayonnement émis lors de la désintégration du thallium 201 ?

Votre réponse est-elle en cohérence avec les renseignements du texte introductif ?

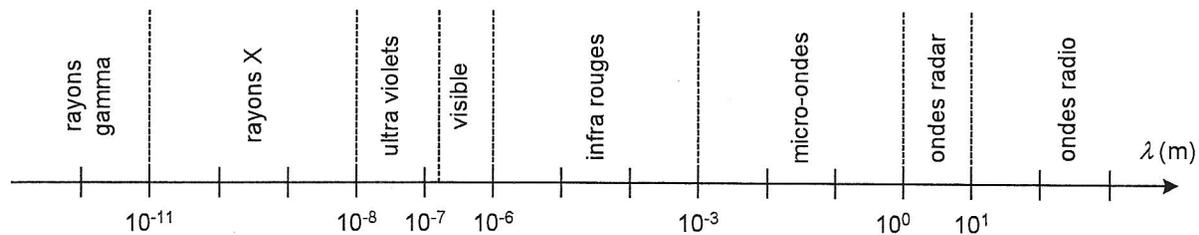


Figure 1. Les différents domaines du spectre électromagnétique

2.2. Le processus de désintégration du thallium 201 s'effectue en plusieurs étapes. On obtient un noyau excité de mercure Hg^* qui se désexcite en émettant le rayonnement d'énergie E de 135 keV. Dans un noyau, il existe des niveaux d'énergie comme dans le cortège électronique d'un atome. La **figure 2** représente le diagramme énergétique du noyau de mercure.

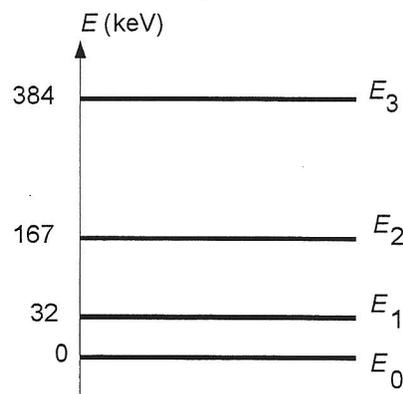


Figure 2. Diagramme énergétique représentant les premiers niveaux du noyau de mercure

À quelle transition correspond le rayonnement d'énergie $E = 135$ keV ?

3. Scintigraphie myocardique

Données :

- constante radioactive du thallium 201 : $\lambda_{\text{Tl}} = 2,6 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$;
- masse molaire du thallium 201 : $M = 201,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- loi de décroissance radioactive relative à l'activité : $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$;
- relation entre l'activité A et le nombre de noyaux N : $A = \lambda.N$;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

3.1. Lors d'une scintigraphie myocardique, on utilise une solution de chlorure de thallium 201 dont l'activité volumique A_v est de 37 MBq.mL^{-1} . Cet examen nécessite l'injection par voie intraveineuse d'une solution d'activité A_0 de 78 MBq chez un individu de 70 kg . On visualise les premières images du cœur grâce à une gamma-caméra à scintillations quelques minutes seulement après l'injection.

3.1.1. Calculer le volume V de solution d'activité A_0 à injecter à un patient de 70 kg .

3.1.2. À partir de l'activité initiale A_0 , montrer que le nombre de noyaux N_0 de thallium 201 reçus par le patient au moment de l'injection est de $3,0 \times 10^{13}$.

3.1.3. En déduire la masse m_0 de thallium correspondante.

3.1.4. Le thallium présentant une certaine toxicité, une dose limite a été fixée. Elle est de 15 mg.kg^{-1} par unité de masse corporelle. Vérifier par un calcul que la dose injectée au patient ne présente pas de danger.

3.1.5. Vérifier que le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du thallium 201 vaut 75 heures.

3.1.6. On estime que les résultats de l'examen sont exploitables tant que l'activité du traceur est supérieure à 3 MBq .

Par un calcul de l'activité A , déterminer au bout de combien de jours une nouvelle injection est nécessaire.

3.2. Après injection de la solution de chlorure de thallium 201, l'examen médical consiste pour le patient à produire un effort lors d'un exercice physique pendant lequel une gamma-caméra prend des images de son cœur. Une autre série d'images est prise deux heures plus tard lorsque le patient est au repos. La **figure 3** montre les résultats d'une scintigraphie myocardique effectuée sur trois patients différents A, B et C. Le patient A est en parfaite santé.

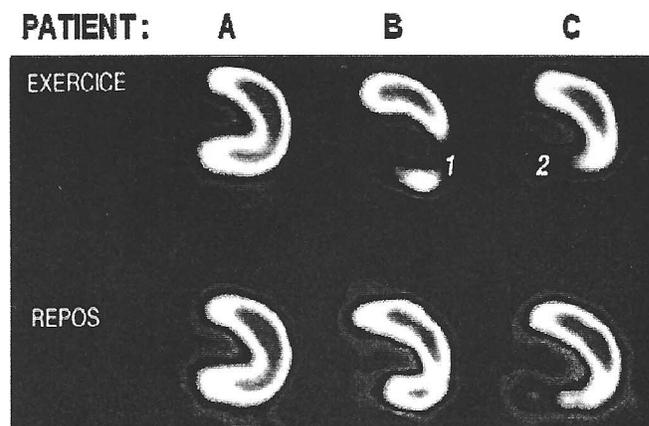


Figure 3. Scintigraphie cardiaque au Thallium 201 de trois patients lors d'un exercice physique puis au repos. Les zones claires sur les images représentent les cellules saines du cœur qui fixent le thallium 201.

3.2.1. En vous aidant du texte introductif, dire si le diagnostic médical pour le patient B est une ischémie coronaire ou un infarctus du myocarde. Justifier.

3.2.2. Même question pour le patient C. Justifier.

EXERCICE III - COMMENT PEUT-ON STOCKER DE L'ÉNERGIE ? (4 points)

Est-ce facile de stocker de l'énergie ? Certains penseront que cette question n'a pas d'intérêt : bien sûr qu'il est facile de stocker de l'énergie ! Il suffit de disposer d'un tas de charbon dans la cave, d'une pile électrique, d'avoir un réservoir de fioul chez soi. Tout cela permet effectivement de disposer d'une réserve d'énergie que nous pouvons consommer quand nous le souhaitons.

Ce qui fait l'intérêt de l'énergie ce n'est pas seulement d'en avoir, c'est d'en avoir quand nous en avons besoin. Les énergies renouvelables (solaire ou éolienne), qui dépendent d'une source d'énergie (le Soleil ou le vent) qui n'est pas nécessairement disponible quand nous désirons qu'elle le soit, illustrent bien ce problème. Dès lors, il est nécessaire de pouvoir stocker de l'énergie.

Le but de cet exercice est d'étudier trois modes de stockage de l'énergie et de comparer dans chacun des cas l'énergie stockée par kilogramme, d'une part et le temps nécessaire pour l'accumuler et la délivrer, d'autre part.

Les quatre parties de cet exercice sont indépendantes.

1. Stockage de l'énergie dans une bobine

La bobine d'allumage (**figure 4**) assure la distribution de la haute tension pour les moteurs à essence.

L'énergie est stockée sous forme électrique puis une étincelle est produite lors de la restitution de cette énergie.

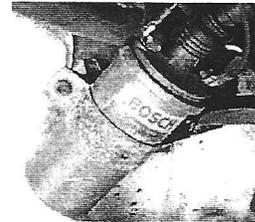


Figure 4. Bobine d'allumage

On souhaite stocker une énergie E_L dans une bobine idéale d'inductance L .

On dispose d'une alimentation continue qui délivre une tension $U = 6,0 \text{ V}$.

On utilise le circuit de la **figure 5** ci-dessous :

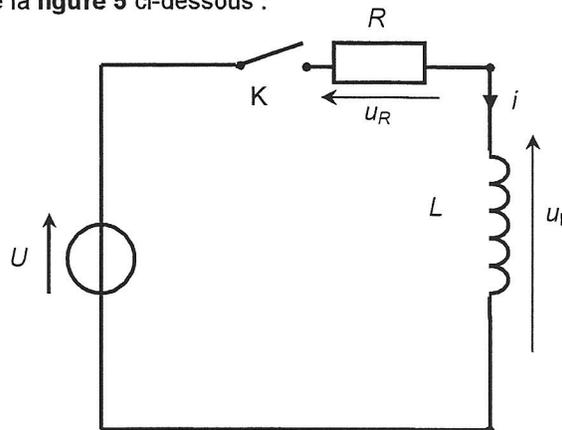


Figure 5. Circuit pour le stockage de l'énergie dans une bobine

À $t = 0$, on ferme l'interrupteur K.

1.1. À l'aide de la relation liant u_L , L et i , déterminer la valeur de u_L en régime permanent.

1.2. Montrer que l'expression de l'intensité I du courant en régime permanent est $I = \frac{U}{R}$.

1.3. Exprimer l'énergie E_L emmagasinée par la bobine lorsque le régime permanent est atteint.

1.4. On souhaite que la bobine stocke l'énergie $E_L = 10 \text{ J}$ en régime permanent. On dispose d'une résistance R égale à $1,8 \Omega$. Calculer alors la valeur de L pour satisfaire cette condition.

1.5. Aujourd'hui, il existe des bobines supraconductrices (**figure 6**) capables de stocker de l'énergie en les court-circuitant sur elles-mêmes. Ces bobines possèdent une résistance interne que l'on peut considérer comme nulle. Par exemple, une de ces bobines a une inductance de 0,10 H et peut être parcourue par un courant d'intensité égale à 500 A. Que vaut l'énergie E_{supra} stockée par cette bobine ?

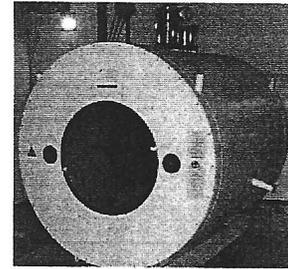


Figure 6. Bobine supraconductrice

2. Stockage de l'énergie dans un condensateur

On charge un condensateur, préalablement déchargé, de capacité C en le branchant en série avec une résistance R' et un générateur de tension de force électromotrice $U = 12$ V. Le schéma du montage est représenté sur la **figure 7** ci-dessous :

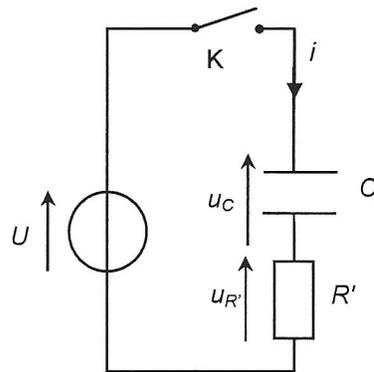


Figure 7. Circuit de charge du condensateur

À $t = 0$, on ferme l'interrupteur K .

2.1. Que vaut la tension u_C juste après la fermeture de l'interrupteur K ? Justifier.

2.2. En déduire l'expression i_0 de l'intensité i à cet instant.

2.3. L'interrupteur étant fermé depuis suffisamment longtemps, le régime permanent est atteint. Quelle est alors la tension u_C aux bornes du condensateur ?

2.4. Donner l'expression de l'énergie emmagasinée E_C par le condensateur lorsque la charge est terminée.

2.5. On souhaite que le condensateur stocke une énergie $E_C = 10$ J.

Calculer la valeur de C pour satisfaire à cette condition.

2.6. Aujourd'hui, il existe des supercondensateurs (**figure 8**) dont les capacités peuvent atteindre le millier de farads. On utilise un supercondensateur possédant une capacité de 800 F et dont la tension maximale à ses bornes est égale à 2,5 V.

Que vaut l'énergie E_{super} stockée par ce supercondensateur lorsqu'il est chargé sous la tension maximale ?



Figure 8. Supercondensateur

3. Stockage hydraulique de l'énergie

Les barrages hydroélectriques constituent des réserves d'eau dont l'énergie potentielle de pesanteur est utilisée pour faire tourner des turbines génératrices d'électricité. Quand la demande d'énergie électrique sur le réseau est faible (heures creuses, week-end) la production excédentaire des dispositifs non réglables (nucléaire, solaire, éolien...) est utilisée pour remonter l'eau dans des barrages d'altitude. Pendant les pics de consommation, cette eau est relâchée à nouveau et permet la production de l'électricité.

3.1. Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} de l'eau dans un barrage d'altitude en fonction de la masse volumique ρ de l'eau, de son volume V , de l'intensité de la pesanteur g et de la hauteur de chute h . On considère l'énergie potentielle de pesanteur nulle au niveau de la turbine et la hauteur de chute h constante.

3.2. La centrale de Grand Maison en Isère possède un réservoir de 140 millions de mètres cubes d'eau dont la hauteur de chute est $h = 0,90$ km. On donne la masse volumique de l'eau $\rho = 1,0 \times 10^3$ kg.m⁻³ et l'intensité du champ de pesanteur : $g = 10$ m.s⁻².

Déterminer l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} pouvant être stockée sous cette forme.

4. Comparaison de certaines des caractéristiques des trois dispositifs

Afin de comparer les différents modes de stockage des trois dispositifs étudiés, on donne, dans le tableau ci-dessous, la quantité d'énergie pouvant être stockée par kilogramme et le temps nécessaire pour récupérer cette énergie stockée.

	Bobine supraconductrice	Supercondensateur	Barrage
Energie stockée par kg	15 kJ	20kJ	10 kJ
Durée minimale pour récupérer la quasi-totalité de l'énergie stockée	1ms	10 s	10 jours
Puissance moyenne disponible par kg	$1,5 \times 10^7$ W	2×10^3 W	P

4.1. Calculer la puissance moyenne P disponible par kg pour le barrage.

4.2. On utilise des supercondensateurs dans les voitures électriques pour fournir un courant d'intensité élevée au démarrage. Le supercondensateur doit fournir une intensité constante égale à 100 A sous une tension de 2,5 V pendant 10 s.

Calculer la masse du supercondensateur nécessaire pour fournir l'énergie souhaitée au démarrage du véhicule électrique.

Rappel : un générateur débitant un courant d'intensité I sous une tension U fournit au circuit une puissance $P = UI$.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

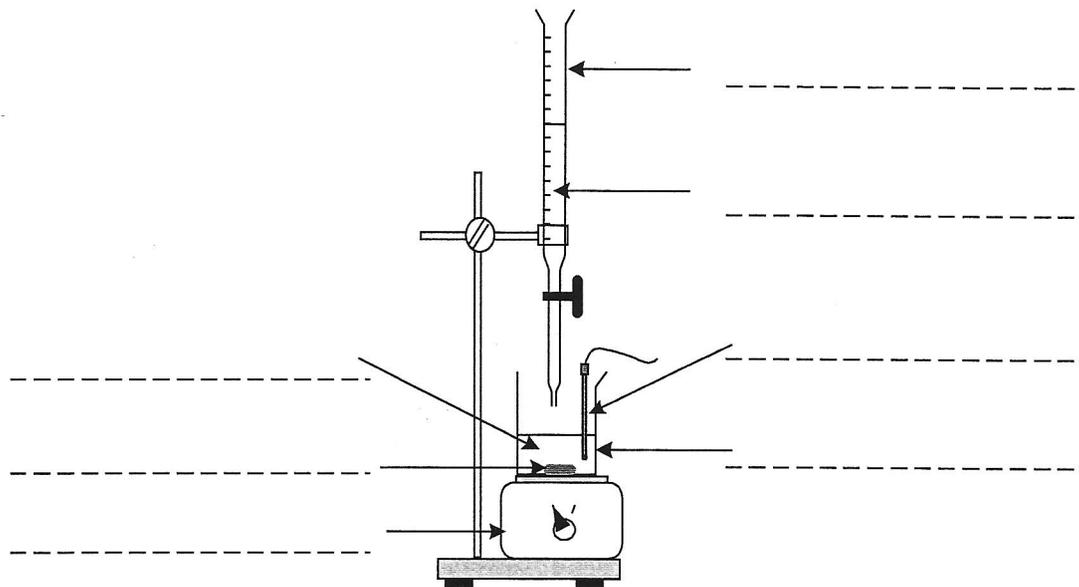


Figure A1. Schéma du dispositif de titrage

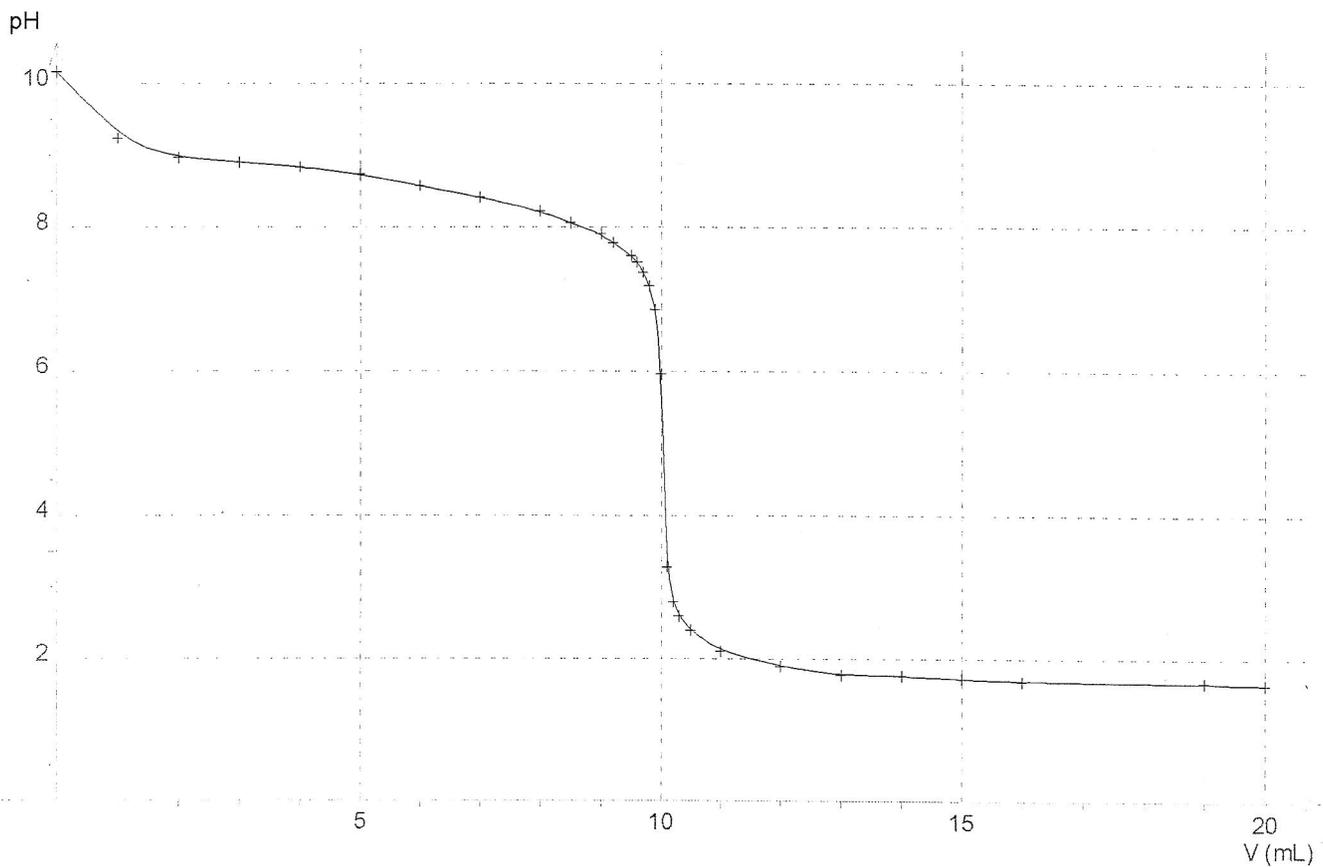


Figure A2. Titrage de la solution aqueuse d'ammoniac

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Équation chimique		F	+	Mo(ox)	=	F'	+	Mo(red)	
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)							
État initial	$x = 0$	$n_i(F)$		$n_i(Mo)$		0		0	
En cours de transformation	x								
État final	x_f								

Tableau A3. Tableau d'évolution de la transformation (1)

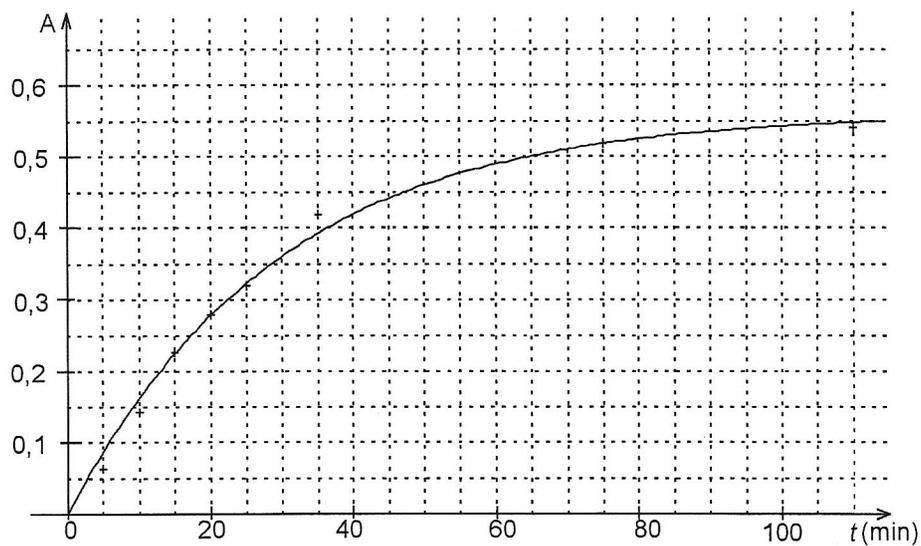


Figure A4. Absorbance de la solution S en fonction du temps