

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

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

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé**OBLIGATOIRE**

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 – Préparation d'une phéromone
- II – L'énergie du futur
- III – Chute d'une bille dans un fluide visqueux

Les feuilles 8 sur 9 et 9 sur 9 sont à rendre avec la copie.

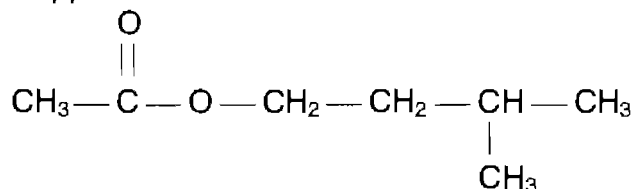
Exercice 1 Préparation d'une phéromone (6,5 points)
--

Les phéromones sont des espèces chimiques servant à la communication au sein d'espèces vivantes.

Il existe des phéromones de rassemblement, de pistage, d'attraction sexuelle, d'alarme, de défense,... De nombreuses phéromones d'insectes sont des molécules relativement simples.

Lors d'une séance de travaux pratiques, on étudie la synthèse d'une phéromone **P**, phéromone d'alarme chez les abeilles.

La formule semi-développée de la molécule **P** est



Données : **TABLEAU 1**

	Masse molaire moléculaire (g.mol ⁻¹)	Masse volumique (g.mL ⁻¹)	Température d'ébullition (°C)	Solubilité dans l'eau
A : CH₃COOH	60,0	1,05	118	Soluble
Alcool B	88,0	8,10.10 ⁻¹	128	Très peu soluble
Eau	18,0	1,00	100	
Phéromone P	130	8,70.10 ⁻¹	143	Très peu soluble

Verrerie disponible :

- béchers : 10 mL ; 25 mL ; 100 mL
- éprouvettes graduées : 10 mL ; 25 mL ; 100 mL
- pipettes graduées : 1 mL ; 2 mL ; 5 mL ; 10 mL
- burette graduée au 1/10 ème de mL: 25 mL
- pipettes jaugées : 1,0 mL ; 5,0 mL ; 10,0 mL ; 20,0 mL.

La molécule **P** peut être préparée à partir de l'acide éthanoïque **A** et d'un alcool **B**.
Au laboratoire, dans un ballon de 100 mL, le préparateur introduit un volume $V_A = 14,3$ mL d'acide éthanoïque et une masse $m_B = 22,0$ g d'alcool **B**. Il ajoute avec précautions 1 mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce. Il adapte un réfrigérant à boules sur le ballon et chauffe à reflux pendant 4 heures.
Après extraction, il obtient une masse $m_P = 21,7$ g de phéromone **P**.

Les parties 1.1, 1.2, 1.3 et 1.4 sont indépendantes.

1.1 Réaction de synthèse.

- 1.1.1** Sur la formule semi-développée de la molécule **P**, entourer le groupement fonctionnel présent et donner le nom de ce groupement.

- 1.1.2 Donner la formule semi-développée et le nom de l'alcool **B**.
- 1.1.3 Ecrire l'équation de la réaction de synthèse permettant d'obtenir la molécule de la phéromone **P**.
- 1.1.4 Préciser les deux caractéristiques principales de cette transformation.

1.2 Préparation de la phéromone **P**.

- 1.2.1 Pourquoi chauffe-t-on le mélange acide A alcool B ?
Quel est l'intérêt d'un dispositif à reflux ?
- 1.2.2 Quel matériel choisi dans la verrerie disponible utiliseriez-vous pour mesurer le volume V_A d'acide éthanoïque ?

1.3 Etude quantitative de la réaction.

- 1.3.1 Calculer les quantités de matière initiales, $n_{A(0)}$ et $n_{B(0)}$ de chacun des réactifs. On utilisera pour cela les données du **TABLEAU 1**
- 1.3.2 Compléter le tableau d'avancement (**TABLEAU 2**: lignes 3, 4 et 5 de l'annexe à rendre avec la copie).
- 1.3.3 Calculer l'avancement maximal x_M .
- 1.3.4.a Donner la relation liant la quantité n_P de phéromone formée dans l'état final et l'avancement final x_f .
En déduire la valeur de x_f et compléter le tableau d'avancement, ligne 5, en donnant les valeurs numériques.
- 1.3.4.b Exprimer et calculer le taux d'avancement τ (ou rendement) de cette réaction.
- 1.3.5.a Définir la constante d'équilibre K associée à cette réaction de synthèse.
- 1.3.5.b L'exprimer en fonction de x_f , $n_{A(0)}$ et $n_{B(0)}$.
- 1.3.5.c Montrer que $K = 4,0$.
- 1.3.6.a Dans les mêmes conditions, on mélange $n'_{A(0)} = 2,5 \cdot 10^{-1}$ mol du même acide éthanoïque **A** et $n'_{B(0)} = 5,0 \cdot 10^{-1}$ mol d'alcool **B** puis on chauffe à reflux.
Que pouvez-vous dire du quotient de réaction Q_{r_f} dans l'état final ? Calculer l'avancement final x'_f de cette transformation, en utilisant la question 1.3.5.b.
- 1.3.6.b Calculer le taux d'avancement final τ' (rendement) de la réaction précédente et le comparer à τ . En déduire une façon assez générale d'améliorer le rendement de la réaction.

1.4 Augmentation du rendement de la réaction.

Des élèves font des propositions pour augmenter le rendement de cette réaction :

- * Ajouter une plus grande quantité d'acide sulfurique concentré dans le mélange réactionnel.
- ** Eliminer l'eau par distillation au fur et à mesure de sa formation.
- *** Remplacer l'acide éthanóique par de l'anhydride éthanóique .

Pour chaque proposition, précisez si vous êtes en accord ou en désaccord avec ces élèves et pour quelle raison.

EXERCICE 2

L'énergie du futur

(5,5 points)

On sait depuis les travaux de Hans Bethe (1939) que l'énergie du rayonnement émis par le Soleil a pour origine la fusion nucléaire de l'hydrogène.

Les physiciens essaient de réaliser la même réaction en la contrôlant. Maîtriser sur Terre la fusion des noyaux légers à des fins de production d'énergie mettrait à disposition de l'Homme des ressources quasiment illimitées, ce qui pourrait résoudre les problèmes à venir que provoquera la baisse inéluctable des réserves pétrolières. Tel est l'objectif des recherches engagées par les grandes nations industrielles avec le projet ITER, réacteur expérimental de fusion nucléaire.

Données

Le neutron ${}_0^1\text{n}$ est noté n.

Suivant la tradition, on appelle deutérium d le noyau ${}_1^2\text{H}$ et tritium t le noyau ${}_1^3\text{H}$.

On rappelle la valeur de l'unité de masse atomique u : $1\text{u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

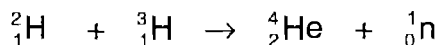
On donne :

$$m(\text{d}) = 2,01355 \text{ u} ; m(\text{t}) = 3,01550 \text{ u} ; m({}_2^4\text{He}) = 4,00150 \text{ u} ; m(\text{n}) = 1,00866 \text{ u}.$$

2.1 Réaction deutérium tritium

C'est la réaction la plus facile à déclencher. Elle fait l'objet d'importantes recherches.

L'équation nucléaire en est :



2.1.1 Quelle est la composition des noyaux de deutérium et de tritium ?
Comment qualifie-t-on de tels noyaux ?

2.1.2 D'une façon générale, qu'appelle-t-on fusion nucléaire ?

2.1.3 Avant la fusion, le système est constitué d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium.
Après transformation, il est constitué des produits de la réaction nucléaire.
Calculer en unités de masse atomique la masse du système avant et après la fusion. Que peut-on déduire de la comparaison de ces deux valeurs ?

2.1.4 Calculer, en joules puis en MeV, l'énergie libérée par la fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium.
On donne : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ et $1\text{eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- 2.1.5** La constante d'AVOGADRO vaut $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
 La masse molaire atomique du deutérium est d'environ 2 g.mol^{-1} .
 Sachant qu'il est possible d'extraire 33 mg de deutérium d'un litre d'eau de mer, calculer en joules l'énergie obtenue à partir du deutérium extrait d'un mètre-cube d'eau de mer.
- 2.1.6** Le pouvoir énergétique du pétrole vaut $42,0 \text{ MJ.kg}^{-1}$.
 Calculer la masse de pétrole qui produirait par combustion la même énergie.
 Conclure.

2.2 Radioactivité

Le tritium est radioactif β^- ; sa demi-vie vaut $t_{1/2} = 12,3 \text{ ans}$.

- 2.2.1** Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?
- 2.2.2** Définir les trois types de radioactivité.
- 2.2.3** Ecrire l'équation de la désintégration du noyau de tritium ${}^3_1\text{H}$ en rappelant les lois utilisées.
- 2.2.4** Quelle est la signification du terme demi-vie ?
- 2.2.5** A un instant pris comme origine des temps, le nombre de noyaux de tritium vaut N_0 .
 Quelle est l'expression du nombre N de noyaux à l'instant t en fonction de N_0 , $t_{1/2}$ et t ?
- 2.2.6** Au bout de combien de temps N vaut-il le dixième de sa valeur initiale N_0 ?

EXERCICE 3	Chute d'une bille dans un fluide visqueux	(4 points)
-------------------	--	--------------------

Une éprouvette contenant un liquide visqueux sert de support à l'étude de la chute d'une bille d'acier. Le schéma ci-dessous, qui donne une idée du montage, n'est qu'indicatif. En particulier, il ne respecte pas d'échelle et ne peut pas servir de support pour des mesures.

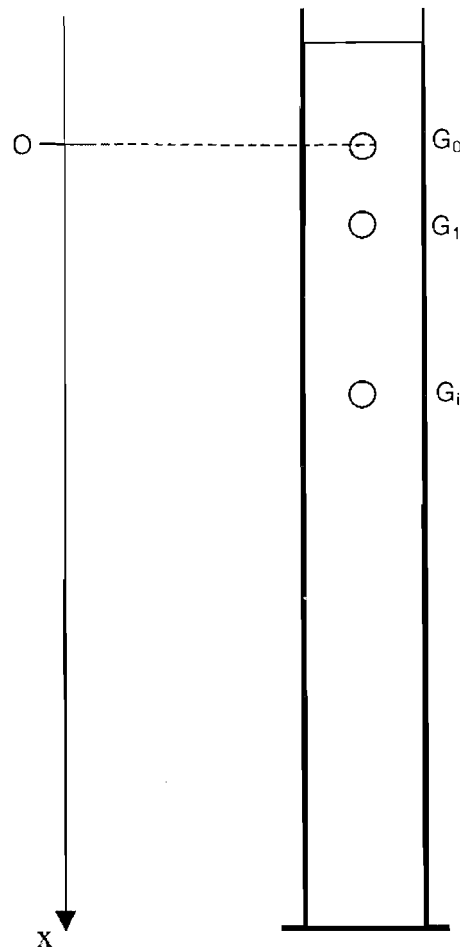


FIGURE 1

La bille, qui constitue le système étudié, est lâchée sans vitesse initiale à l'instant $t = 0$ (voir figure 1). Au même instant, une acquisition vidéo assurée par une webcam couplée à un ordinateur est déclenchée de manière à enregistrer 25 images par seconde.

La position instantanée x du centre G de la bille est repérée par l'axe vertical orienté vers le bas $\vec{Ox}$, de vecteur unitaire $\vec{i}$. A $t = 0$, G est en G_0 .

Le vecteur-vitesse de G est noté $\vec{v} = v \cdot \vec{i}$.

La vidéo est ensuite analysée à l'aide d'un logiciel approprié qui permet de repérer aux dates t_i les positions successives x_i de G lors de son mouvement descendant et de calculer approximativement la vitesse moyenne v_i entre les dates t_{i-1} et t_{i+1} .

La détermination des vitesses v_i aux instants t_i donne l'**ENREGISTREMENT 1**.

3.1 Exploitation de l'enregistrement

3.1.a Expliquer comment le logiciel permet de déterminer les vitesses v_i à partir des positions x_i aux instants t_i .

3.1.b Mettre en évidence l'existence d'une vitesse limite v_L dont on donnera la valeur.

3.2 Equation du mouvement

On considère comme système la bille plongée dans le liquide et en mouvement par rapport à celui-ci.

3.2.a Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le système. Les représenter sur un schéma.

3.2.b On note m et V la masse et le volume de la bille, ρ et ρ' les masses volumiques respectives de l'acier qui constitue la bille et du liquide dans laquelle celle-ci est plongée. $\vec{g} = g \cdot \vec{i}$ est l'accélération de la pesanteur. On suppose que la force (« résistance ») exercée par le fluide sur la bille en mouvement est de la forme $\vec{F} = -k \cdot \vec{v}$, k étant une constante positive. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la fonction $v(t)$. Montrer qu'elle est de la forme :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{-k \cdot v}{m} + \alpha \cdot g$$

3.2.c Vérifier que la fonction $v(t) = \alpha \cdot g \frac{m}{k} \left[1 - \exp\left(-\frac{k}{m} t\right) \right]$ est solution de l'équation précédente et vérifie la condition initiale : à $t = 0$, $v = 0$.

On prend dorénavant les valeurs suivantes, données dans le système international S.I. :

$$m = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ kg} ; g = 9,81 \text{ m.s}^{-2} ; k = 7,60 \cdot 10^{-2} \text{ kg.s}^{-1} ; \alpha = 0,906.$$

3.2.d Dans l'équation différentielle ou dans l'expression de la solution, mettre en évidence l'existence d'une vitesse limite. Calculer sa valeur et la comparer à celle trouvée en 3.1.b.

Utiliser l'analyse dimensionnelle pour déterminer l'unité de $\frac{m}{k}$.

Calculer numériquement ce rapport.

Quelle interprétation peut-on donner de cette grandeur ?

3.3 Détermination du temps caractéristique sur l'enregistrement

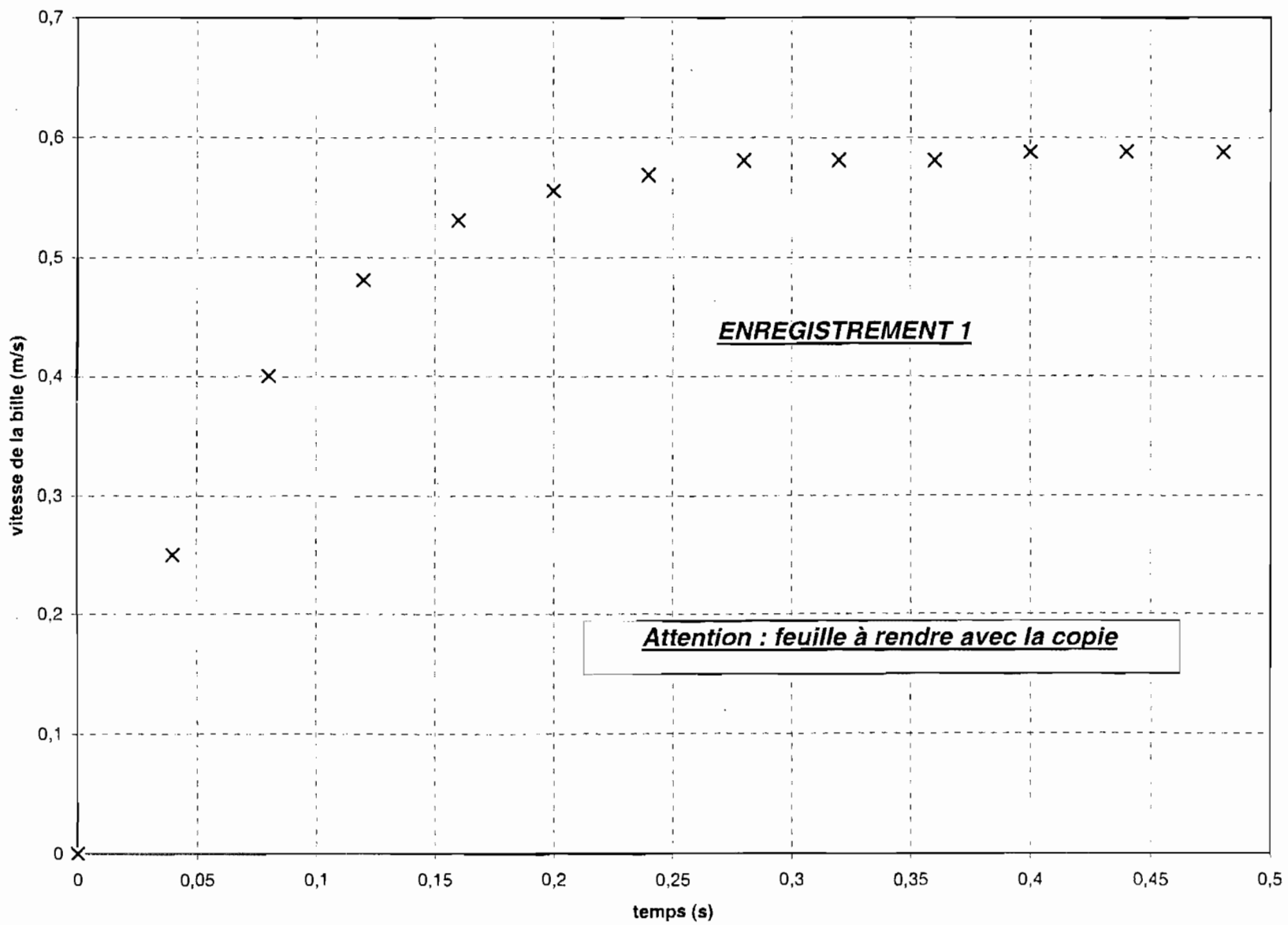
Par une méthode de votre choix et que vous explicitez, déterminez sur l'enregistrement la valeur du temps τ caractéristique du phénomène. Conclusion.

Annexe

TABLEAU 2 : tableau d'avancement

Ligne 1	Equation de la réaction		CH_3COOH	+	B	=	P	+	E
Ligne 2	Etat du système	Avancement (mol)	Quantité de matière (mol)						
Ligne 3	initial	0	$n_{\text{A(o)}} =$		$n_{\text{B(o)}} =$				
Ligne 4	intermédiaire	x							
Ligne 5	final réel	x_f							

Attention : feuille à rendre avec la copie



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2009

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

**La feuille annexe (page 11/11)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**

EXERCICE I : LE HOCKEY SUR GAZON (5 points)

Pratiqué depuis l'Antiquité sous le nom de « jeu de crosses », le hockey sur gazon est un sport olympique depuis 1908. Il se pratique sur une pelouse naturelle ou synthétique, de dimensions quasi identiques à celles d'un terrain de football. Chaque joueur propulse la balle avec une crosse ; l'objectif étant de mettre la balle dans le but.

Dans cet exercice, on étudie le mouvement de la balle de centre d'inertie G et de masse m , dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Cette étude peut être décomposée en deux phases.

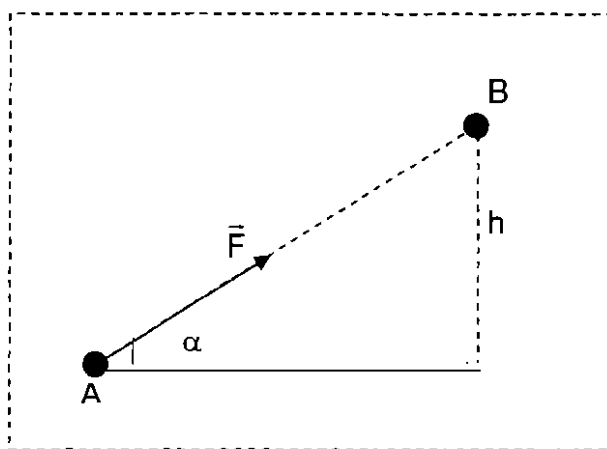
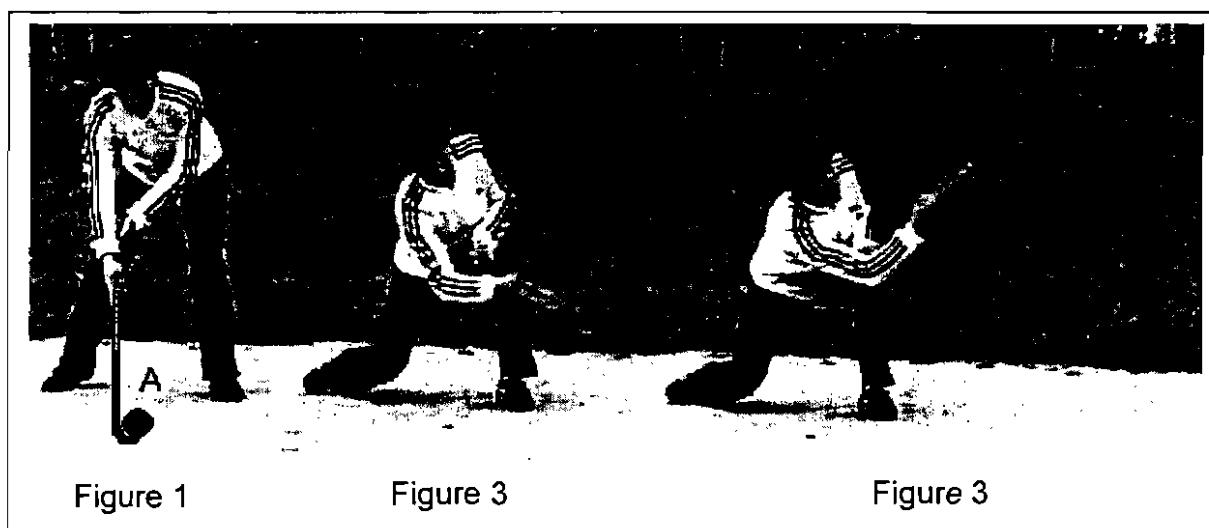


Figure 4

Les parties A, B et C sont indépendantes.

A - Première phase

Durant cette phase, on néglige toutes les actions liées à l'air ainsi que le poids de la balle.

1. La première phase est illustrée par les figures 1 et 2 représentées sur la photographie ci-dessus et schématisée par la figure 4.

Au point A, la balle est immobile. Entre les points A et B, elle reste en contact avec la crosse. La force $\vec{F}$ exercée par la crosse sur la balle, supposée constante, est représentée sur la figure 4. Le segment AB représentant la trajectoire de la balle est incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale.

Données :

- masse de la balle : $m = 160 \text{ g}$
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

- 1.1. Énoncer la deuxième loi de Newton et l'appliquer à la balle lors de son trajet entre A et B.

- 1.2. Que peut-on dire de la nature du mouvement de la balle entre A et B?

2. La force $\vec{F}$ s'exerce pendant une durée $\Delta t = 0,11 \text{ s}$. La balle part du point A sans vitesse initiale et arrive en B avec une vitesse $\vec{v}_B$ telle que $v_B = 14 \text{ m.s}^{-1}$.

- 2.1. Donner l'expression du vecteur accélération en fonction du vecteur vitesse.

- 2.2. Calculer la valeur de l'accélération du centre d'inertie de la balle entre les points A et B.

3. En utilisant les résultats obtenus en 1.1.2, calculer l'intensité de la force exercée sur la balle par la crosse. L'hypothèse concernant le poids de la balle est-elle justifiée ?

B - Deuxième phase

Au point B, la balle quitte la crosse à la date $t = 0$ avec le vecteur vitesse $\vec{v}_B$ contenu dans le plan (xOz) ; c'est la deuxième phase du mouvement correspondant à la figure 3 de la photographie.

On néglige toutes les actions liées à l'air.

On étudie le mouvement du centre d'inertie G de la balle dans le champ de pesanteur supposé uniforme.

Le système d'axes utilisé est représenté sur le schéma ci-dessous : l'axe Ox est horizontal dirigé vers la droite et Oz est vertical et dirigé vers le haut. L'origine des axes est située à la verticale du point B telle que $OB = h = 0,40 \text{ m}$.



1. Trajectoire de la balle.

1.1. Donner l'expression des coordonnées v_{Bx} et v_{Bz} du vecteur vitesse $\vec{v}_B$ de la balle à l'instant $t = 0$ s, en fonction de v_B et de α .

1.2. Donner l'expression des coordonnées x_B et z_B du vecteur $\vec{OB}$ de la balle au point B.

1.3. En appliquant la deuxième loi de Newton, on obtient les équations horaires suivantes :

$$\vec{a}_G \begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases} \quad \vec{v} \begin{cases} v_x = v_B \cos \alpha \\ v_z = v_B \sin \alpha - g t \end{cases}$$

Montrer que la valeur v_S de la vitesse de la balle au sommet S de la trajectoire est $v_S = 12 \text{ m.s}^{-1}$.

1.4. Montrer que les coordonnées du vecteur position $\vec{OG}$ du centre d'inertie de la balle sont les suivantes :

$$\vec{OG} \begin{cases} x = (v_B \cos \alpha) t \\ z = h + (v_B \sin \alpha) t - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases}$$

1.5. En déduire l'équation de la trajectoire de la balle.

2. La ligne de but est située à une distance $d = 15 \text{ m}$ du point O. La hauteur du but est $L = 2,14 \text{ m}$. On néglige le diamètre de la balle devant la hauteur du but.

2.1. Quelles conditions doivent satisfaire x et z pour que le but soit marqué ?

2.2. Vérifier que ces conditions sont bien réalisées.

C - Étude énergétique

Le même tir est réalisé du milieu du terrain à une distance du but supérieure à 15 m. On rappelle les valeurs suivantes : $OB = h = 0,40 \text{ m}$; $v_B = 14 \text{ m.s}^{-1}$; vitesse au sommet S de la trajectoire : $v_S = 12 \text{ m.s}^{-1}$.

L'énergie potentielle de pesanteur $E_p(0)$ est choisie nulle à l'altitude $z = 0$.

1. Donner l'expression littérale de l'énergie potentielle de pesanteur E_p puis celle de l'énergie mécanique E_M de la balle en fonction de g , m , v et z .
2. Calculer l'énergie mécanique $E_M(B)$ de la balle au point B.
3. Toutes les actions de l'air sont négligées.
 - 3.1. Que peut-on dire de la valeur de l'énergie mécanique E_M de la balle au cours de son mouvement ?
 - 3.2. Exprimer l'altitude maximale $z_{\max}$ que pourrait atteindre la balle au point S dans ces conditions, en fonction de E_M , v_S , m et g .
Calculer la valeur de $z_{\max}$.

**EXERCICE II : POURQUOI CUISINER DANS DES CASSEROLES EN CUIVRE ?
(7 POINTS)**

Les casseroles en cuivre semblent un luxe. En sont-elles vraiment ? La chose n'est pas certaine, car le cuivre conduit très bien la chaleur : tout excès de chaleur, en un point de la casserole, est rapidement dissipé, parce que la chaleur se propage rapidement vers le reste de l'ustensile...

Pour éviter le contact toxique du vert de gris, on doit toutefois recouvrir les ustensiles en cuivre d'étain pur, aujourd'hui par électrolyse.

D'après Hervé This, les secrets de la casserole.

C'est par oxydation que le cuivre se couvre de « vert de gris ». La couche obtenue donne un aspect particulier aux statues, mais elle est constituée d'un sel soluble qui est toxique.

L'électrolyse du cuivre consiste dans ce cas à déposer une fine couche d'étain sur toute la surface du récipient. Ce procédé est appelé étamage. L'électrolyte est constitué de sulfate d'étain, $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ et de différents additifs. Le récipient à étamer constitue une électrode, l'autre étant de l'étain $\text{Sn}_{(\text{s})}$ pur.

Données :

Masse molaire de l'étain : $M(\text{Sn}) = 119 \text{ g.mol}^{-1}$

Constante de Faraday : $F = 9,65.10^4 \text{ C.mol}^{-1}$

L'étain appartient au couple : $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Sn}_{(\text{s})}$.

Partie A : Étamage d'une casserole

1. On considère le schéma du montage représenté en **annexe à rendre avec la copie**.

1.1. Indiquer sur ce schéma le sens du courant électrique dans le circuit ainsi que le sens de circulation des porteurs de charge dans les conducteurs métalliques et dans la solution.

1.2. L'électrolyse est-elle une transformation spontanée ? Justifier la réponse.

2. On étudie les réactions aux électrodes, en considérant que le solvant n'intervient pas.
 - 2.1. La réaction se produisant à l'électrode A reliée à la borne négative du générateur est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier. En déduire le nom de chaque électrode.
 - 2.2. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'électrode A.
Le récipient à recouvrir doit-il constituer cette électrode ? Justifier.
 - 2.3. Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à l'autre électrode (B).
 - 2.4. En déduire l'équation de la réaction globale de cette électrolyse.
Comment évolue la concentration des ions étain $\text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}$ dans la solution au cours de la réaction ?
3. L'intensité du courant électrique est maintenue constante pendant toute la durée Δt de l'électrolyse et vaut $I = 0,250 \text{ A}$.
 - 3.1. Donner l'expression de la quantité d'électricité Q qui a traversé le circuit au cours de l'électrolyse.
 - 3.2. En s'aidant éventuellement d'un tableau d'avancement, établir la relation entre la quantité d'électrons $n(e^-)$ échangée et la quantité d'étain déposé sur le récipient.
 - 3.3. Donner la relation entre la quantité d'électricité Q et la quantité d'électrons $n(e^-)$ échangés aux électrodes.
 - 3.4. Montrer alors que la durée de l'électrolyse peut être exprimée, en fonction de la masse m_{Sn} déposée, par la relation $\Delta t = \frac{2 \cdot m_{\text{Sn}} \cdot F}{I \cdot M_{\text{Sn}}}$
4. On veut étamer une casserole cylindrique, de diamètre $D = 15 \text{ cm}$, de hauteur $H = 7,0 \text{ cm}$, et d'épaisseur négligeable. Le dépôt d'étain doit être réalisé sur les faces interne et externe et sur une épaisseur $e = 20 \mu\text{m}$.
Le volume d'étain nécessaire pour le dépôt est donné par la relation $V = S \cdot e$ avec $S = \frac{\pi D^2}{2} + 2 \pi D H$.
 - 4.1. Calculer la valeur de V en cm^3 .
 - 4.2. La masse volumique de l'étain est $\rho = 7,30 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Calculer la masse d'étain nécessaire.
 - 4.3. À l'aide de l'expression donnée en 3.4, calculer la durée minimale de l'électrolyse pour réaliser ce dépôt.

Partie B : Pourquoi ne pas utiliser un autre métal ?

1. Le cuivre est cher et l'électrolyse est un procédé coûteux. Le fer, par exemple, est beaucoup moins onéreux mais il rouille. La rouille apparaissant sur le fer est le résultat d'une réaction d'oxydoréduction. Les couples oxydant-réducteur en présence sont $(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O})_{(s)} / \text{Fe}_{(s)}$ et $\text{O}_{2(g)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)}$.

On donne la demi-équation électronique associée au premier couple :



- 1.1. Donner la demi-équation électronique associée au second couple $(\text{O}_{2(g)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)})$.

- 1.2. En déduire l'équation de la réaction globale de la formation de la rouille.

- 1.3. *Pour éviter la formation de la rouille, on peut utiliser des alliages particuliers dits inoxydables, comme l'acier inox. On peut aussi protéger le fer par des vernis, des peintures ou des traitements de surface. Mais le procédé le plus répandu est l'étamage de l'acier. On obtient ainsi du fer blanc utilisé pour les boîtes de conserves et les canettes de boisson par exemple.*

Par analogie avec l'étamage du cuivre, proposer un schéma de l'électrolyse d'une boîte de conserve, en disposant les électrodes de façon à ce que le dépôt d'étain se fasse de façon uniforme sur la face interne de la boîte.

2. L'aluminium est aussi utilisable en cuisine, mais il est très réactif vis-à-vis des acides et des bases.

- 2.1. Définir un acide selon Brønsted.

- 2.2. Écrire la réaction d'un acide $\text{AH}_{(aq)}$ avec l'eau.

- 2.3. Le pH d'un jus d'orange vaut $\text{pH}_1 = 3,0$. En déduire la concentration en ions oxonium $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ dans ce jus.

- 2.4. On mesure le pH d'un lait dans les mêmes conditions. On trouve $\text{pH}_2 = 6,7$. Pour lequel de ces deux ingrédients l'aluminium est-il théoriquement le moins recommandé ?

Remarque : en réalité l'aluminium est naturellement protégé de l'attaque des acides et des bases par recouvrement d'une couche d'oxyde appelé l'alumine.

EXERCICE III : LE PLUTONIUM (4 POINTS)

En consultant l'encyclopédie Universalis on constitue la carte d'identité du plutonium fournie ci-dessous :

Description : métal lourd artificiel

Isotopes : quinze isotopes dont plutonium 238, 239 et 241

Production : irradiation de l'uranium 238

Utilisation : plutonium 239 : composant de têtes nucléaires et de combustibles

Mox ; plutonium 238 : source de neutrons et de chaleur

Radioactivité : émetteur de particules alpha et de rayonnement gamma faible, sauf plutonium 241 émetteur bêta

Commentaire : plutonium 239 et 241 sont des matières fissiles...

Données : $1 \text{ MeV} = 1,6022 \cdot 10^{-13} \text{ J}$;

$1 \text{ u} = 1,66043 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;

$c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Extrait de la classification périodique :

$_{92}\text{U}$	$_{93}\text{Np}$	$_{94}\text{Pu}$	$_{95}\text{Am}$	$_{96}\text{Cm}$
Uranium	Neptunium	Plutonium	Américium	Curium

Masse atomique de quelques noyaux :

Noyau	$^{102}_{42}\text{Mo}$	$^{135}_{52}\text{Te}$	$^{239}_{94}\text{Pu}$	^1_0n
Masse (en u)	101,9103	134,9167	239,0530	1,0089

1. À partir de la carte d'identité du plutonium, répondre aux questions suivantes.

1.1. Le numéro atomique de l'élément chimique plutonium étant $Z = 94$, donner la composition des noyaux de plutonium 238 et 239.

1.2. Définir l'isotopie.

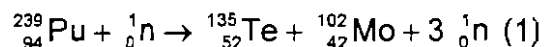
1.3. Quelle est la nature d'une « particule alpha » ?

1.4. En utilisant l'extrait de la classification périodique et en précisant les lois de conservation utilisées, écrire l'équation de la désintégration du noyau de plutonium 238 lorsque le noyau fils est émis dans un état excité.

1.5. Pourquoi y a-t-il émission d'un rayonnement gamma ?

1.6. De quelle réaction parle-t-on dans le commentaire de la carte d'identité ci-dessus ? La définir.

2. L'équation (1) de la réaction du plutonium 239 sous l'impact d'un neutron est :



2.1. Donner l'expression de la perte de masse du système au cours de cette réaction.

Calculer sa valeur en kilogramme.

2.2. Donner l'expression de l'énergie libérée par l'action d'un neutron sur un noyau de plutonium. Calculer sa valeur en MeV.

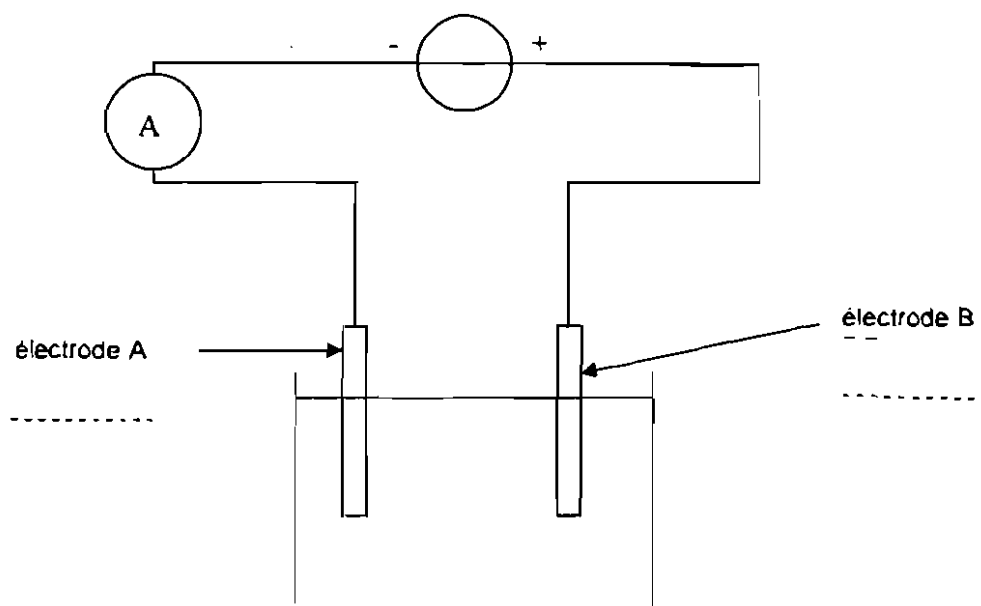
3. On donne les énergies de liaison des noyaux suivants :

noyaux	${}_{94}^{239}\text{Pu}$	${}_{52}^{135}\text{Te}$	${}_{42}^{102}\text{Mo}$
Energie de liaison (Mev).	$1,79 \cdot 10^3$	$1,12 \cdot 10^3$	$8,64 \cdot 10^2$

3.1. À partir des énergies de liaison de ces trois noyaux, donner l'expression de l'énergie libérée lors de la réaction (1). Calculer cette énergie et comparer le résultat à la valeur trouvée en 2.2.

3.2. Calculer l'énergie de liaison par nucléon de chacun de ces noyaux. Comparer la stabilité de ces trois noyaux.

3.3. À l'aide de ces résultats, donner et justifier le bilan énergétique de la réaction (1).

ANNEXE à rendre avec la copie**Exercice II :****Question 1**

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2009

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 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9

**La feuille d'annexe (page 9/9)
EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE**

EXERCICE I : DE L'IMPORTANCE DE L'EAU OXYGÉNÉE (7 points)

Synthétisée pour la première fois en 1818 par le Baron Louis Jacques Thénard, l'eau oxygénée ou peroxyde d'hydrogène H_2O_2 est d'une très grande utilité et d'une grande importance économique. Elle est utilisée pour le blanchiment de la pâte à papier et des textiles naturels ou synthétiques, le désencrage des vieux papiers et le traitement des eaux usées. C'est également un antiseptique pharmaceutique et un agent de stérilisation en industrie alimentaire.

L'eau oxygénée peut être synthétisée à partir du dihydrogène gazeux et du dioxygène gazeux par une réaction dont l'équation s'écrit : $H_{2(g)} + O_{2(g)} = H_2O_{2(l)}$

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

1. Préparation du dihydrogène par électrolyse

Données :

Couples oxydant/réducteur : $Cl_{2(g)}/Cl^-_{(aq)}$; $H^+_{(aq)}/H_{2(g)}$

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

Charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Volume molaire dans les conditions de l'expérience : $V_m = 30,0 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

*Le dihydrogène nécessaire à la synthèse de l'eau oxygénée doit être très pur. Il est obtenu par électrolyse d'une saumure, c'est-à-dire d'une solution aqueuse concentrée de chlorure de sodium ($Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$). Le schéma simplifié du dispositif est représenté en **annexe à rendre avec la copie**.*

- 1.1. Identifier l'anode et la cathode sur le schéma de l'**annexe à rendre avec la copie** et indiquer le sens de déplacement des différents porteurs de charge.
- 1.2. On obtient un dégagement de dichlore à l'anode et de dihydrogène à la cathode. Écrire les demi-équations des réactions se produisant aux électrodes.
- 1.3. Montrer que pour une intensité du courant I et une durée de fonctionnement Δt données, le volume de dihydrogène produit à la cathode s'écrit :

$$V_{H_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{I \cdot \Delta t \cdot V_m}{N_A \cdot e}$$

- 1.4. L'intensité du courant vaut $I = 5,00 \cdot 10^4 \text{ A}$, calculer le volume de dihydrogène produit par heure de fonctionnement.

2. Cinétique de la dismutation de l'eau oxygénée

La solution aqueuse d'eau oxygénée se décompose lentement en dioxygène $O_{2(g)}$ et en eau selon la réaction d'équation : $2H_2O_{2(aq)} = O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

On veut effectuer le suivi cinétique de cette réaction, supposée totale, à la température de 25°C . La décomposition de l'eau oxygénée étant très lente, celle-ci doit être catalysée par les ions fer III (Fe^{3+}).

À l'instant $t = 0$, on mélange :

- $V = 24 \text{ mL}$ de solution aqueuse d'eau oxygénée de concentration molaire en soluté apporté $c = 2,5 \text{ mol.L}^{-1}$
- $6,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de chlorure de fer III ($Fe^{3+}_{(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)}$)
- de l'eau distillée jusqu'à obtenir une solution de volume total $V_T = 1,0 \text{ L}$

Un dispositif permet de recueillir et de mesurer le volume de dioxygène V_{O_2} dégagé à la pression atmosphérique $P = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Le volume total de la solution $V_T = 1,0 \text{ L}$ est supposé rester constant au cours de l'expérience.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

t (min)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	60
V_{O_2} (mL)	0	160	270	360	440	500	540	590	610	680

On admet que dans les conditions de l'expérience, le dioxygène peut être considéré comme un gaz parfait.

On rappelle la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$ avec :

- P : pression du gaz en Pa
- V : volume du gaz en m^3
- n : quantité de matière de gaz en mol
- R : constante des gaz parfaits ; sa valeur est égale à $8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- T : température absolue exprimée en Kelvin (K) ; T est reliée à θ , température exprimée en degré Celsius ($^\circ\text{C}$) par la relation : $T = 273,15 + \theta$

2.1. Avancement de la réaction

2.1.1. Compléter le tableau d'avancement de la réaction représenté en annexe à rendre avec la copie.

2.1.2. Calculer la valeur de l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

2.1.3. Établir l'expression de l'avancement $x(t)$ de la réaction en fonction du volume de dioxygène $V_{O_2}(t)$ formé.

2.1.4. Calculer sa valeur à l'instant $t = 30 \text{ min}$.

2.2. Analyse du graphe $x(t)$

2.2.1. Le graphe représentant l'avancement x en fonction du temps t est fourni en annexe à rendre avec la copie.

Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ et déterminer sa valeur à partir d'une construction graphique.

2.2.2. Quelle information le graphe $x(t)$ donne-t-il sur l'évolution de la vitesse de la réaction au cours du temps ? Justifier la réponse.

2.3. Facteurs cinétiques

2.3.1. Quel facteur cinétique permet d'expliquer l'évolution de la vitesse de la réaction au cours du temps ? Interpréter microscopiquement cette évolution.

2.3.2. Dessiner sur le graphe de l'annexe l'allure de la courbe que l'on aurait obtenue si l'expérience avait été réalisée à une température plus élevée. Justifier.

2.3.3. Dire, en justifiant, si les propositions suivantes sont VRAIES ou FAUSSES dans le cas où le même mélange initial est cette fois complété avec de l'eau distillée jusqu'à obtenir une solution de volume total $V_T = 0,50 \text{ L}$:

- Proposition 1 : L'avancement final est divisé par deux.
- Proposition 2 : L'état final est atteint plus rapidement.

2.4. Importance du catalyseur

2.4.1. Rappeler la définition d'un catalyseur.

2.4.2. Lors de ce suivi cinétique, la catalyse mise en jeu est-elle homogène ou hétérogène ? Justifier.

EXERCICE II : LE CERCLE DES PLANÈTES DISPARUES (5 points)

La planète Pluton, découverte par l'américain Clyde Tombaugh en 1930, était considérée comme la neuvième planète de notre système solaire.

Le 5 janvier 2005, une équipe d'astronomes a découvert sur des photographies prises le 21 octobre 2003 un nouveau corps gravitant autour du Soleil. Provisoirement nommé 2003 UB313, cet astre porte maintenant le nom d'Éris du nom de la déesse grecque de la discorde.

La découverte d'Éris et d'autres astres similaires (2003 EL61, 2005 FY9...) a été le début de nombreuses discussions et controverses acharnées entre scientifiques sur la définition même du mot « planète ».

Au cours d'une assemblée générale, le 24 août 2006 à Prague, 2500 astronomes de l'Union Astronomique Internationale (UAI) ont décidé à main levée de déclasser Pluton comme planète pour lui donner le rang de « planète naine » en compagnie d'Éris et de Cérès (gros astéroïde situé entre Mars et Jupiter).

1. Orbite d'Éris

Éris parcourt une orbite elliptique autour du Soleil avec une période de révolution T_E valant environ 557 années terrestres.

Données :

Période de révolution terrestre : $T_T = 1,00$ an

Période de révolution de Pluton : $T_P = 248$ ans

1.1. Énoncer précisément la troisième loi de Kepler, relative à la période de révolution d'une planète autour du Soleil, dans le cas d'une orbite elliptique.

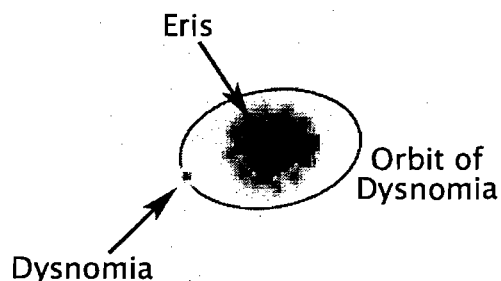
1.2. L'orbite d'Éris se situe-t-elle au-delà ou en-deçà de celle de Pluton ? Justifier sans calcul.

2. Découverte de Dysnomia

Les astronomes ont découvert ensuite qu'Éris possède un satellite naturel qui a été baptisé Dysnomia (fille d'Éris et déesse de l'anarchie...).

Six nuits d'observation depuis la Terre ont permis de reconstituer l'orbite de Dysnomia.

On obtient la photographie ci-contre.



NASA, ESA, and M. Brown (California Institute of Technology)

Données :

M_E et M_D sont les masses respectives d'Éris et de Dysnomia

Masse de Pluton : $M_P = 1,31 \cdot 10^{22}$ kg

Rayon de l'orbite circulaire de Dysnomia : $R_D = 3,60 \cdot 10^7$ m

Période de révolution de Dysnomia : $T_D = 15,0$ jours $\approx 1,30 \cdot 10^6$ s

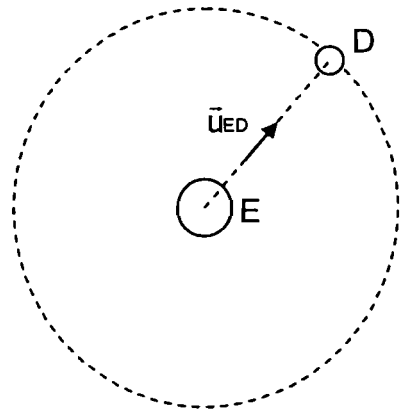
Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻²

2.1. Mouvement de Dysnomia

Le mouvement de Dysnomia autour d'Éris est supposé circulaire et uniforme.

- 2.1.1. Définir le référentiel permettant d'étudier le mouvement de Dysnomia autour d'Éris.
Par la suite, ce référentiel sera considéré comme galiléen.

- 2.1.2. Établir l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre d'inertie de Dysnomia en fonction des paramètres de l'énoncé et d'un vecteur unitaire $\vec{u}_{ED}$ représenté sur le schéma ci-contre.



- 2.1.3. Préciser la direction et le sens de ce vecteur accélération.

- 2.1.4. Montrer que la période de révolution T_D de Dysnomia a pour expression

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{R_D^3}{G \cdot M_E}}$$

Retrouve-t-on la troisième loi de Kepler ? Justifier.

2.2. Masse d'Éris

- 2.2.1. Dédurre de l'expression de T_D (question 2.1.4.) celle de la masse M_E d'Éris. Calculer sa valeur.

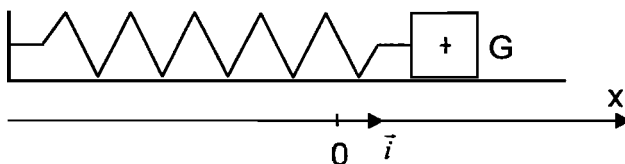
- 2.2.2. Calculer le rapport des masses d'Éris et de Pluton $\frac{M_E}{M_P}$. Expliquer alors pourquoi la découverte d'Éris a remis en cause le statut de planète pour Pluton.

EXERCICE III : L'OSCILLATEUR ÉLASTIQUE HORIZONTAL (4 points)

Un élève de terminale n'est pas très organisé ; il doit remettre dans quelques jours un devoir sur les oscillations mécaniques et il ne retrouve pas la totalité de ses documents.

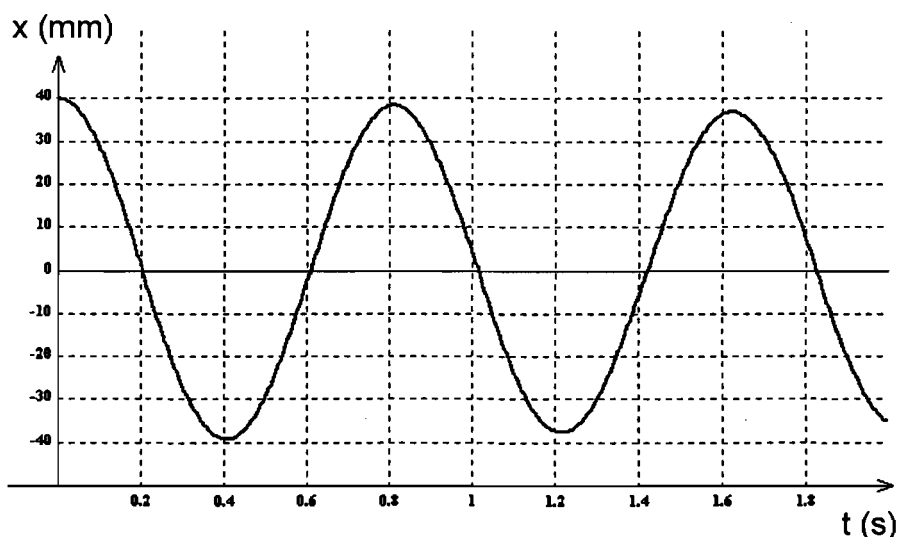
Voici les éléments qu'il a cependant en sa possession :

- Le schéma du montage de l'oscillateur élastique horizontal sur banc à coussin d'air ;

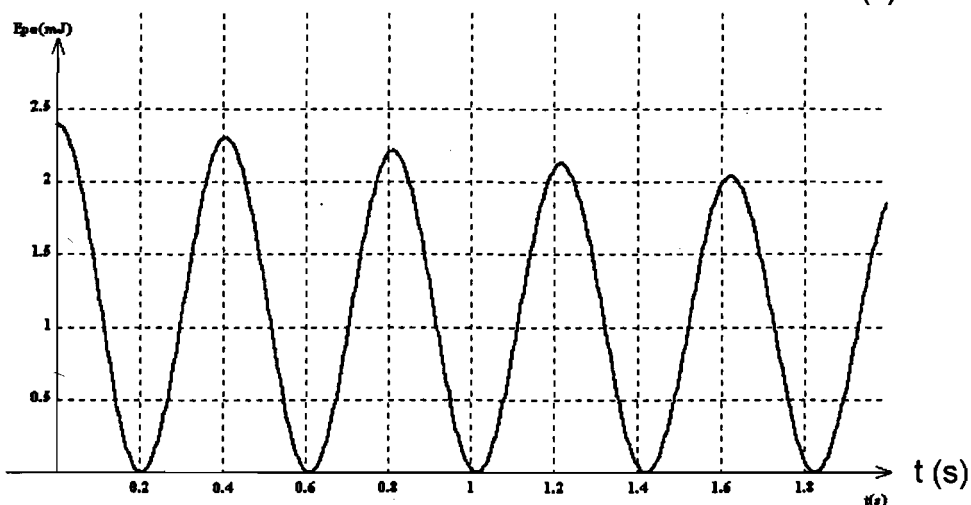


- Les conditions initiales :
 - abscisse initiale du centre d'inertie du mobile $x_0 = 4,0 \text{ cm}$
 - vitesse initiale $v_0 = 0 \text{ m.s}^{-1}$;
- L'expression $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ conservée dans sa calculatrice ;
- Deux graphes correspondant à des acquisitions faites lors d'une séance de travaux pratiques :

Courbe 1



Courbe 2



Il va falloir l'aider...

1. Analyse des graphes

- 1.1. *La courbe 1 ci-dessus représente l'évolution de l'abscisse x du centre d'inertie G du mobile au cours du temps.*
Déterminer graphiquement la valeur de la pseudo-période T de l'oscillateur. Cette valeur sera par la suite confondue avec celle de la période propre T_0 d'un oscillateur idéal.
- 1.2. *La courbe 2 représente l'évolution d'une grandeur énergétique au cours du temps.*
Montrer sans calcul que cette grandeur ne peut être que l'énergie potentielle élastique E_{pe} du système {mobile + ressort}.

2. Constante de raideur du ressort et masse du mobile

- 2.1. En utilisant les courbes 1 et 2 précédentes, montrer que la constante de raideur k du ressort a pour valeur $3,0 \text{ N.m}^{-1}$.
- 2.2. Donner l'expression de la masse m du mobile en fonction de k et de T_0 . Calculer sa valeur.

3. Évolution des oscillations

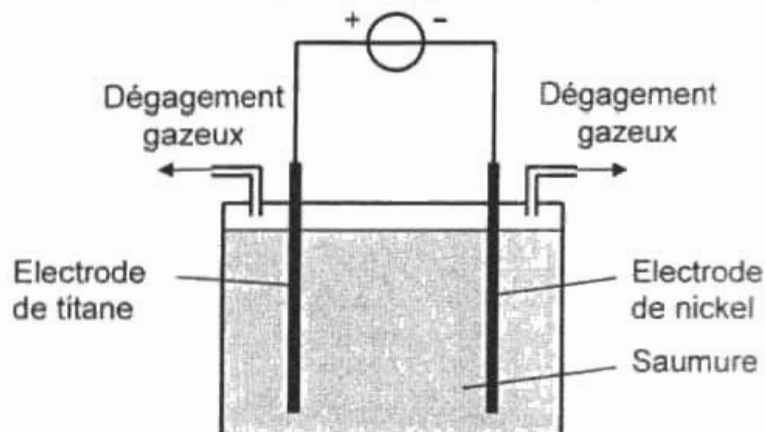
- 3.1. Les forces de frottements sont-elles négligeables ? Justifier.
- 3.2. Dessiner sur un même graphe, dans le cas théorique d'un oscillateur élastique sans frottement, les allures des courbes des énergies potentielle élastique, cinétique et mécanique du système en fonction du temps, en respectant les conditions initiales de l'oscillateur étudié précédemment.

4. Équation différentielle du mouvement

- 4.1. Établir l'équation différentielle que vérifie l'abscisse $x(t)$ dans le cas d'un oscillateur élastique horizontal sans frottement.
On précisera le référentiel d'étude, les forces agissant sur le mobile et la loi de la mécanique utilisée.
- 4.2. Vérifier que $x(t) = x_0 \cos\left(\frac{2\pi t}{T_0}\right)$ est solution de cette équation différentielle.

Annexe à rendre avec la copie

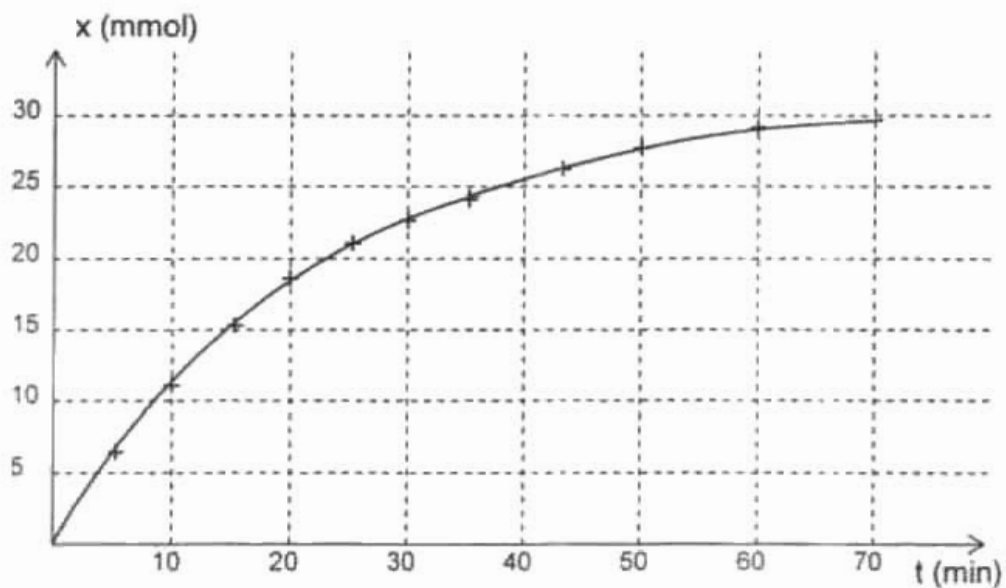
1. Préparation du dihydrogène par électrolyse :



2. Cinétique de la dismutation de l'eau oxygénée :

Tableau d'avancement :

		$2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) = \text{O}_{2(\text{g})} + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$		
État	Avancement	Quantités de matière en mol		
État initial				Excès
En cours de transformation				Excès
État final				Excès

Avancement x en fonction du temps t 

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique.

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

Les pages d'annexes (pages 9 et 10) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

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

EXERCICE I. LE SYNTHOL® (6,5 points)

Médicament créé en 1925 par M. Roger, pharmacien à Orléans, le Synthol® est une solution alcoolisée utilisée en application locale pour calmer les douleurs, décongestionner et désinfecter.

La notice donne la composition du médicament :

Pour 100 g de solution, la composition en substance active est :

Levomenthol.....	0,2600 g
Vératrole.....	0,2600 g
Résorcinol.....	0,0210 g
Acide salicylique.....	0,0105 g

Les autres composants sont l'huile essentielle de géranium, l'huile essentielle de cédrat, le jaune de quinquina (E104).

Toutes les espèces chimiques présentes dans le Synthol® sont solubilisées dans un solvant à base d'éthanol à 96% et d'eau purifiée (titre alcoolique 34,5% en volume).

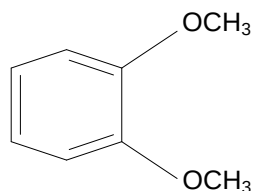
Après une étude de quelques composés du Synthol®, on vérifiera par un dosage la teneur en acide salicylique de la solution commerciale.

Les deux parties sont indépendantes.

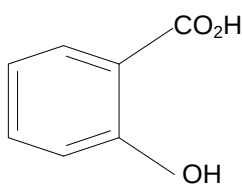
1. Quelques composés du Synthol®

1.1. On veut identifier les formules de l'acide salicylique, du résorcinol et du vératrole qui entrent dans la composition du Synthol®.

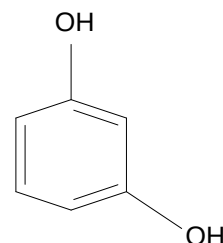
Sachant que l'acide salicylique est un acide carboxylique et que le résorcinol possède deux groupements hydroxyle, identifier les trois molécules en leur attribuant leur numéro.



molécule N°1



molécule N°2



molécule N°3

1.2. Étude de l'acidité d'une solution d'acide salicylique

On note AH la molécule d'acide salicylique. On introduit une quantité de matière $n_0 = 7,20 \times 10^{-4}$ mol de l'acide AH dans un volume $V_0 = 100,0$ mL d'eau distillée de façon à obtenir une solution de concentration c_0 .

Après agitation la valeur du pH mesuré est 2,6.

- 1.2.1. Écrire l'équation de la réaction de l'acide avec l'eau.
- 1.2.2. Construire le tableau descriptif de l'évolution du système et le compléter en utilisant des expressions littérales.
- 1.2.3. Donner la relation entre l'avancement à l'équilibre x_{eq} , V_0 et le pH de la solution.
- 1.2.4. Pour la solution préparée, calculer l'avancement à l'équilibre x_{eq} .
- 1.2.5. Définir le taux d'avancement à l'équilibre. Calculer sa valeur. La transformation est-elle totale ?

2. Dosage de l'acide salicylique dans le Synthol®

Données :

Formule brute de l'acide salicylique : $C_7H_6O_3$

Masse molaire de l'acide salicylique : $M_A = 138 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse volumique de la solution pharmaceutique : $\rho = 0,950 \text{ g.mL}^{-1}$

On admet que l'acide salicylique est le seul composé acide dans la solution pharmaceutique.

2.1. Calcul de la concentration de l'acide salicylique dans la solution pharmaceutique.

À l'aide des informations fournies sur la notice et des données ci-dessus, calculer la quantité de matière d'acide salicylique contenu dans un volume $V_A = 100,0 \text{ mL}$ de Synthol®.

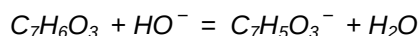
Vérifier que sa concentration est $c_A = 7,23 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.

2.2. Préparation du dosage

Pour vérifier cette valeur, on souhaite effectuer un dosage acido-basique avec une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$). Le volume de Synthol® dosé est $V_A = 100,0 \text{ mL}$.

On admet que les calculs de concentration se conduisent pour la solution pharmaceutique de la même manière qu'en solution aqueuse.

On écrit l'équation de la réaction support du dosage de la manière suivante :



2.2.1. Après avoir donné la définition de l'équivalence, écrire la relation entre la quantité de matière d'acide salicylique $n_i(C_7H_6O_3)$ et la quantité de matière d'ions hydroxyde $n(\text{HO}^-)$, qui permet d'atteindre cette équivalence. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

2.2.2. On souhaite obtenir un volume équivalent V_{BE} compris entre $5,0 \text{ mL}$ et $20,0 \text{ mL}$.

Donner un encadrement de la concentration de la solution d'hydroxyde de sodium à utiliser.

2.2.3. Au laboratoire on ne dispose que d'une solution S_0 d'hydroxyde de sodium de concentration $c_0 = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

En justifiant, décrire le protocole pour fabriquer à partir de S_0 , un volume de $50,0 \text{ mL}$ d'une solution de concentration $c_B = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On précisera la verrerie utilisée.

2.3. Choix du type de dosage

2.3.1. Dosage colorimétrique

a. Grâce à un logiciel de simulation, on détermine que le pH à l'équivalence lors du dosage est d'environ 7.

Choisir, en le justifiant, l'indicateur coloré approprié pour le dosage, dans la liste ci-dessous.

Nom de l'indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
hélianthine	rouge	3,1 – 4,4	jaune
bleu de bromothymol	jaune	6,0 – 7,6	bleu
phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10,0	rose

b. Quel composé, entrant dans la composition du Synthol®, peut empêcher de bien observer le changement de couleur de l'indicateur coloré ? Justifier.

2.3.2. Dosage suivi à l'aide d'un pH-mètre

Les électrodes pH-métriques utilisées en terminale sont adaptées uniquement à des mesures en solution aqueuse.

D'après le texte introductif, quelle espèce chimique présente en quantité relativement importante dans le Synthol® ne permet pas de recommander un dosage pH-métrique ?

2.4. Réalisation du dosage conductimétrique

*On opte finalement pour un dosage suivi par conductimétrie. On ajoute progressivement au volume V_A de Synthol®, à l'aide d'une burette graduée, une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration $c_B = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On mesure la conductivité et on obtient la courbe **DE LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE EN PAGE 9**. Le volume de solution dosée étant grand devant l'ajout de solution titrante, on peut considérer le volume de solution dans le bécher constant.*

Faire un schéma légendé du dispositif de titrage.

2.5. Exploitation de la courbe

On rappelle que la conductivité σ d'une solution s'exprime selon la loi :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$$

où $[X_i]$ représente la concentration d'une espèce ionique en solution et λ_i la conductivité molaire ionique de cette espèce.

2.5.1. Expliquer pourquoi la conductivité augmente après l'équivalence.

2.5.2. *Dans les conditions de l'expérience, on observe que les deux portions de courbe (avant et après l'équivalence) ne sont pas rectilignes. Pour déterminer le volume versé à l'équivalence, on utilise alors les tangentes aux portions de courbe dans la zone proche de l'équivalence.*

Déterminer graphiquement le volume V_{BE} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence.

2.5.3. Calculer la concentration en acide salicylique de la solution dosée. Comparer cette valeur à celle trouvée dans la question 2.1.

EXERCICE II. FROTTEMENTS AVEC L'AIR : QU'EN DIT LA NASA ? (5,5 points)

La question 6 est indépendante des précédentes.

Intrigué par la notion de frottement fluide introduite en classe, un élève recherche des informations sur la notion de force de traînée. Sur le site de la NASA, "National Aeronautics and Space Administration", dont l'activité se partage entre domaine spatial et aéronautisme, l'élève trouve :

"La force de traînée sur un avion ou une navette dépend de la densité de l'air, du carré de la vitesse, de la viscosité et de la compressibilité de l'air, de la taille et de la forme de l'objet ainsi que de son inclinaison par rapport à l'écoulement d'air. En général, la dépendance à l'égard de la forme du corps, de l'inclinaison, de la viscosité et de la compressibilité de l'air est très complexe." (d'après www.nasa.gov)

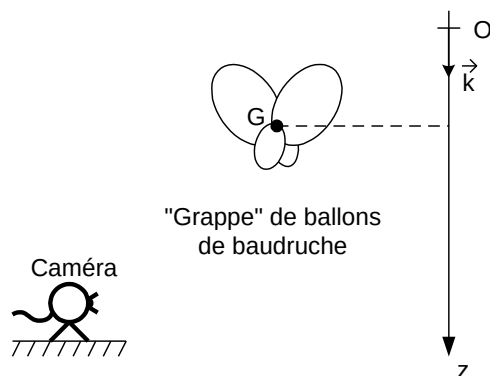
A l'issue de cette recherche, l'élève dégage deux modèles pour rendre compte des frottements exercés par l'air sur les objets.

- modèle 1 : les frottements dépendent, entre autres, de la viscosité de l'air η_{air} et de la valeur v de la vitesse du centre de gravité G du système. On exprime alors la force sous la forme : $\vec{f}_1 = -A \cdot \eta_{\text{air}} \cdot v \cdot \vec{k}$ où A est une constante.

- modèle 2 : les frottements dépendent, entre autres, de la masse volumique de l'air ρ_{air} et du carré de v . On écrit alors la force sous la forme : $\vec{f}_2 = -B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2 \cdot \vec{k}$ où B est une constante.

Les constantes A et B sont liées à la forme du corps et à son inclinaison.

Le choix entre ces deux modèles est lié à l'expérience. Son professeur lui conseille de les appliquer à la chute verticale d'une grappe de ballons de baudruche dont il peut lui fournir le film. Il lui donne également les valeurs approchées des constantes A et B .



Un logiciel adapté permet d'obtenir la courbe d'évolution temporelle de la valeur v de la vitesse du centre d'inertie G du système **DE LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 9**.

Le système fourni par l'ensemble des ballons de baudruche, de masse m et de volume total V , est lâché sans vitesse initiale, dans le champ de pesanteur $\vec{g}$ uniforme et vertical.

Toute l'étude de cet exercice est faite dans le référentiel terrestre supposé galiléen, muni d'un repère $(O ; \vec{k})$ dont l'axe Oz vertical est orienté vers le bas. On pose $v_z = v$, valeur de la vitesse du centre d'inertie G du système.

Données pour l'objet étudié :

Valeurs approchées de A et B calculées à partir de la géométrie de l'objet :

$$A \approx 1 \times 10^{-1} \text{ m}$$

$$B \approx 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{masse du système : } m &= 22 \text{ g} \\ \text{valeur du champ de pesanteur : } g &= 9,8 \text{ m.s}^{-2} \\ \text{masse volumique de l'air : } \rho_{\text{air}} &= 1,2 \text{ kg.m}^{-3} = 1,2 \text{ g.L}^{-1} \\ \text{viscosité dynamique de l'air : } \eta_{\text{air}} &= 2 \times 10^{-5} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

1. Rappeler ce que signifie le caractère uniforme du champ de pesanteur.

2. Le système est soumis à trois forces, son poids $\vec{P}$, les frottements ($\vec{f}_1$ ou $\vec{f}_2$) et la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.

Donner les caractéristiques de la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$.

3. Si l'on choisit le modèle 1, montrer que dans le référentiel terrestre (supposé galiléen), la vitesse v vérifie l'équation différentielle :

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - A \cdot \eta_{\text{air}} \cdot v \quad (1)$$

De la même façon, montrer que pour le modèle 2 on obtient l'équation suivante :

$$m \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right) - B \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v^2 \quad (2)$$

4. Accélération initiale

4.1. Dédurre des équations différentielles l'expression littérale de a_0 , valeur de l'accélération à la date $t = 0$, en fonction de m , V , g et ρ_{air} . (On pourra prendre indifféremment l'une ou l'autre des deux équations différentielles pour trouver l'expression littérale de a_0).

4.2. Vérifier par une méthode graphique, sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 9**, que la valeur de l'accélération initiale a_0 est de l'ordre de : $a_0 = 6 \text{ m.s}^{-2}$.

4.3. Retrouver cette valeur par un calcul sachant que le volume V du système est de l'ordre de 7 L .

5. Vitesse limite

5.1. Déterminer graphiquement sur **LA FIGURE 2 DE L'ANNEXE EN PAGE 9**, la valeur de la vitesse limite v_{lim} . La construction graphique devra apparaître sur la figure.

5.2. À l'aide de l'équation différentielle, démontrer dans le cas du modèle 1 que l'expression de cette vitesse limite est :

$$v_{\text{lim},1} = \frac{m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right)}{A \cdot \eta_{\text{air}}}$$

On admet également dans le cas du modèle 2 que :

$$v_{\text{lim},2} = \sqrt{\frac{m \cdot g \left(1 - \frac{V \cdot \rho_{\text{air}}}{m} \right)}{B \cdot \rho_{\text{air}}}} \quad (\text{Ne pas démontrer cette relation})$$

5.3. Calculer la valeur approchée de $v_{\text{lim},1}$ en utilisant les données fournies en début d'énoncé. On rappelle que le volume V du système est de l'ordre de 7 L .

5.4. Sachant que $v_{\text{lim},2} = 2 \text{ m.s}^{-1}$, comparer ces deux vitesses limites avec la valeur v_{lim} trouvée expérimentalement. En déduire lequel des deux modèles est le plus adapté à l'étude réalisée.

6. Force de frottement et énergie : retour de la navette spatiale

Le travail de la force de frottement est dissipé sous forme de chaleur ; le bouclier thermique des navettes spatiales est destiné à les protéger lors de leur entrée dans l'atmosphère.

Pour l'expliquer sur un forum, l'élève a rédigé le texte suivant :

« La navette pèse 70 tonnes ; elle quitte une orbite basse (250 km) autour de la Terre et se déplace à environ 28 000 km/h par rapport à la Terre lorsqu'elle amorce sa descente. Le plus problématique avant l'atterrissage n'est pas de descendre de 250 km, mais de ralentir afin que la vitesse soit d'environ 400 km/h. Pour cela il faut dissiper environ 2 térajoules en 2 000 secondes, soit 1 mégawatt moyen ! Actuellement, cette énergie est dissipée sous forme de chaleur lors du frottement de la Navette avec l'air de l'atmosphère ; l'énergie cinétique de la navette diminue, la navette ralentit et se réchauffe ».

6.1. Citer les noms des formes d'énergie que possède la navette en orbite autour de la Terre.

6.2. Dans la phrase : « ... il faut dissiper 2 térajoules en 2000 secondes, soit 1 mégawatt moyen », donner le nom des deux grandeurs physiques dont les valeurs numériques sont soulignées.

6.3. En ne prenant en compte que la variation de vitesse comme le suggère l'élève, calculer la valeur des deux grandeurs citées dans la question précédente, à partir des données fournies dans le texte. Vos résultats sont-ils en accord avec ceux de l'élève ?

Rappels : 1 térajoule = 1 TJ = 10^{12} J

1 mégawatt = 1 MW = 10^6 W

EXERCICE III. AIRBAG ET CONDENSATEUR, QUEL RAPPORT ? (4 points)

Les technologies développées dans l'industrie microélectronique ont été transposées avec succès pour fabriquer des microsystèmes électromécaniques, c'est-à-dire des systèmes miniaturisés qui intègrent sur une même puce des parties mécaniques (capteurs d'accélération ou de pression, miroirs, micromoteurs) et des circuits électroniques associés.

Un des premiers microsystèmes à avoir été développé est l'accéléromètre. Il est entre autres utilisé pour déclencher le gonflage des airbags des véhicules en cas de choc brutal.

L'accéléromètre est constitué de deux pièces en forme de peignes complémentaires. L'une est fixe et constitue le cadre, l'autre est mobile à l'intérieur de ce cadre, suspendue par une lamelle flexible, sans contact entre les deux parties. L'ensemble constitue un condensateur. En cas de choc brutal du véhicule, la partie mobile se déplace par inertie dans le sens opposé au mouvement, comme le passager d'un bus qui est debout et se trouve projeté en avant quand le bus freine (voir **figure 3**). Ce changement de distance entre le peigne mobile et le cadre modifie la capacité du condensateur. Dès que le circuit intégré détecte ce changement de capacité, il commande le gonflage de l'airbag, avant même que le conducteur et les passagers du véhicule ne soient projetés en avant.



D'après « À la découverte du nanomonde » (www.nanomicro.recherche.gouv.fr)
défis CEA et Internet.

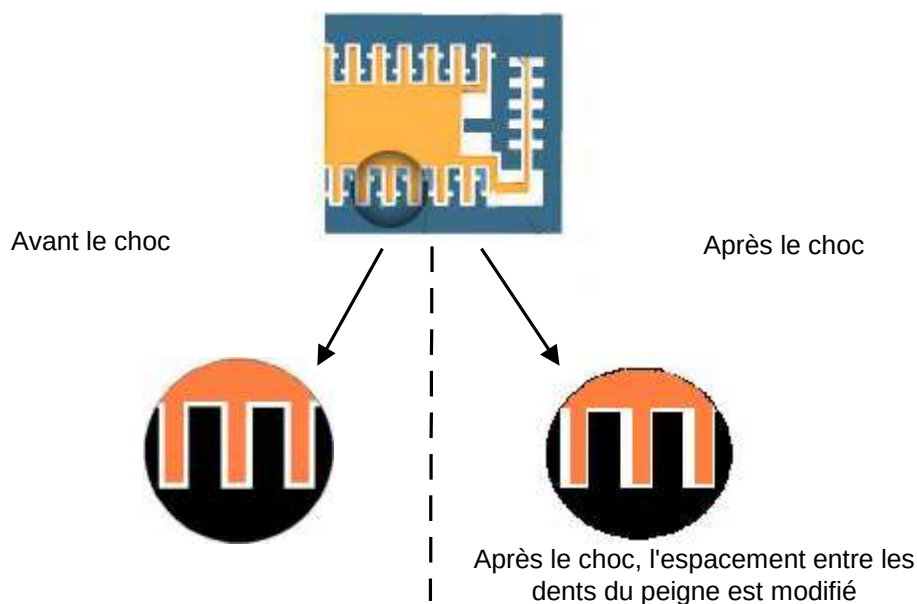


Figure 3 : Fonctionnement de l'accéléromètre et déclenchement d'airbag

Nous allons nous intéresser au principe de fonctionnement de ce dispositif. Le peigne mobile et le cadre constituent un condensateur de capacité C . Il est branché aux bornes d'une pile de résistance interne R et de force électromotrice E . Le circuit est modélisé par le schéma de la **figure 4**.

Données :

$$C = 100 \text{ pF} \quad (1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}).$$

$$E = 5,0 \text{ V}$$

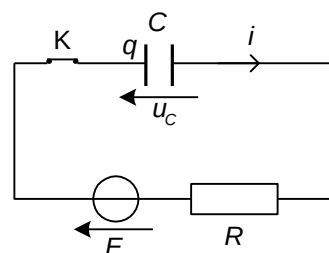


Figure 4

1. Comportement de l'accéléromètre en dehors de chocs

La mise sous tension de l'accéléromètre revient à fermer l'interrupteur K du montage modélisant le dispositif représenté sur la **figure 4**.

Le condensateur est déchargé avant la fermeture de l'interrupteur.

A l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur.

Les courbes représentant les variations de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en fonction du temps sont données sur la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**.

1.1. Sur cette figure, identifier en justifiant qualitativement la courbe correspondant à la tension et celle correspondant à l'intensité.

1.2. Délimiter de façon approximative et qualifier, sur la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 10** les deux régimes de fonctionnement du circuit.

1.3. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps du dipôle RC.

Comparer cette valeur à la durée d'un choc de l'ordre de 200 ms.

1.4. Donner l'expression littérale de cette constante de temps.

En déduire un ordre de grandeur de la valeur de la résistance R .

1.5. Charge du condensateur.

1.5.1. Déterminer graphiquement sur la **FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 10** les valeurs de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant en régime permanent.

1.5.2. En déduire, en régime permanent, la valeur de la charge q du condensateur définie sur la **figure 4**.

2. Déclenchement de l'airbag

2.1. D'après le texte encadré, comment se nomment les parties de l'accéléromètre correspondant aux armatures mobile et fixe ?

2.2. Le rapprochement des deux armatures provoqué par un choc entraîne une augmentation de la capacité du condensateur (**FIGURE 6 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**). Il s'agit de comprendre les conséquences de cette variation.

En tenant compte du fait que la constante de temps est très faible, on considérera que la valeur de la résistance est nulle.

2.2.1. Parmi les deux propositions suivantes donnant l'expression de la capacité C en fonction de la distance d entre les armatures du condensateur, choisir en justifiant celle qui peut convenir :

$$\text{a) } C = k \cdot d ; \quad \text{b) } C = \frac{k}{d}$$

2.2.2. Donner l'expression de la tension aux bornes du condensateur u_C et de la charge q du condensateur avant le choc, en fonction de E (on pourra s'aider d'un schéma du circuit).

2.2.3. Justifier que la tension aux bornes du condensateur n'est pas modifiée par le choc. En déduire que le choc a pour effet de faire augmenter la charge q du condensateur.

2.3. Sur le schéma de **LA FIGURE 6 DE L'ANNEXE EN PAGE 10**, indiquer le sens de déplacement des électrons dans le circuit engendré par la variation de charge q du condensateur.

2.4. Donner la relation entre l'intensité i du courant et la charge q du condensateur.

Choisir parmi ces affirmations celle qui convient :

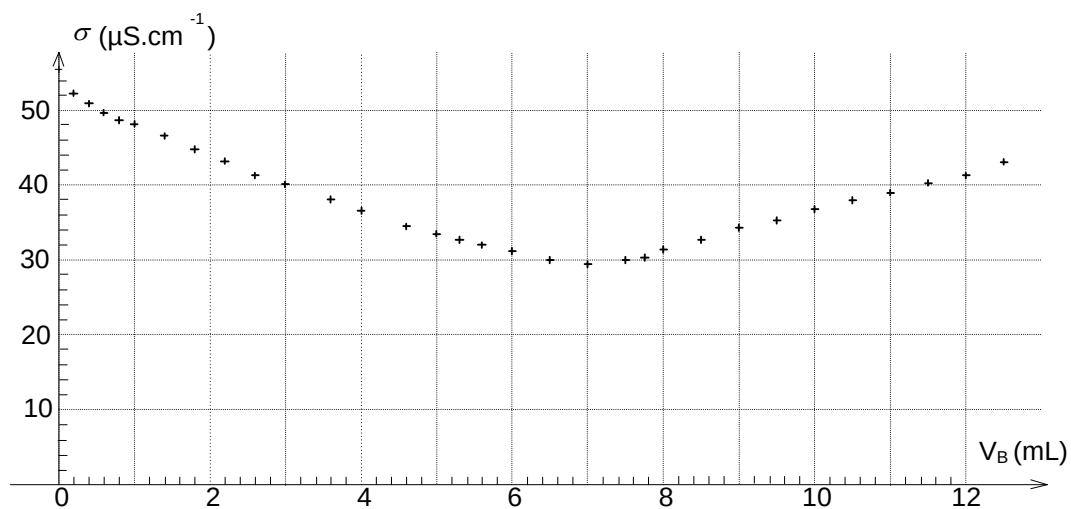
Le déclenchement du gonflage de l'airbag est commandé par la détection d'une variation :

- a) de tension aux bornes du condensateur
- b) d'intensité du courant dans le circuit
- c) de tension aux bornes du générateur.

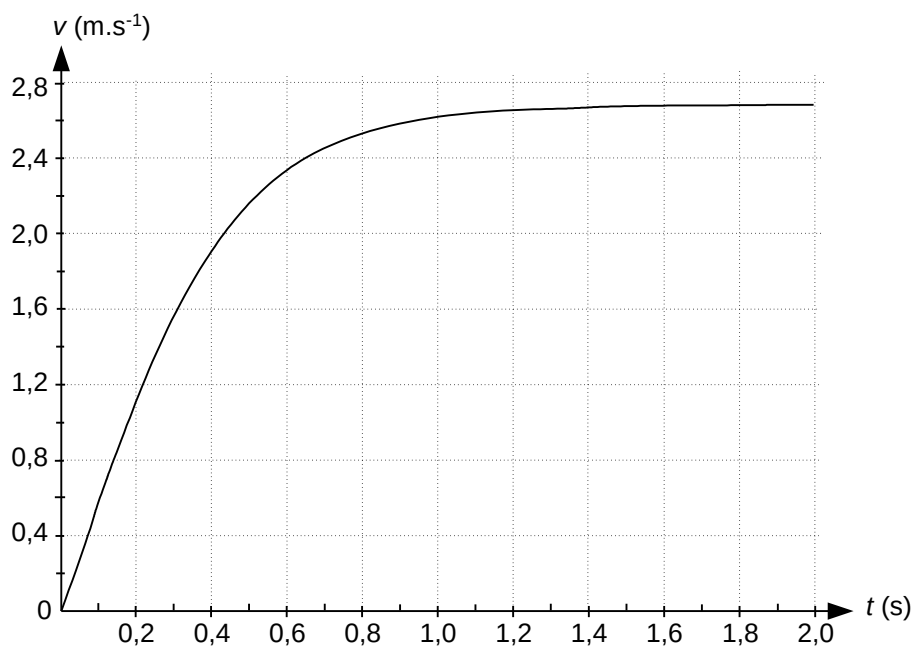
ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Figure 1 : courbe d'évolution de la conductivité de la solution au cours du dosage



ANNEXE DE L'EXERCICE II

Figure 2 : courbe d'évolution temporelle de la valeur v de la vitesse du centre d'inertie G du système

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Figure 5 : courbes d'évolution temporelle de la tension aux bornes du condensateur et de l'intensité du courant

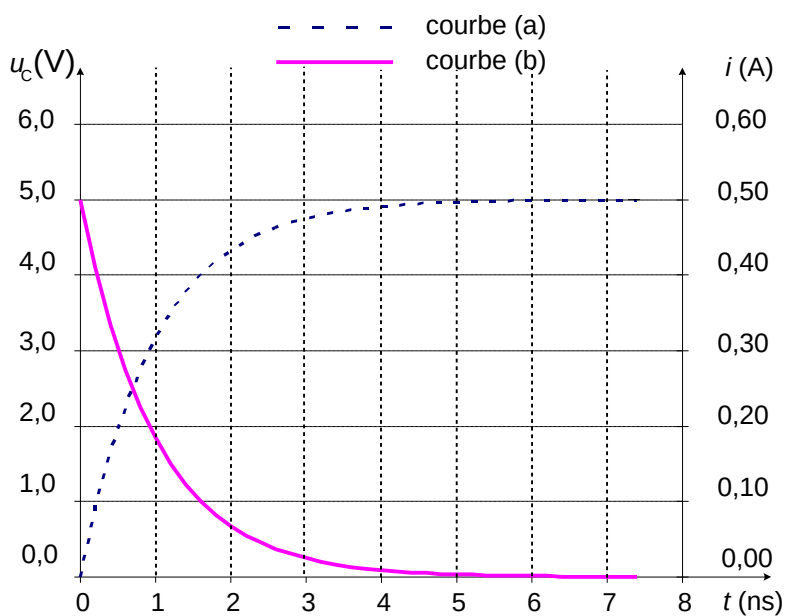
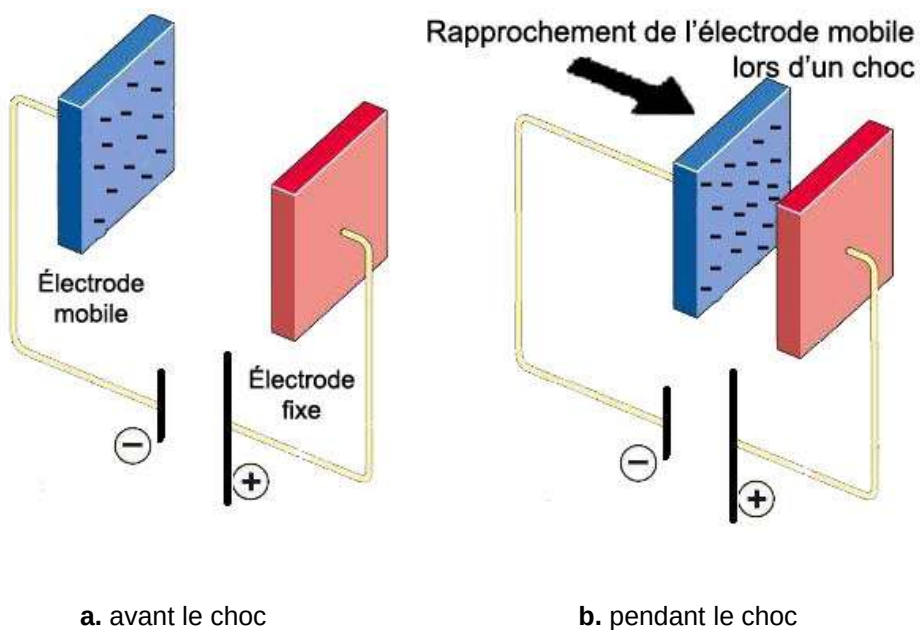


Figure 6 : rapprochement des deux armatures du condensateur lors d'un choc



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2009

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 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14

**Les feuilles d'annexes (pages 12/14, 13/14 et 14/14)
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE**

EXERCICE 1 : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE DIPÔLES ÉLECTRIQUES
(6 points)

Les trois parties sont indépendantes.

1. Dipôle « résistance et condensateur en série »

Pour étudier ce dipôle, on réalise le circuit représenté sur la figure 1. Ce circuit est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice E , d'un interrupteur K , d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C .

Données : $E = 4,0 \text{ V}$; $C = 1,0 \mu\text{F}$

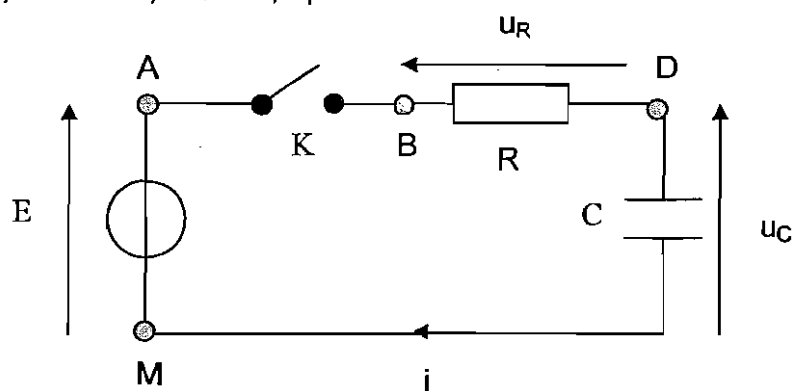


Figure 1

1.1. On utilise une interface d'acquisition reliée à un ordinateur pour observer les tensions u_C et E en fonction du temps.

1.1.1. À quels points A, B, D ou M du circuit doit-on relier les voies 1 et 2 et la masse de l'interface pour visualiser u_C sur la voie 1 et E sur la voie 2 ?

1.1.2. À $t = 0$, on déclenche l'acquisition en fermant l'interrupteur K . Les courbes $u_C = f(t)$ et $E = f(t)$ sont données en **annexe 1, document 1 à rendre avec la copie**.

Qualifier les deux régimes de fonctionnement du circuit en choisissant parmi les adjectifs suivants : périodique, permanent, pseudo-périodique, transitoire.

Préciser les dates limitant chacun de ces régimes.

1.1.3. Quel phénomène physique se produit pendant le premier régime ?

1.2. La constante de temps τ est une caractéristique de ce premier régime.

1.2.1. Déterminer graphiquement la valeur de τ en expliquant la méthode employée.

1.2.2. Donner l'expression littérale de τ en fonction des caractéristiques des éléments du circuit. En déduire la valeur de la résistance R .

1.3. En appliquant la loi d'additivité des tensions, donner la relation littérale liant E , u_R et u_C .

Exprimer u_R en fonction de i et en déduire une expression littérale de l'intensité du courant i en fonction de E , u_C et R .

À l'aide du **document 1** de l'**annexe 1**, calculer i pour $t_1 = 0$ ms et $t_2 = 9$ ms.

1.4. Sans considération d'échelle, représenter sur la copie l'allure de la courbe $i = f(t)$.

2. Dipôle « résistance et bobine en série »

Le circuit étudié, représenté sur la figure 2, est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice E , d'un interrupteur K , d'une bobine de résistance r et d'inductance L et d'un conducteur ohmique de résistance R' .

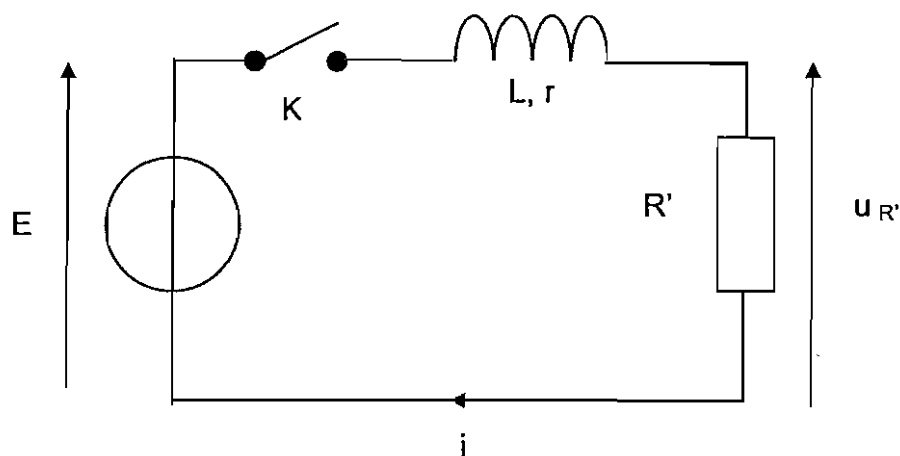


Figure 2

Données : $E = 4,0$ V ; $L = 11$ mH ; $R' = 10$ Ω

2.1. À partir de la fermeture de l'interrupteur K , on observe la tension $u_{R'}$ à l'aide d'une interface d'acquisition reliée à un ordinateur.

Quel est l'intérêt de faire le relevé de cette tension $u_{R'}$?

2.2. Le tableur du logiciel d'acquisition nous permet de calculer les valeurs de i et de tracer la courbe $i = f(t)$ donnée en **annexe 1, document 2 à rendre avec la copie**.

Quel est le phénomène physique mis en évidence dans ce cas ? Quel élément du circuit est la cause de ce phénomène ?

2.3. En appliquant la loi d'additivité des tensions, déterminer l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i du courant dans le circuit en fonction du temps.

2.4. Lorsqu'on est en régime permanent, i vaut alors I_p . Que devient l'équation différentielle ?

2.5. En déduire l'expression littérale de la résistance r de la bobine puis déterminer sa valeur en utilisant le **document 2** de l'**annexe 1**.

3. Dipôle « bobine et condensateur en série »

Le circuit étudié, représenté sur la figure 3, est constitué d'un générateur idéal de tension continue de force électromotrice E' , d'un interrupteur K à deux positions, d'un condensateur de capacité C et d'une bobine de résistance r et d'inductance L .

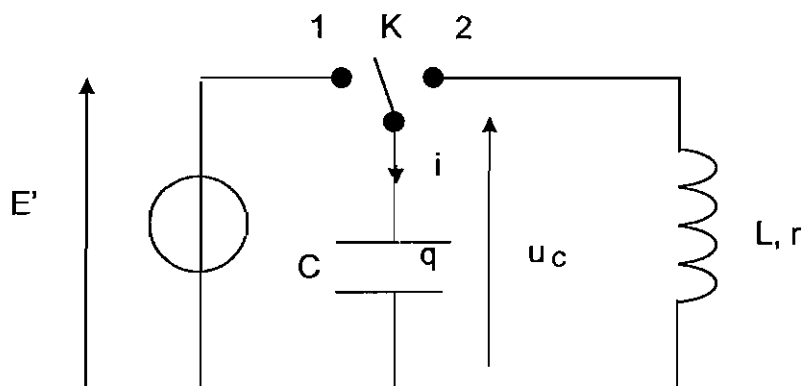
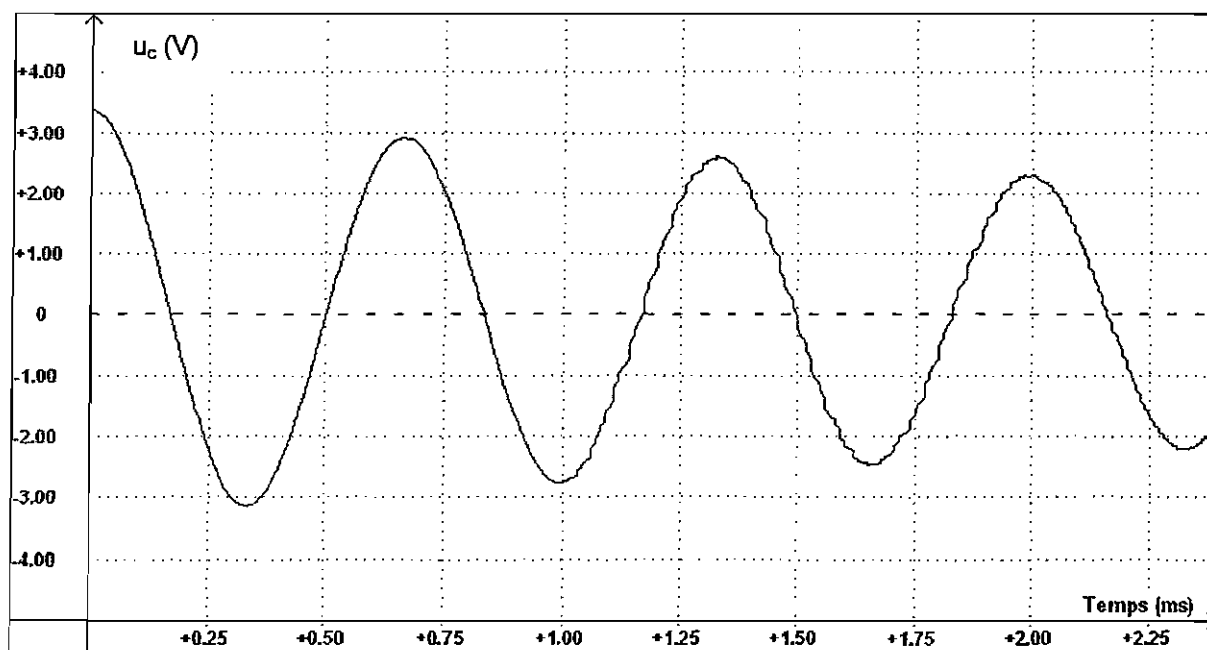


Figure 3

3.1. Quel est le phénomène physique se produisant lorsque l'interrupteur est placé en position 1 ? Est-il lent ou instantané ? Justifier.

3.2. On bascule alors l'interrupteur en position 2 et, à partir de cet instant choisi comme origine des dates, on relève la tension u_C en fonction du temps à l'aide d'une interface d'acquisition reliée à un ordinateur. On obtient le graphique ci-dessous.



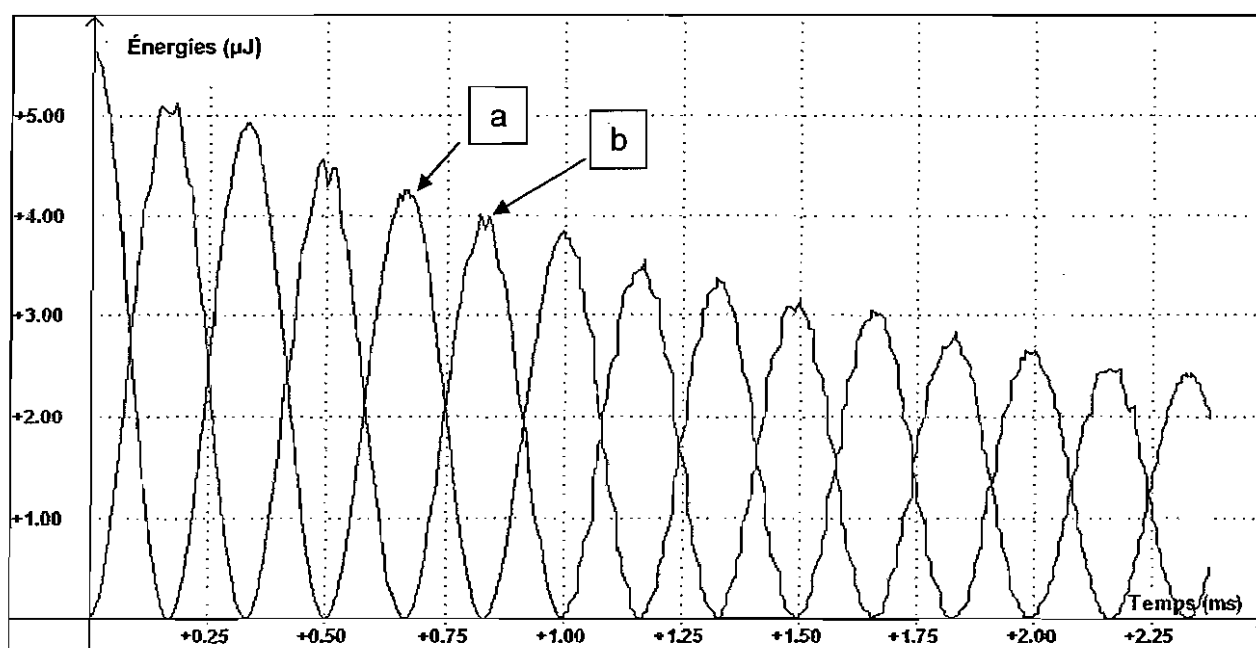
En puisant dans le vocabulaire suivant, décrire le phénomène physique qui se produit dans le circuit : apériodique, annulation, électrique, forcée, mécanique, libre, non amortie, installation, amortie, oscillation.

3.3. On souhaite suivre l'évolution énergétique du circuit rLC en fonction du temps. Pour cela il faut calculer, à l'aide d'un tableur, l'énergie électrique E_e accumulée dans le condensateur et l'énergie magnétique E_m accumulée dans la bobine.

3.3.1. Donner les expressions littérales de E_e et E_m .

3.3.2. En respectant les conventions du schéma, exprimer i en fonction de la dérivée de u_C par rapport au temps.

3.4. Les courbes $E_e(t)$ et $E_m(t)$ sont données ci-dessous.



3.4.1. En justifiant chaque réponse, attribuer les grandeurs E_e ou E_m aux courbes a et b.

3.4.2. En utilisant ces courbes, donner les valeurs des deux énergies E_e et E_m aux instants de dates $t_1 = 0,5$ ms et $t_2 = 2,0$ ms.

Comparer les variations simultanées des énergies emmagasinées par le condensateur et la bobine entre ces deux dates.

3.4.3. Comment évolue l'énergie totale du circuit entre les instants de dates t_1 et t_2 ? À quoi cette évolution est-elle due ?

EXERCICE 2 : ET VOGUE MON BATEAU ! (6 points)

Les cinq parties sont indépendantes.

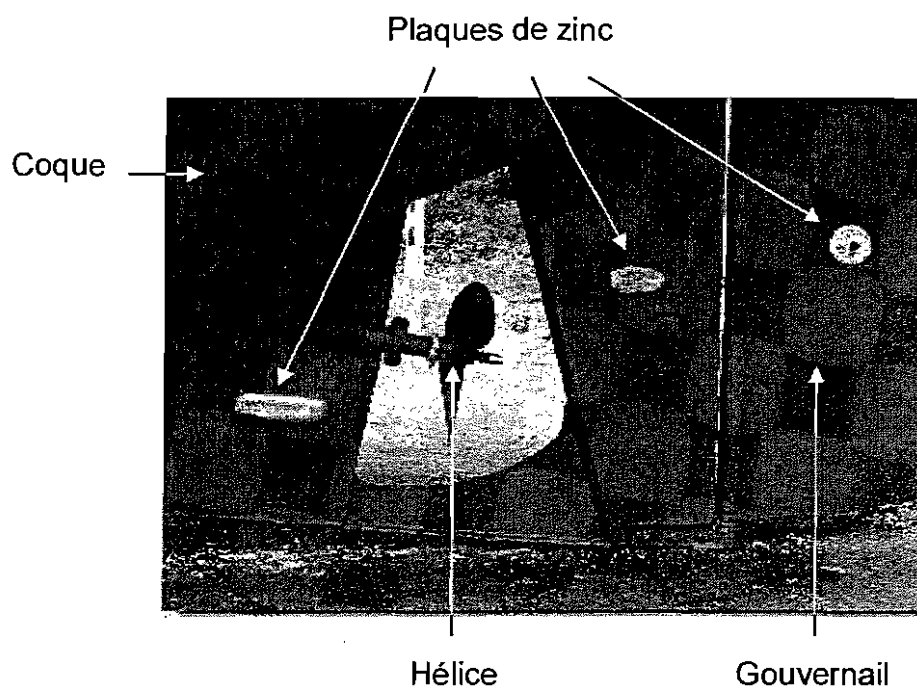
1. Corrosion humide du fer.

Les coques de nombreux bateaux sont fabriquées en acier (constitué essentiellement de fer). Au contact de l'eau de mer, le fer peut être oxydé par le dioxygène dissous à l'interface air-eau salée. Les deux couples oxydant/réducteur qui interviennent sont alors : $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Fe}_{(\text{s})}$ et $\text{O}_{2(\text{aq})} / \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$.

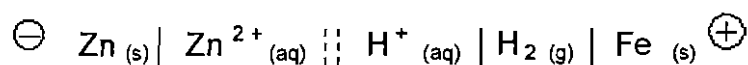
1.1. Écrire les deux demi-équations d'oxydoréduction dans le sens où elles se produisent, en supposant que le milieu est acide. Pour chaque demi-équation, préciser si elle traduit une oxydation ou une réduction.

1.2. Écrire l'équation de la réaction de corrosion.

2. Protection par anode « sacrificielle ».



Afin de protéger la coque du bateau (voir photo ci-dessus), un métal plus réducteur que le fer, ici le zinc, est fixé en différents endroits de la coque ou sur le gouvernail. Entre l'eau de mer supposée acide, le fer et le zinc, il se forme une pile de schéma conventionnel :



2.1. La pile peut être schématisée comme sur le **document 1** de l'**annexe 2** à **rendre avec la copie**.

2.1.1. Sur ce schéma, indiquer la polarité des électrodes puis le sens de circulation du courant I ainsi que celui de circulation des électrons.

2.1.2. L'eau de mer contient en grande quantité du chlorure de sodium sous forme d'ions sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ et d'ions chlorure $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$.
Préciser vers quelle électrode se dirige chacun de ces ions.

2.2. Le fer n'intervient pas dans la réaction à l'électrode de fer.

En utilisant le schéma conventionnel de la pile donné à la question 2, montrer que l'équation de la réaction est : $\text{Zn}_{(\text{s})} + 2\text{H}^+_{(\text{aq})} = \text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$

2.3. On suppose que le courant électrique d'intensité I circulant dans le circuit extérieur est constant.

2.3.1. Exprimer la quantité d'électricité Q échangée pendant la durée Δt .

2.3.2. Cette quantité d'électricité a été transportée par n_e moles d'électrons. Sachant que la quantité d'électricité transportée par une mole d'électrons est le Faraday de symbole F , exprimer Q en fonction de ces deux grandeurs.

En déduire une expression de la quantité de matière d'électrons n_e en fonction de I , Δt et F .

2.3.3. Donner la relation entre la quantité de matière de zinc n_{Zn} disparue et la quantité de matière d'électrons qui circulent dans la pile.

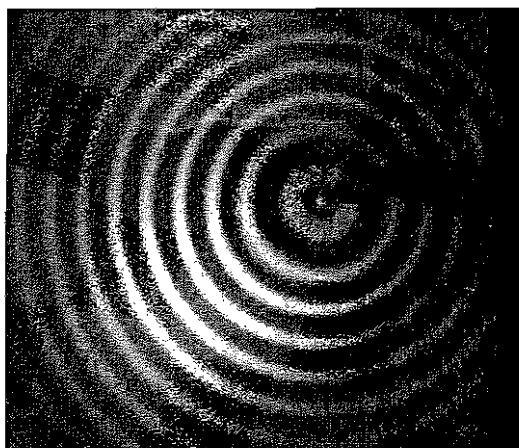
En déduire alors l'expression de la quantité de matière de zinc n_{Zn} qui disparaît en une durée Δt .

2.3.4. Après avoir établi l'expression de la masse m_{Zn} de zinc disparue en une durée Δt , calculer sa valeur.

Données : $I = 0,25 \text{ A}$; $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{\text{Zn}} = 65,4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $\Delta t = 60 \text{ jours}$.

3. On jette l'ancre.

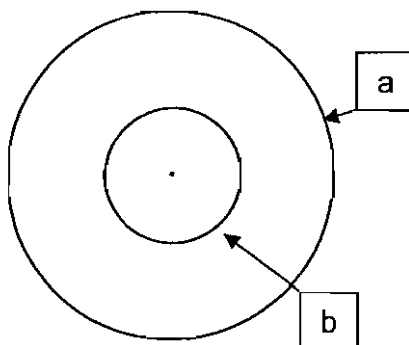
Arrivant dans un port, le bateau jette l'ancre. Cela entraîne la formation d'ondes quasi-circulaires semblables aux ondes formées sur une cuve à ondes (voir photo ci-dessous).



3.1. L'onde ainsi formée peut-elle être qualifiée de longitudinale ou de transversale ? Justifier la réponse.

3.2. Le schéma ci-dessous, à l'échelle 1/100, représente la position du front de l'onde (début de la déformation de l'eau) à deux instants t_1 et t_2 tels que :

$$t_2 - t_1 = 3,0 \text{ s.}$$

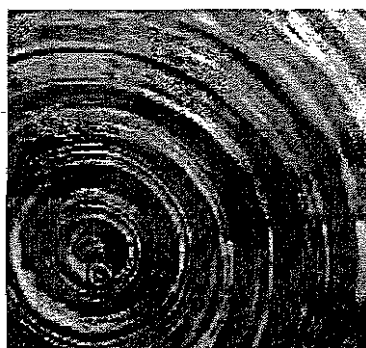


3.2.1. Associer à chaque position du front de l'onde a et b l'instant t_1 ou t_2 correspondant. Justifier.

3.2.2. Déterminer la célérité v de l'onde.

4. On lève l'ancre.

On remonte l'ancre et on la laisse s'égoutter au dessus de l'eau avant de la monter sur le bateau. Au bout de quelques instants, les gouttes tombent périodiquement uniquement de la pointe de l'ancre. Pendant une durée $\Delta t = 30 \text{ s}$, il tombe environ $n = 60$ gouttes. Elles créent ainsi une onde progressive périodique circulaire autour du point de chute (voir photo ci-dessous).



4.1. Déterminer la période T de l'onde progressive périodique obtenue. En déduire sa fréquence f .

4.2. Sur le **document 2** de l'**annexe 2** à rendre avec la copie, sont schématisées les crêtes de l'onde générée à l'échelle 1/8.

4.2.1. Déterminer la longueur d'onde λ de l'onde formée avec la plus grande précision possible.

4.2.2. En déduire la célérité v' de l'onde.

- 4.3. L'onde atteint le ponton dans lequel existent différentes fentes. Représenter sur le **document 2 de l'annexe 2 à rendre avec la copie**, la forme de plusieurs crêtes de l'onde après son passage par les fentes 1 et 2. Justifier précisément chaque réponse.

5. D'autres ondes rôdent autour du bateau.

Port de plaisance rime avec bruits de câbles sur les mâts et Soleil. Répondre par **VRAI** ou **FAUX** sans justification à toutes les propositions suivantes dans le tableau du **document 3 de l'annexe 2 à rendre avec la copie**.

Attention : toute mauvaise réponse retire des points.

5.1. Le son est une onde :

a – mécanique b – transversale c – longitudinale

5.2. La lumière du Soleil est une onde :

a – mécanique b – monochromatique

c – qui se propage moins vite dans l'eau que dans l'air (indice moyen de réfraction de l'eau : $n = 1,3$)

5.3. Un faisceau de lumière visible se diffracte quand il arrive sur :

a – une fente de largeur 1 cm b – un fil de diamètre 1 μm

c – un dioptre air/eau (plan séparant l'air et l'eau)

**EXERCICE 3 : ÉTUDE D'UNE SOLUTION DE CHLORURE
D'HYDROXYLAMMONIUM
(4 points)**

Le chlorure d'hydroxylammonium de formule NH_3OHCl est un solide ionique blanc qui, industriellement, est utilisé dans la synthèse de colorants et de produits pharmaceutiques. Il est très soluble dans l'eau.

On se propose d'étudier le caractère acide d'une solution aqueuse S de chlorure d'hydroxylammonium préparée au laboratoire.

Données : $\text{pK}_A (\text{NH}_3\text{OH}^+_{(\text{aq})} / \text{NH}_2\text{OH}_{(\text{aq})}) = 6,0$ à 25°C

1. Étude du couple ion hydroxylammonium / hydroxylamine.

1.1. Écrire l'équation de dissolution du chlorure d'hydroxylammonium dans l'eau.

1.2. L'ion hydroxylammonium appartient au couple acide / base :
ion hydroxylammonium / hydroxylamine $\text{NH}_3\text{OH}^+_{(\text{aq})} / \text{NH}_2\text{OH}_{(\text{aq})}$.

1.2.1. Donner la définition d'un acide au sens de Brønsted.

1.2.2. Écrire l'équation (1) de la réaction entre l'ion hydroxylammonium et l'eau.

1.2.3. Déterminer le domaine de prédominance de chaque espèce du couple.

2. Dosage de la solution S.

On dose un volume $V_A = 20,0$ mL de la solution S par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire en soluté apporté $C_B = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. On repère l'équivalence à l'aide d'un indicateur coloré acido-basique.

2.1. Faire un schéma annoté du montage nécessaire à ce dosage.

2.2. Écrire l'équation (2) de la réaction de dosage entre les ions hydroxylammonium $\text{NH}_3\text{OH}^+_{(\text{aq})}$ et les ions hydroxyde $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$.

2.3. Étude de l'équivalence

2.3.1 Définir l'équivalence.

2.3.2 Le pH du mélange à l'équivalence vaut 9,1.

Choisir l'indicateur coloré convenant le mieux à ce dosage dans la liste suivante et préciser le changement de couleur à l'équivalence.

	Teinte de la forme acide	Teinte de la forme basique	Zone de virage
Hélianthine	rouge	jaune	3,1 – 4,4
Rouge de méthyle	rouge	jaune	4,2 – 6,2
Phénolphthaléine	incolore	rose	8,2 - 10,0

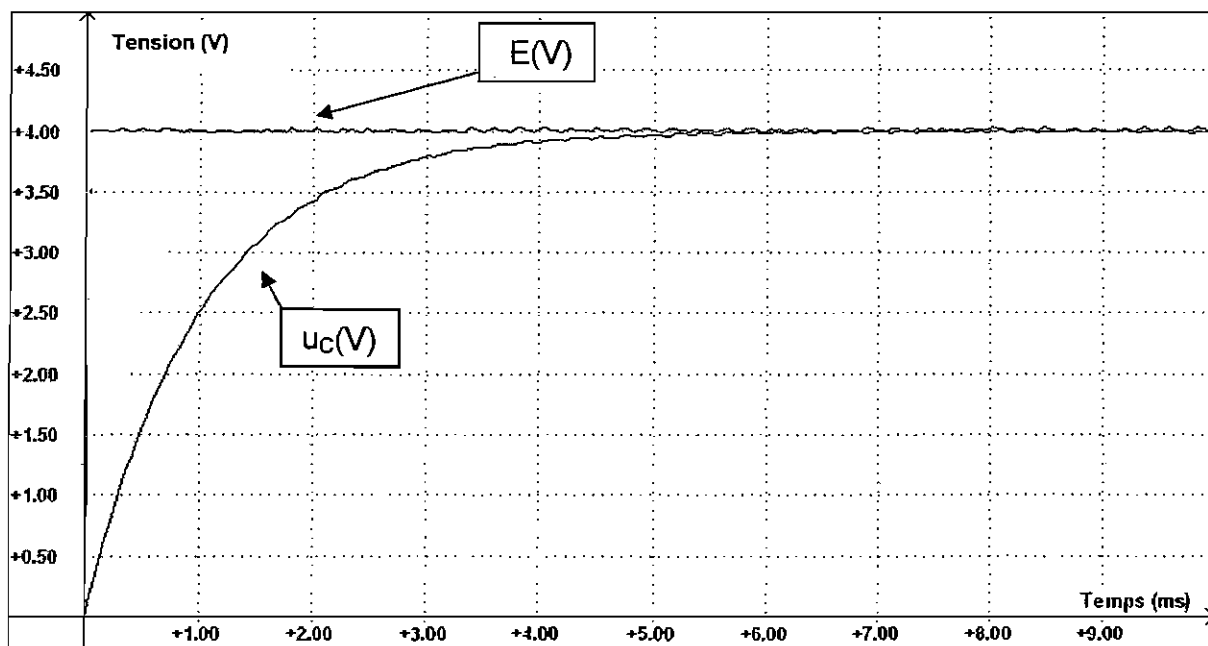
2.3.3. Le virage de l'indicateur est obtenu pour un volume versé de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $V_{\text{Béq}} = 24,0 \text{ mL}$.
Déterminer la concentration molaire C_A en soluté apporté de la solution aqueuse S.

3. Avancement de la réaction (1) de l'ion hydroxylammonium avec l'eau.

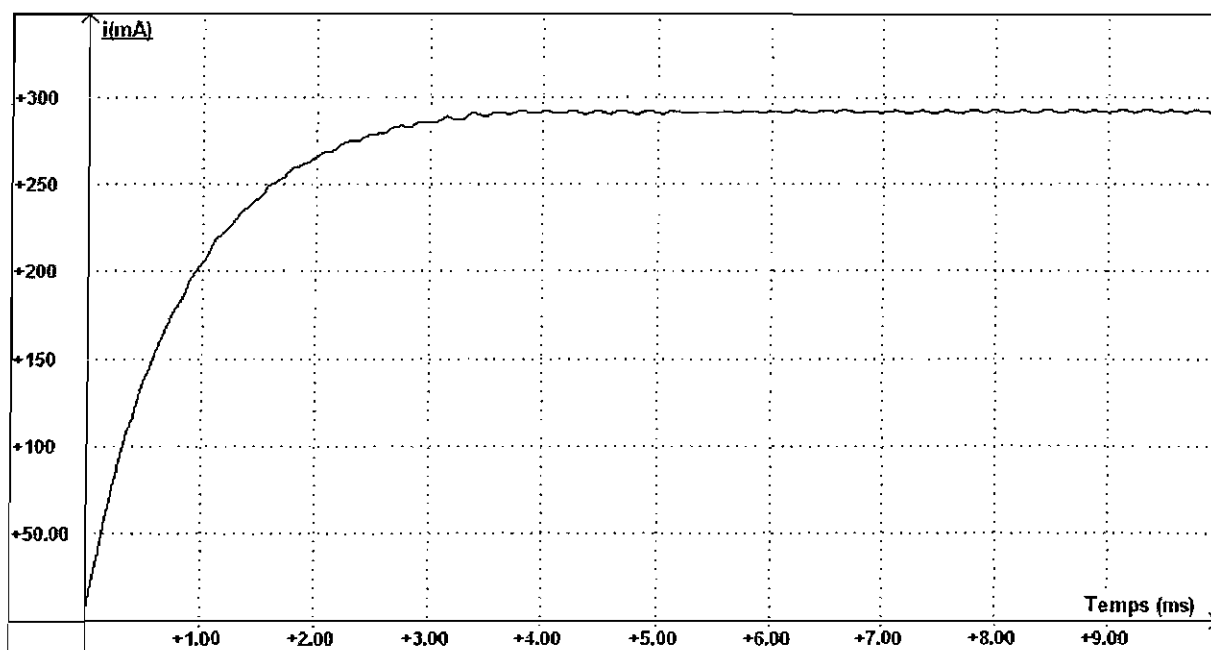
- 3.1. Le pH de la solution aqueuse S est 3,8. En déduire la concentration des ions oxonium H_3O^+ dans cette solution.
- 3.2. Compléter littéralement le tableau d'avancement de la réaction (1) en **annexe 3 à rendre avec la copie**.
- 3.3. Donner l'expression du taux d'avancement final τ de cette réaction en fonction de n_0 et $n_f(\text{H}_3\text{O}^+)$ puis en fonction des concentrations molaires C_A et $[\text{H}_3\text{O}^+]_f$. Calculer sa valeur. Cette réaction est-elle totale ?
- 3.4. Exprimer la constante d'acidité K_A de la réaction (1) puis la calculer.
- 3.5. En déduire la valeur du $\text{p}K_A$ puis la comparer à celle donnée dans l'énoncé.

ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1 :



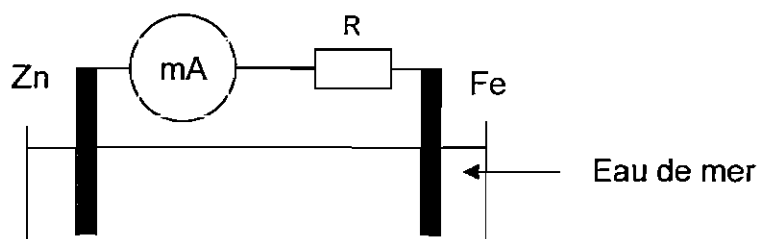
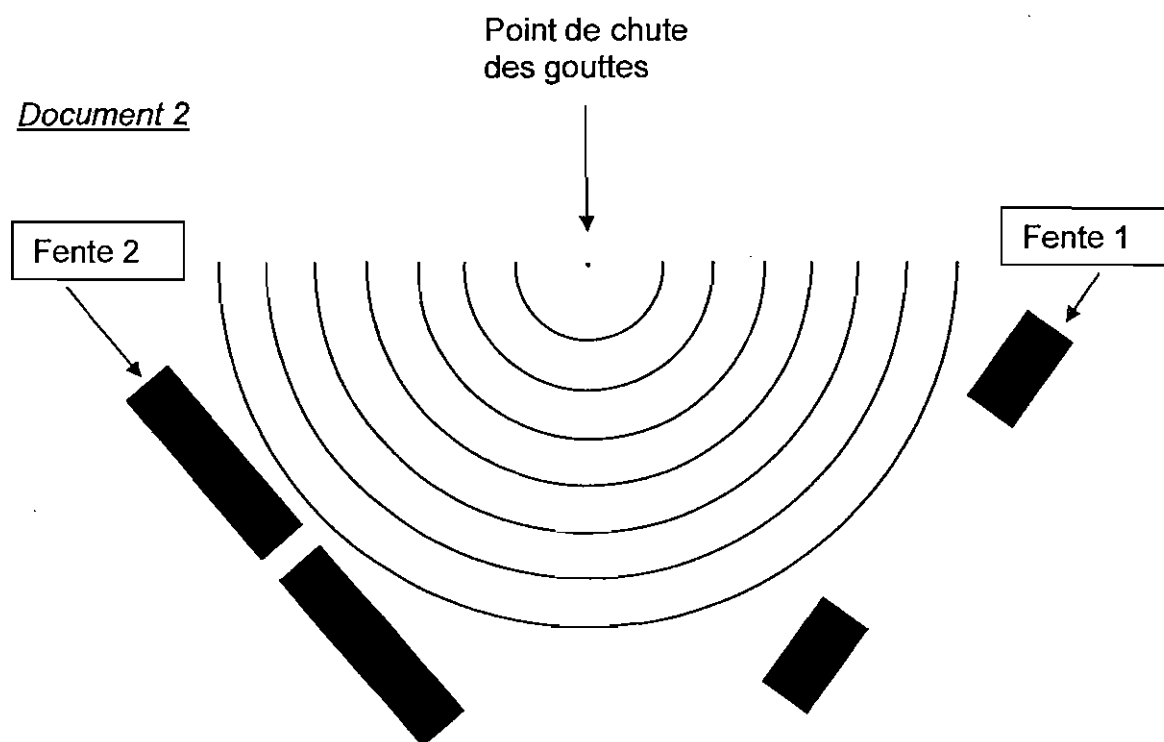
Document 1



Document 2

ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 2 :

Document 1Document 2Document 3

	a	b	c
5.1			
5.2			
5.3			

ANNEXE 3 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 3 :

Équation chimique (1)		$\text{NH}_3\text{OH}^+_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} =$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	n_0	Solvant		
État final réel	x_f		Solvant		
État final si la réaction est totale	x_{max}		Solvant		

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2009

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 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci.

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

EXERCICE I	Étude expérimentale d'un oscillateur mécanique	(5 points)
EXERCICE II	L'élément chlore	(7 points)
EXERCICE III	Suivi spectrophotométrique	(4 points)

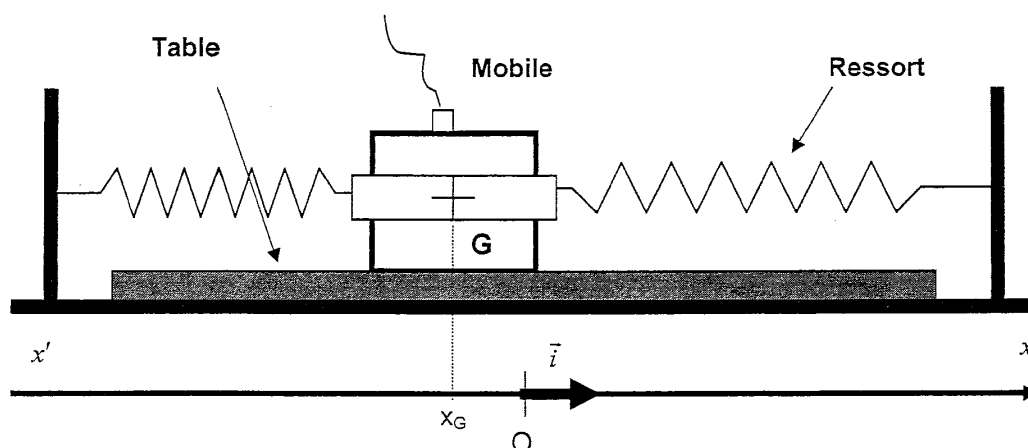
Les annexes 1 et 2 pages 10/11 et 11/11 sont à remettre avec la copie.

EXERCICE I : ÉTUDE EXPERIMENTALE D'UN OSCILLATEUR MECANIQUE (5 points)

Au cours d'une séance de travaux pratiques des élèves étudient le mouvement, sur une table horizontale, d'un mobile autoporteur de masse $m = 0,714 \text{ kg}$ relié à deux ressorts à spires non jointives et de masses négligeables.

Le mobile est initialement écarté de sa position d'équilibre et lancé avec une vitesse initiale V_0 . Le mouvement du mobile est filmé par les élèves. Les positions successives du centre d'inertie G du mobile sont repérées à l'aide d'un logiciel de pointage à partir de la date du lancement t_0 . Elles sont repérées sur un axe $x'x$ horizontal, orienté de gauche à droite. L'origine O de l'axe coïncide avec la position du centre d'inertie G lorsque le mobile est au repos. L'intervalle de temps séparant deux positions successives est $\tau = 80 \text{ ms}$.

Le schéma ci-dessous représente, à une date t quelconque, le dispositif expérimental utilisé ainsi que l'axe $x'x$.



On admettra que ce dispositif, constitué d'une masse et de deux ressorts, est équivalent à celui constitué de la même masse et d'un seul ressort de constante de raideur notée K .

1. Une première exploitation du pointage

Le tableau suivant donne les abscisses x_G des positions successives du centre d'inertie du mobile entre les dates t_{14} et t_{21} .

Position	14	15	16	17	18	19	20	21
Date t (en s)	1,12	1,20	1,28	1,36	1,44	1,52	1,60	1,68
Abscisse x_G (en m)	-0,119	-0,112	-0,096	-0,073	-0,046	-0,015	0,017	0,048

1.1 En exploitant numériquement les données du tableau précédent, un élève calcule la valeur de la vitesse à la date t_{17} . Il trouve $V_{G_{17}} = 0,31 \text{ m.s}^{-1}$. Calculer la valeur de la vitesse $V_{G_{19}}$ à la date t_{19} .

1.2 Exprimer le vecteur accélération $\vec{a}_{G_{18}}$ du mobile au passage du point G_{18} en fonction des vecteurs vitesses $\vec{V}_{G_{17}}$ et $\vec{V}_{G_{19}}$ et de l'intervalle de temps correspondant. Tous ces vecteurs étant colinéaires, vérifier que la valeur de l'accélération à la date t_{18} est égale à $0,50 \text{ m.s}^{-2}$.

1.3 La **figure 1** fournie en **ANNEXE 1 PAGE 10/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE**, représente le dispositif équivalent au dispositif expérimental (il ne comporte donc qu'un seul ressort de raideur K). Sur cette représentation, le ressort est comprimé. Les forces de frottements sont supposées négligeables.

SUR LA FIGURE 1 DE L'ANNEXE 1 PAGE 10/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE, représenter les trois forces qui s'exercent sur le mobile autoporteur sans considération d'échelle.

1.4 Parmi les propositions suivantes, choisir l'expression vectorielle de la force de rappel exercée par le ressort sur le mobile en fonction de l'abscisse x_G du centre d'inertie.

$$\vec{F} = K x_G \vec{i} \quad \text{ou} \quad \vec{F} = -K x_G \vec{i}$$

1.5

1.5.1 En projetant sur l'axe $x'x$ la relation entre vecteurs traduisant la seconde loi de Newton appliquée sur le mobile, établir la relation entre K , m , x et a_x (équation 1).

1.5.2 En reprenant les valeurs de l'abscisse et de l'accélération à la date t_{18} , en déduire une estimation de la valeur numérique de la constante de raideur K du ressort équivalent. *Donnée : $m = 0,714 \text{ kg}$*

2. La période propre de l'oscillateur

L'équation horaire du mouvement est de la forme générale :

$$x_G(t) = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi_0\right)$$

2.1 Nommer les deux grandeurs X_m et φ_0 .

2.2 Choisir l'expression correcte de la période propre parmi les suivantes. Justifier par une analyse dimensionnelle.

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{m \times K}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

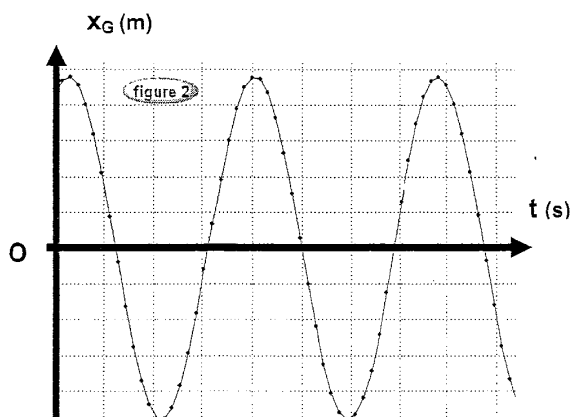
2.3 Les élèves mesurent la période des oscillations. Ils trouvent $T_0 = 1,88 \text{ s}$.

Déduire de cette mesure une nouvelle estimation de la valeur de K .

Rappel : $m = 0,714 \text{ kg}$

3. Les conditions initiales et l'énergie mécanique

La **figure 2** ci-dessous représente la courbe $x_G = f(t)$ obtenue par les élèves ainsi que le résultat de sa modélisation.



Résultat de la modélisation de la courbe $x_G = f(t)$:

$$x_G(t) = a \times \cos(b \times t + c)$$

Avec $a = 0,120 \text{ m}$
 $b = 3,34 \text{ rad.s}^{-1}$
 $c = -0,488 \text{ rad}$

3.1 Vérifier à l'aide du résultat de la modélisation que l'abscisse x_{G_0} du centre d'inertie du mobile à la date $t_0 = 0 \text{ s}$ est égale à 10,6 cm.

3.2 Toujours en utilisant le résultat de la modélisation, montrer que l'expression de la vitesse V_G en fonction du temps est donnée par :

$$V_G(t) = -0,401 \sin(3,34 t - 0,488) \quad (\text{ms}^{-1})$$

3.3 Calculer la valeur de la vitesse initiale $V_{G_0} = \left(\frac{dx_G}{dt} \right)_{t=0}$ communiquée au mobile.

Dans quel sens cette vitesse a-t-elle été communiquée ?

3.4 Soit E_m l'énergie mécanique du système {Mobile+Ressort}. La masse du ressort est négligeable.

3.4.1 Donner l'expression de l'énergie mécanique E_m en fonction de K , de m , de l'abscisse x_G et de la vitesse V_G du centre d'inertie du mobile.

3.4.2 La valeur de l'énergie mécanique à la date t_{17} pour laquelle $V_{G_{17}} = 0,31 \text{ m.s}^{-1}$ est $E_m = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ J}$. En utilisant le tableau de valeurs **page 2/11**, retrouver la valeur de la constante de raideur K .

3.4.3 L'énergie mécanique E_m du système se conserve-t-elle sur la durée de l'enregistrement ? Justifier (aucun calcul n'est demandé).

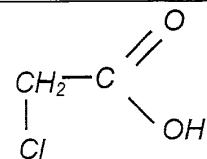
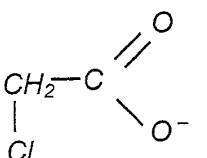
EXERCICE II : L'ELEMENT CHLORE (7 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Réactions totales ou partielles ?

Dans cette partie, on cherchera à comparer la réactivité avec l'eau de deux acides dont les molécules comportent l'élément chlore : l'acide monochloroéthanoïque et l'acide chlorhydrique.

L'ensemble des informations concernant le premier couple acido-basique étudié (acide monochloroéthanoïque / ion monochloroéthanoate) est regroupé dans le tableau ci-dessous.

	Formule brute	Formule semi-développée
acide monochloroéthanoïque	ClCH_2COOH	
ion monochloroéthanoate	$\text{ClCH}_2\text{COO}^-$	

La masse molaire de l'acide monochloroéthanoïque est égale à :

$$M(\text{ClCH}_2\text{COOH}) = 94,5 \text{ g.mol}^{-1}.$$

On a préparé une solution notée S_1 en dissolvant une masse $m_1 = 0,945 \text{ g}$ d'acide monochloroéthanoïque dans l'eau. Le volume de solution, après dissolution totale, est égal à $V_1 = 1,00 \text{ L}$. Le pH de cette solution vaut $\text{pH}_1 = 2,5$.

La concentration molaire en soluté apporté en acide monochloroéthanoïque dans cette solution S_1 est notée c_1 .

On a préparé une solution d'acide chlorhydrique notée S_2 en dissolvant une quantité de matière $n_2 = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de chlorure d'hydrogène gazeux dans l'eau. Le volume de solution après dissolution totale est égal à $V_2 = 100 \text{ mL}$. Le pH de cette solution vaut $\text{pH}_2 = 2,0$.

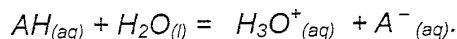
La concentration molaire en soluté apporté en acide chlorhydrique dans cette solution S_2 est notée c_2 .

1.1 Donner la définition d'un acide au sens de Brönsted.

1.2 Recopier sur la copie la formule semi-développée de l'acide monochloroéthanoïque. Entourer le groupe acide carboxylique présent dans cette molécule.

1.3 Montrer que les concentrations c_1 et c_2 sont égales.

1.4 On modélise la transformation chimique, entre chacun des deux acides et l'eau, par l'équation générale :



On considère un volume V de solution aqueuse d'un acide AH , de concentration molaire en soluté apporté c . On notera l'avancement x , l'avancement maximal x_{max} et l'avancement final x_f .

1.4.1 Compléter le tableau d'avancement, **SUR LE DOCUMENT 2 DE L'ANNEXE 1 PAGE 10/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE**, de la réaction de l'acide AH avec l'eau en le complétant avec les grandeurs c , V , x , x_{max} et x_f .

1.4.2 Exprimer la quantité de matière finale en ion oxonium en fonction du pH et du volume V .

1.4.3 Définir le taux d'avancement final (ou à l'équilibre) noté τ .

1.4.4 Montrer que le taux d'avancement s'écrit :

$$\tau = \frac{10^{-pH}}{c}$$

1.4.5 En déduire les valeurs τ_1 et τ_2 du taux d'avancement final de chacune des deux réactions associées aux transformations donnant les solutions S_1 et S_2 .

1.4.6 Conclure sur la réactivité avec l'eau de ces deux acides étudiés.

2. Datation d'une carotte glaciaire

Informations générales :

Le chlore possède plusieurs isotopes dont trois seulement existent à l'état naturel : le chlore 35 (symbole : $^{35}_{17}\text{Cl}$), le chlore 37 ($^{37}_{17}\text{Cl}$) et le chlore 36 ($^{36}_{17}\text{Cl}$).

Les deux premiers sont stables alors que le chlore 36 est radioactif.

Dans les eaux de surface (mers, lacs) le chlore 36 est constamment renouvelé et la teneur en chlore 36 reste constante au cours du temps. Cette constatation permet de nous donner une référence.

Dans la glace à plusieurs mètres sous la surface, le renouvellement n'existe plus et la proportion en chlore 36 par rapport à tous les noyaux de chlore présent initialement diminue au cours du temps.

La connaissance du temps de demi-vie du chlore 36 ($t_{1/2} = 3,08 \cdot 10^5$ ans) et de sa teneur dans un échantillon de glace permet de dater celui-ci.

On note : $N(t)$, le nombre de noyaux de chlore 36 présents à la date t .

N_0 , le nombre de noyaux de chlore 36 présents initialement.

λ , la constante radioactive de ce radioélément.

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

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

2.1 Donner la composition du noyau de chlore 36.

2.2 Donner la définition du terme « isotope ».

2.3 Donner la définition d'un noyau radioactif.

2.4 La réaction de désintégration du chlore 36 donne un noyau d'argon stable de symbole : $^{36}_{18}\text{Ar}$.

2.4.1 Donner l'équation de la désintégration d'un noyau de chlore 36 en indiquant les lois de conservation utilisées.

2.4.2 Donner le nom de la particule émise et le nom du type de radioactivité mis en jeu.

2.5 Donner l'expression de la loi de décroissance, c'est à dire l'expression de $N(t)$ en fonction de N_0 et de t .

2.6 Donner la définition du temps de demi-vie.

2.7 Calculer la valeur de la constante radioactive.

2.8 On cherche à déterminer l'âge t_1 d'un échantillon de glace de masse m prélevé dans une carotte glaciaire de l'Arctique et pour lequel il n'y a plus que 75 % de noyaux de chlore 36 par rapport à un échantillon récent de même masse.

2.8.1 Donner la valeur du rapport $\frac{N(t_1)}{N_0}$ pour le morceau de glace étudié.

2.8.2 À l'aide de la loi de décroissance, montrer que l'âge t_1 de l'échantillon s'exprime par :

$$t_1 = -\frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{N(t_1)}{N_0} \right)$$

2.8.3 Déterminer l'âge t_1 de l'échantillon de glace de l'Arctique.

2.8.4 La glace contient également des bulles de dioxyde de carbone CO_2 . Lors de la formation de la glace, le carbone de ces molécules est composé d'isotopes de carbone 12 et de carbone 14 radioactif. On suppose qu'une fois piégé le dioxyde de carbone ne se renouvelle pas.

Pourquoi ne pas avoir utilisé la datation au carbone 14 de demi-vie 5 700 ans pour dater cet échantillon ?

EXERCICE III : SUIVI SPECTROPHOTOMETRIQUE (4 points)

L'ion permanganate MnO_4^- réagit avec l'acide oxalique $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ en milieu acide au cours d'une transformation modélisée par l'équation chimique suivante :



La transformation sera considérée comme totale. Toutes les espèces chimiques intervenant dans cette réaction sont incolores, sauf l'ion permanganate.

On mélange un volume $V_1 = 1,00 \text{ mL}$ de la solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration molaire en soluté $c_1 = 9,50 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, acidifiée en excès par de l'acide sulfurique, à un volume $V_2 = 1,00 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide oxalique de concentration molaire en soluté $c_2 = 2,50 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On désignera par $V = V_1 + V_2$ le volume total du mélange réactionnel. Ce volume reste constant au cours de la transformation étudiée. Il en est de même pour la température.

1. Réaction d'oxydoréduction

On rappelle que l'ion permanganate MnO_4^- intervient dans le couple $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$.

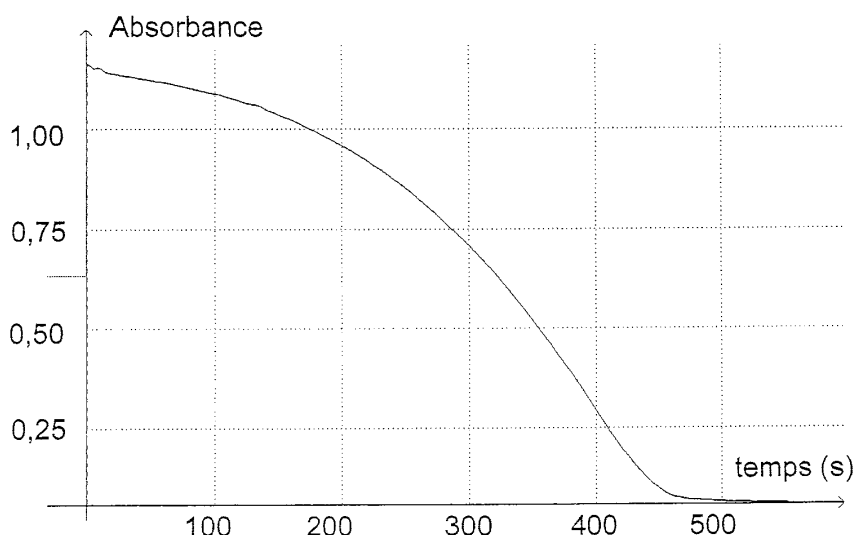
1.1 Écrire la demi-équation électronique de ce couple intervenant dans la **réaction 1**.

1.2 Quel est l'oxydant de ce couple ? Justifier.

1.3 L'espèce conjuguée de l'acide oxalique est le dioxyde de carbone CO_2 .

Écrire la demi-équation électronique de ce 2^{ème} couple intervenant dans la **réaction 1**.

La transformation chimique étant lente, on peut suivre son évolution à l'aide d'un spectrophotomètre relié à un ordinateur, en mesurant l'absorbance A du mélange réactionnel en fonction du temps (courbe suivante).



2. Étude de la réaction

À partir de l'absorbance de la solution, il est possible d'en déduire l'avancement x de la réaction en fonction du temps (voir tableau ci-dessous) :

date t (s)	0	200	400	500	550	600	650
Avancement x ($\times 10^{-9}$ mol)	0	88,9	374	472	475	475	475

On peut ainsi tracer l'avancement en fonction du temps $x = f(t)$ (SUR LE DOCUMENT 3 DE L'ANNEXE 2 PAGE 11/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE).

2.1 L'absorbance du mélange réactionnel étant nulle dans l'état final, identifier sans calcul le réactif limitant. Justifier.

2.2 En utilisant le tableau ci-dessus, déterminer la valeur de l'avancement final x_f .

2.3 Exprimer la quantité de matière en ion Mn^{2+} dans l'état final en fonction de x_f , et calculer sa valeur. (On pourra s'aider d'un tableau d'avancement).

2.4 En déduire la valeur de la concentration molaire en ion Mn^{2+} produit lors de cette réaction chimique.

2.5 Définir le temps de demi-réaction. Déterminer sa valeur et montrer graphiquement comment l'obtenir **SUR LE DOCUMENT 3 DE L'ANNEXE 2 PAGE 11/11 À REMETTRE AVEC LA COPIE.**

2.6 Après avoir rappelé la définition de la vitesse volumique de réaction, expliquer pourquoi, dans le cas de la **réaction 1** étudiée, cette vitesse volumique de réaction est proportionnelle à la dérivée de l'avancement par rapport au temps.

2.7 On rappelle le résultat du cours suivant :

« À température constante, la vitesse volumique de réaction augmente en général avec la concentration des réactifs. »

Décrire l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours du temps dans le cas général. Justifier.

2.8 En s'appuyant sur le graphe **ANNEXE 2 document 3 page 11/11**, décrire l'évolution de la vitesse volumique de réaction au cours du temps dans le cas particulier de la réaction étudiée dans cet exercice (**réaction 1**). Cette évolution est-elle conforme au résultat général donné en **2.7** ?

2.9 On fait l'hypothèse que l'un des produits formés au cours de la **réaction 1** est un catalyseur.

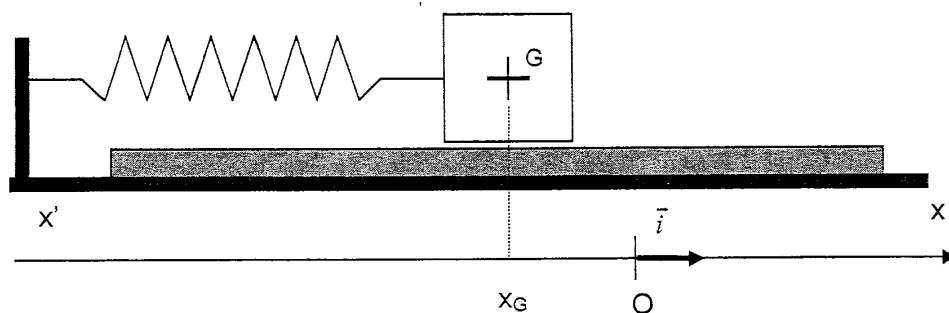
2.9.1 Rappeler le rôle d'un catalyseur.

2.9.2 En quoi cette hypothèse permet-elle d'expliquer une éventuelle différence entre le résultat du cours donné à la **question 2.7** et celui trouvé à la **question 2.8** ?

ANNEXE 1

(à remettre avec la copie)

Exercice I Figure 1



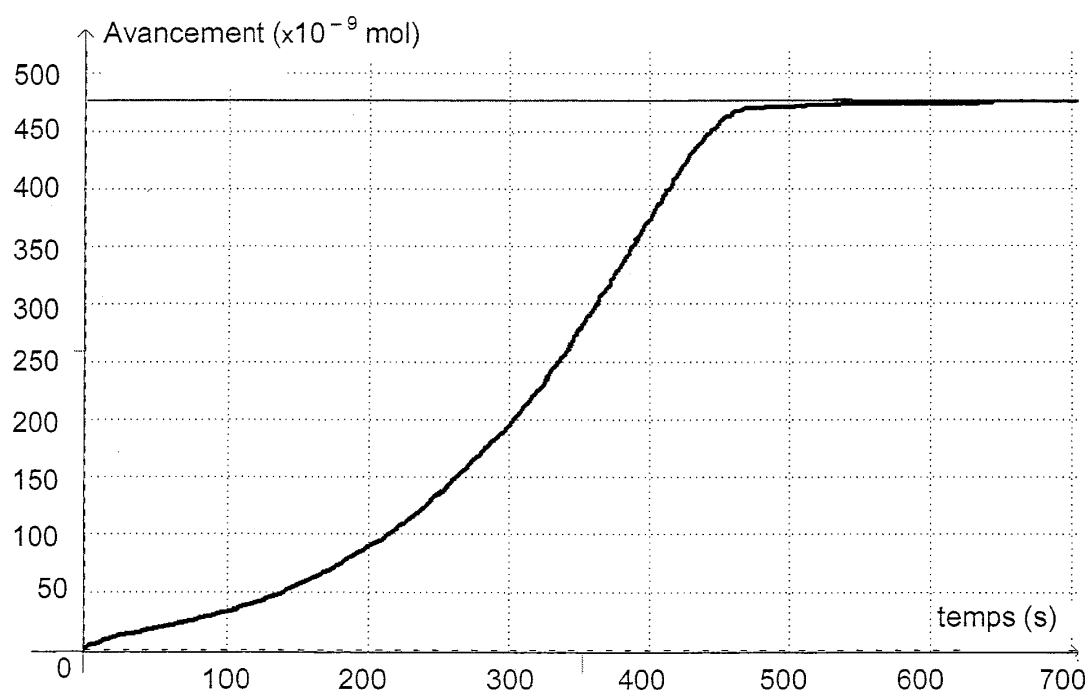
Exercice II Document 2

Équation chimique		$AH_{(aq)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$			
État du système	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)			
État initial	$x = 0$	cV		0	0
État en cours de transformation	$x(t)$				
État final	x_f				
État d'avancement maximal	x_{max}				

ANNEXE 2
(à remettre avec la copie)

Exercice III Document 3

Courbe $x = f(t)$



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE-CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 11 pages numérotées de 1 à 11, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexes (pages 9 à 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 :

- I. Un cycliste écologiste (6,5 points)
- II. Un toboggan de plage (5,5 points)
- III. L'eau distillée et son pH (4 points)

EXERCICE I. UN CYCLISTE ÉCOLOGISTE (6,5 points)

Philippe, soucieux de l'avenir de notre planète, fait la plupart de ses déplacements à vélo.

Un jour son grand-père l'interpelle : « tu sais que les piles salines de ton éclairage sont polluantes et ont une durée de vie limitée ? »

Philippe, un peu penaud, répond « oui, bien sûr, mais comment faire autrement ? »

- et bien il faut utiliser une dynamo pardi !

- j'y ai bien pensé grand-père mais cela ne donne de la lumière que quand on roule. C'est un peu dangereux !

- oh, il doit bien y avoir une solution... toi qui es si fort en physique, tu peux sans doute trouver une solution !



Partie A : étude de la pile saline utilisée par Philippe

1. Fonctionnement de la pile

1.1. Dans la pile saline utilisée par Philippe l'équation de la réaction se produisant à une des deux électrodes est : $\text{Zn} = \text{Zn}^{2+} + 2 e^-$.
Cette électrode est-elle l'anode ou la cathode ? Justifier la réponse.

1.2. Le couple mis en jeu à la seconde électrode est $\text{MnO}_2 / \text{MnO}_2\text{H}$.
Écrire l'équation de la réaction ayant lieu à cette électrode.

1.3. En déduire l'équation globale de fonctionnement de la pile.

2. Usure de la pile

2.1. Le constructeur de la pile indique la quantité maximale d'électricité que peut débiter la pile en ampère-heure : $Q_{\text{max}} = 1,35 \text{ Ah}$. Donnée : 1 Ah correspond à $3,60 \times 10^3 \text{ C}$.
Si l'intensité I du courant débité par la pile de Philippe est égale à 90,0 mA, déterminer la durée maximale t_{max} de fonctionnement de la pile.

2.2. Déterminer la quantité d'électrons $n(e^-)$ mise en jeu pendant la durée t_{max} .
Donnée : constante de Faraday : $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$.

2.3. En déduire la masse m de zinc consommée pendant cette même durée t_{max} .
Donnée : $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$.

Partie B : tentative de remplacement des piles

Philippe étudie le problème et réunit les renseignements suivants :

- une dynamo (ou alternateur) est un générateur de tension alternative uniquement quand le vélo roule.
- un circuit électrique (qui ne sera pas étudié dans cet exercice) permet de transformer la tension alternative en tension continue.
- on peut stocker de l'énergie dans un condensateur et ensuite utiliser cette énergie stockée pour faire briller une lampe.

La charge du condensateur se fait pendant que le vélo roule et ne pose pas de problème particulier. Quand le vélo s'arrête, un circuit électronique permet de commencer la décharge du condensateur dans la lampe.

Première partie : étude expérimentale de la décharge d'un condensateur

Pour savoir si son idée est utilisable, Philippe décide de tester la décharge d'un condensateur de capacité $C = 1,0 \mu\text{F}$ dans une lampe.

Remarque : on considère que la lampe à incandescence se comporte pratiquement comme un conducteur ohmique de résistance constante et de faible valeur (22Ω) ; elle sera donc notée R dans la suite de l'exercice.

Le schéma du document 1 de l'**annexe page 9 à rendre avec la copie** représente une partie du circuit utilisé par Philippe (celle qui correspond à la décharge du condensateur).

On n'étudiera pas la charge du condensateur et on considèrera qu'à l'instant $t = 0$, le condensateur est chargé de telle manière que $u_C(0) = 6,0 \text{ V}$.

1. Sur le document 1 de l'**annexe page 9 à rendre avec la copie**, représenter en convention récepteur la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique ainsi que la tension u_C aux bornes du condensateur.
2. *Philippe souhaite tracer la courbe $u_C = f(t)$ grâce à un système informatisé (carte d'acquisition et logiciel adapté).*
Sur le document 1 de l'**annexe page 9 à rendre avec la copie**, indiquer les branchements à réaliser pour enregistrer la courbe $u_C = f(t)$ sur la voie 0 de l'interface notée EA0.
3. Philippe utilise ensuite le logiciel pour calculer et tracer la courbe $|i| = f(t)$. Les courbes obtenues sont données en **annexe pages 9 et 10 à rendre avec la copie (documents 2 et 3)**.
 - 3.1. À partir du document 2 de l'**annexe page 9 à rendre avec la copie**, déterminer la valeur expérimentale de la constante de temps τ du circuit en faisant apparaître les tracés.
 - 3.2. Valeur théorique de la constante de temps τ
 - 3.2.1. Énoncer la relation qui permet de calculer la constante de temps τ de ce type de circuit.
 - 3.2.2. Vérifier que τ est homogène à un temps grâce à une analyse dimensionnelle.
 - 3.2.3. Calculer la valeur théorique de la constante de temps τ de ce circuit.
 - 3.3. Est-ce que la valeur expérimentale de la constante de temps déterminée à la question 3.1. est en accord avec la valeur théorique trouvée à la question 3.2.3 ?
 - 3.4. *La décharge du condensateur dans la lampe d'éclairage du vélo doit permettre d'avoir de la lumière à l'arrêt pendant au moins 3 minutes (durée du feu au bout de la rue de Philippe).*
Philippe a testé sa lampe et il sait qu'elle brille correctement si la valeur absolue de l'intensité du courant est supérieure ou égale à 80 mA .
À l'aide du **document 3 de l'annexe page 10 à rendre avec la copie** expliquer pourquoi le condensateur utilisé ne convient pas.

Deuxième partie : étude théorique de la décharge d'un condensateur

Philippe a trouvé sur internet une publicité pour des « super-condensateurs » capables de stocker une grande quantité d'énergie. Avant d'acheter un super-condensateur, Philippe veut savoir s'il convient. Il fait donc une étude théorique.

1. Aspect énergétique

- 1.1. Donner l'expression de l'énergie stockée dans un condensateur puis calculer sa valeur dans le cas d'un super condensateur de capacité $C' = 1,0 \text{ F}$ chargé sous une tension $u_C = 6,0 \text{ V}$.
- 1.2. Comparer cette valeur avec celle de l'énergie stockée dans le condensateur utilisé dans la première partie ($C = 1,0 \mu\text{F}$) et conclure.

2. Étude de la décharge du super-condensateur dans la lampe

- 2.1. Expression littérale de l'intensité du courant en fonction du temps : $i = f(t)$.

Le montage étudié est toujours celui du document 1 de l'annexe page 9 à rendre avec la copie et on a toujours $u_C(0) = 6,0 \text{ V}$.

2.1.1. Dans ce montage, quelle est la relation qui existe entre les tensions u_C et u_R ?

2.1.2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C .

2.1.3. Une solution de cette équation différentielle est du type : $u_C(t) = A.e^{\frac{-t}{\tau}}$ où A est une constante à déterminer.

Déterminer la valeur de A pour ce montage.

2.1.4. Montrer que $i(t) = -0,27.e^{\frac{-t}{22}}$ (toutes les unités étant exprimées dans les unités du système international).

- 2.2. Étude de la courbe $|i| = f(t)$.

Philippe trace la courbe $|i| = f(t)$ à l'aide d'un tableur. Il obtient la courbe donnée en annexe page 10 à rendre avec la copie (document 4).

Ce super-condensateur convient-il ? Justifier.

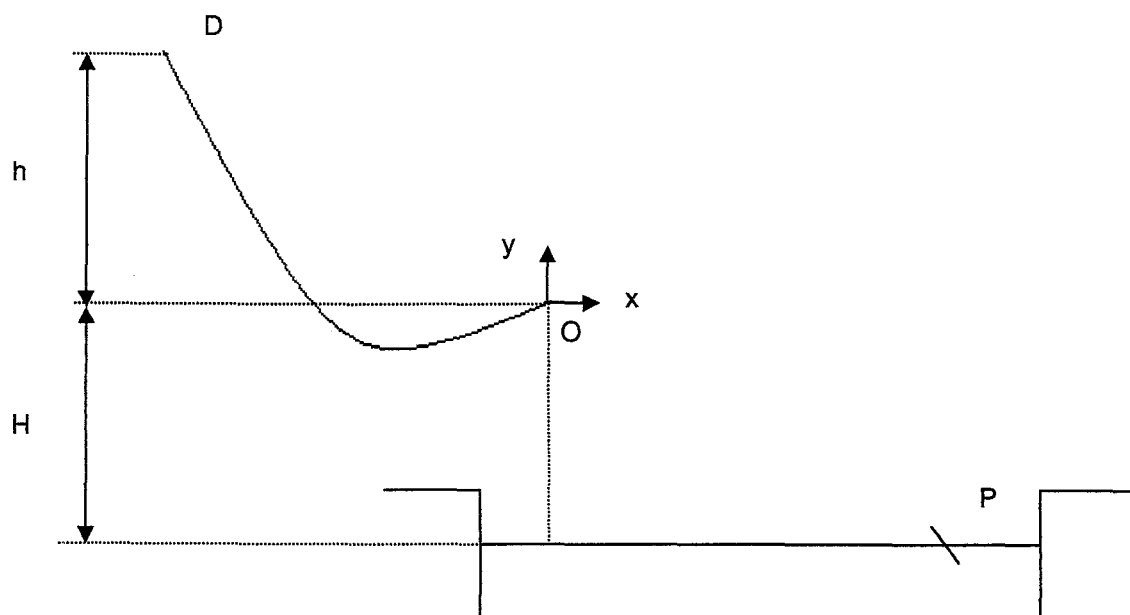
Remarque : on rappelle que la décharge du condensateur dans la lampe d'éclairage du vélo doit permettre d'avoir de la lumière à l'arrêt pendant au moins 3 minutes (durée du feu au bout de la rue de Philippe) et que la lampe brille correctement si la valeur absolue de l'intensité du courant est supérieure ou égale à 80 mA.

EXERCICE II. UN TOBOGGAN DE PLAGE (5,5 points)

Un enfant glisse le long d'un toboggan de plage dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Pour l'exercice, l'enfant sera assimilé à un point matériel G et on négligera tout type de frottement ainsi que toutes les actions dues à l'air.

Un toboggan de plage est constitué par :

- une piste DO qui permet à un enfant partant de D **sans vitesse initiale** d'atteindre le point O avec un vecteur vitesse $\vec{V}_0$ faisant un angle α avec l'horizontale ;
- une piscine de réception : la surface de l'eau se trouve à une distance H au dessous de O .



Données :

- Masse de l'enfant : $m = 35 \text{ kg}$;
- Intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$;
- Dénivellation $h = 5,0 \text{ m}$;
- Hauteur $H = 0,50 \text{ m}$;
- Angle $\alpha = 30^\circ$;
- On choisit l'altitude du point O comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur de l'enfant ; $E_{ppO} = 0$ pour $y_0 = 0$.

1. Mouvement de l'enfant entre D et O

- 1.1. Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp_D} de l'enfant au point D.
- 1.2. Donner l'expression de l'énergie mécanique Em_D de l'enfant au point D.
- 1.3. Donner l'expression de l'énergie mécanique Em_O de l'enfant au point O.
- 1.4. En déduire l'expression de la vitesse v_O en justifiant le raisonnement.
- 1.5. Calculer la valeur de la vitesse v_O de l'enfant en O.
- 1.6. En réalité, la vitesse en ce point est nettement inférieure et vaut $5,0 \text{ m.s}^{-1}$. Comment expliquez-vous cette différence ?

2. Étude de la chute de l'enfant dans l'eau

En O, origine du mouvement dans cette partie, on prendra $v_O = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$.

- 2.1. Énoncer la deuxième loi de Newton.
- 2.2. Appliquer la deuxième loi de Newton à l'enfant une fois qu'il a quitté le point O.
- 2.3. Déterminer l'expression des composantes $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération dans le repère Oxy.
- 2.4. Déterminer l'expression des composantes $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse dans le repère Oxy.
- 2.5. Déterminer l'expression des composantes $x(t)$ et $y(t)$ du vecteur position dans le repère Oxy.
- 2.6. Montrer que l'expression de la trajectoire de l'enfant notée $y(x)$ a pour expression :

$$y(x) = -\frac{1}{2}g \frac{x^2}{v_O^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha.$$
- 2.7. En déduire la valeur de l'abscisse x_P du point d'impact P de l'enfant dans l'eau.

EXERCICE III. L'EAU DISTILLÉE ET SON pH (4 points)

Le but de cet exercice est de comprendre pourquoi le pH d'une eau distillée laissée à l'air libre diminue.

1. pH de l'eau pure à 25 °C

- 1.1. Dans toute solution aqueuse se produit la réaction d'autoprotolyse de l'eau.
Écrire l'équation de cette réaction.
- 1.2. Exprimer la constante d'équilibre K_e associée à l'équation précédente. Quel nom donne-t-on à cette constante K_e ?
- 1.3. À 25°C, des mesures de conductivité électrique montrent que pour de l'eau pure :
 $[H_3O^+]_{\text{éq}} = [HO^-]_{\text{éq}} = 1,0 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$.
 - 1.3.1. Calculer la valeur de K_e à 25 °C .
 - 1.3.2. Calculer la valeur du pH de l'eau pure à 25 °C .

2. Eau distillée laissée à l'air libre

De l'eau fraîchement distillée et laissée quelque temps à l'air libre dans un bécher, à 25 °C, voit son pH diminuer progressivement puis se stabiliser à la valeur de 5,7. La dissolution lente et progressive dans l'eau distillée du dioxyde de carbone présent dans l'air permet d'expliquer cette diminution du pH. Un équilibre s'établit entre le dioxyde de carbone présent dans l'air et celui qui est dissous dans l'eau distillée noté CO_2 , H_2O .

Dans la suite de l'exercice on ne tiendra pas compte de la réaction entre les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq) et l'eau.

Le couple dioxyde de carbone dissous / ion hydrogénocarbonate est CO_2 , H_2O / HCO_3^- (aq).

- 2.1. L'équation de la réaction entre le dioxyde de carbone dissous et l'eau s'écrit :

$$CO_2, H_2O + H_2O(\ell) = HCO_3^-(aq) + H_3O^+.$$
 Écrire les couples acido-basiques mis en jeu dans cette équation.
- 2.2. Exprimer la constante d'acidité K_A associée à l'équation précédente.
- 2.3. Montrer qu'à partir de l'expression de K_A on peut écrire :

$$pH = pK_A + \log ([HCO_3^-]_{\text{éq}} / [CO_2, H_2O]_{\text{éq}}) \quad \text{relation (1)}$$
- 2.4. Sachant que $pK_A = 6,4$ et en utilisant la relation (1), calculer la valeur du quotient $[HCO_3^-]_{\text{éq}} / [CO_2, H_2O]_{\text{éq}}$ pour de l'eau distillée de pH = 5,7. Parmi les espèces CO_2 , H_2O et HCO_3^- (aq) quelle est celle qui prédomine dans de l'eau distillée de pH = 5,7 ? Justifier.
- 2.5. Tracer le diagramme de prédominance des espèces CO_2 , H_2O et HCO_3^- (aq).
- 2.6. Tableau d'avancement
 - 2.6.1. Compléter littéralement le tableau d'avancement molaire donné en **annexe page 11 à rendre avec la copie** en fonction de V (volume considéré d'eau distillée) et de c (concentration molaire apportée en dioxyde de carbone de l'eau distillée).
 - 2.6.2. Quelle est la relation entre $[HCO_3^-]_{\text{éq}}$ et $[H_3O^+]_{\text{éq}}$? En déduire la valeur de $[HCO_3^-]_{\text{éq}}$.

2.6.3. Déterminer la valeur de $[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}}$ en utilisant l'expression de la constante d'acidité établie à la question 2.2.

2.6.4. En déduire la valeur de c.

3. Influence de la composition atmosphérique

- 3.1. Dans un mélange gazeux, comme l'air, chacun des gaz qui le constitue contribue à la pression du mélange proportionnellement à sa quantité de matière. C'est la pression partielle du gaz considéré.

Exemple : si l'air contient en quantité 20 % de dioxygène alors la pression partielle du dioxygène, notée p_{O_2} , vaut 20 % de la pression de l'air.

L'atmosphère terrestre possède actuellement un pourcentage moyen en quantité de CO_2 de 0,038 %.

Pour une pression atmosphérique de $1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$, à quelle pression partielle p_{CO_2} de CO_2 ce pourcentage moyen correspond-il ?

- 3.2. La concentration d'un gaz dissous dans l'eau est proportionnelle à sa pression partielle quand l'équilibre du système chimique est atteint. Dans le cas du dioxyde de carbone on a :

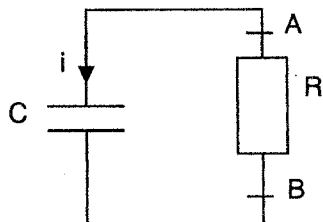
$$[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}} = k p_{\text{CO}_2} \text{ avec } k = 3,4 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}.\text{Pa}^{-1}.$$

Pour un pourcentage moyen en quantité de CO_2 de 0,038 % et pour une pression atmosphérique de $1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$, calculer la valeur de la concentration $[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}}$ dans une solution aqueuse quand l'équilibre entre le dioxyde de carbone atmosphérique et le dioxyde de carbone dissous est atteint.

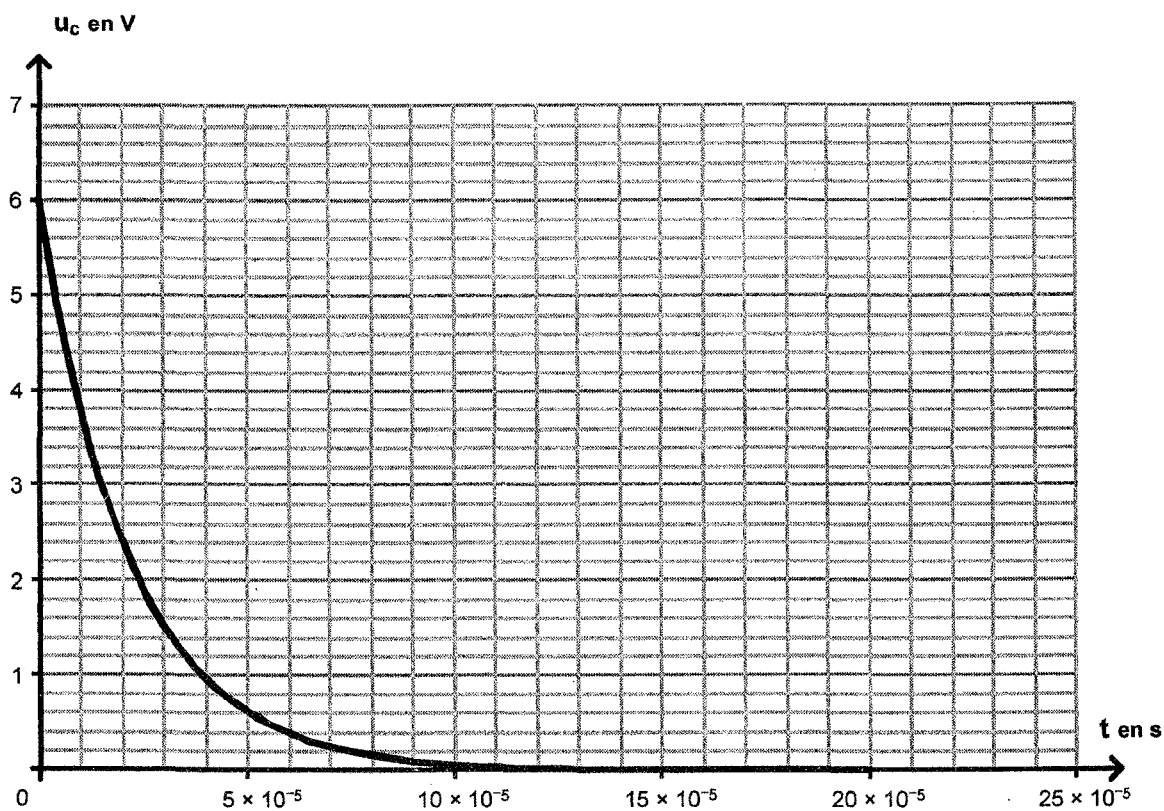
- 3.3. En comparant la valeur précédente à celle obtenue à la question 2.6.3., indiquer sans calcul si l'air du laboratoire où a eu lieu la préparation de l'eau distillée possède un pourcentage en dioxyde de carbone plus petit ou plus grand que 0,038 %.

ANNEXE DE L'EXERCICE I (À RENDRE AVEC LA COPIE)

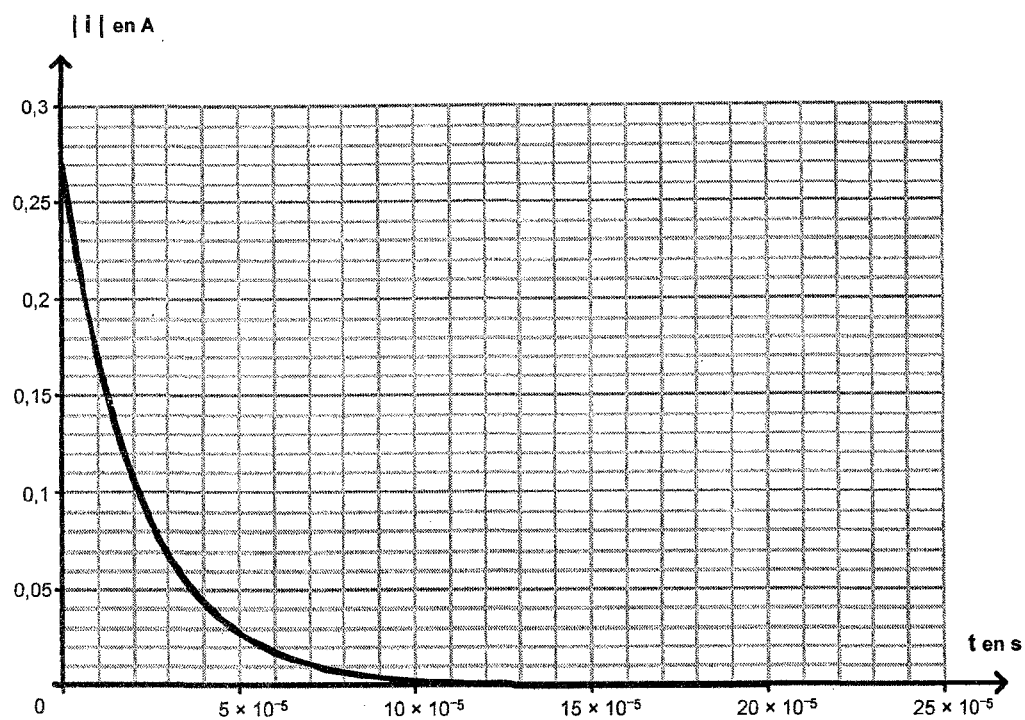
Document 1 : schéma d'une partie du circuit utilisé par Philippe (partie correspondant à la décharge du condensateur).



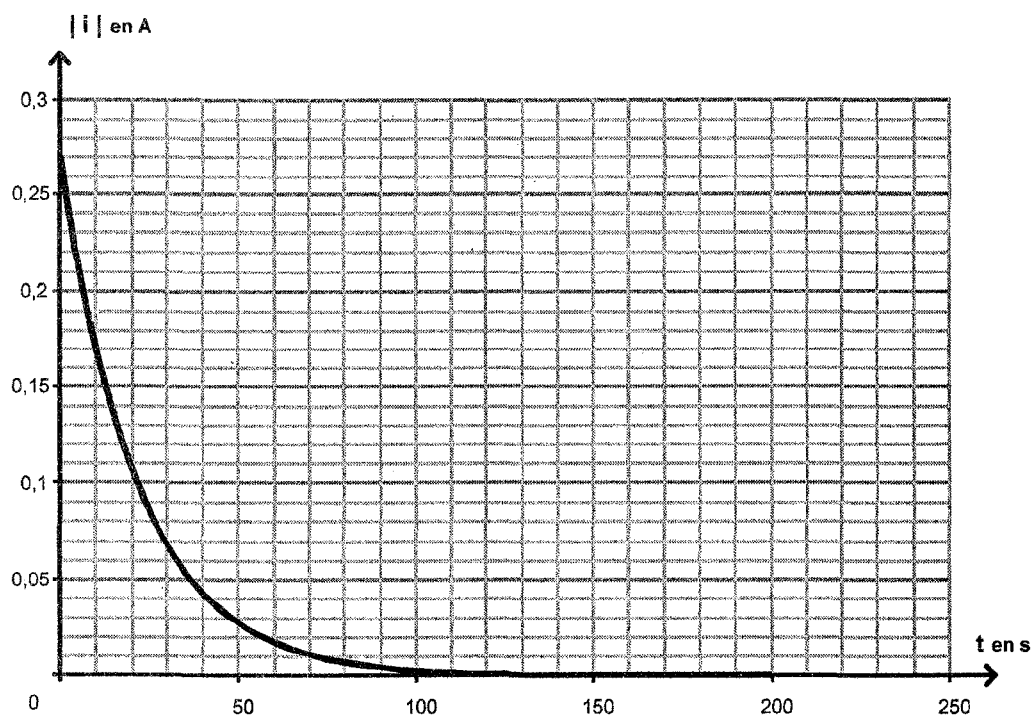
Document 2 : courbe expérimentale $u_C = f(t)$.



Document 3 : courbe expérimentale : $|i| = f(t)$ pour $R = 22\Omega$ et $C = 1,0 \mu F$.



Document 4 : courbe théorique $|i| = f(t)$ pour $R = 22\Omega$ et $C = 1,0 F$.



ANNEXE DE L'EXERCICE III

Question 2.6.1.

Équation de la réaction		$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} (\ell) = \text{HCO}_3^- (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+$			
État du système chimique	Avancement (mol)				
État initial (mol)	0		solvant	0	0
État intermédiaire (mol)	x		solvant		
État final (à l'équilibre) (mol)	$x_{\text{éq}}$		solvant		

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexes (pages 8 à 12) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE même si elles n'ont pas été complétées.

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

- I. **Le parfum de pomme (6,5 points)**
- II. **Observation des satellites de Neptune par la sonde Voyager 2 (5,5 points)**
- III. **Autour d'un texte de Brahic (4 points)**

EXERCICE I : LE PARFUM DE POMME (6,5 points)

Les arômes alimentaires font intervenir de nombreux composés chimiques naturels ou synthétiques. À titre d'exemple, le butanoate d'éthyle a l'odeur de l'ananas, le butanoate d'isoamyle a celle de la poire,...

© Encyclopaedia Universalis (extrait)

L'objet de cet exercice est d'étudier la réaction conduisant au butanoate de méthyle qui a un parfum de pomme.

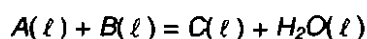
Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. Étude théorique

- 1.1. Sur la figure 1 de l'**ANNEXE page 8 à rendre avec la copie**, entourer puis nommer la fonction chimique présente dans cette molécule.
- 1.2. *Le butanoate de méthyle est obtenu en faisant réagir deux espèces chimiques A et B. Le réactif B est un acide carboxylique.* Quelle est la famille organique du réactif A ?
- 1.3. Donner les formules semi-développées ainsi que les noms des réactifs A et B.
- 1.4. En déduire l'équation de la réaction chimique modélisant cette synthèse.
- 1.5. Quel est le nom de cette synthèse chimique ?

2. Étude cinétique

Dans cette partie, l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique étudiée sera écrite sous la forme :



où C est le butanoate de méthyle.

- 2.1. *À l'instant initial, on mélange une quantité $n_{0,A} = 1,0$ mol du réactif A avec une quantité $n_{0,B} = 1,0$ mol de réactif B. Le milieu réactionnel est maintenu à une température constante de 25°C .*

2.1.1. En utilisant les notations imposées par l'énoncé, compléter le tableau d'avancement 1 de l'**ANNEXE page 8 à rendre avec la copie**.

2.1.2. Établir la relation entre la quantité de matière n_C de butanoate de méthyle et la quantité de matière d'acide carboxylique n_B , toutes deux prises dans un état intermédiaire quelconque et la quantité de matière d'acide carboxylique $n_{0,B}$ introduite initialement.

2.1.3. À l'aide de la relation précédente, compléter le tableau 2 de l'**ANNEXE page 8 à rendre avec la copie** en calculant la quantité de matière n_C de butanoate de méthyle formé pour différentes valeurs de l'avancement.

2.1.4. *Les mesures expérimentales ont permis de déterminer les quantités de matière d'acide carboxylique et de butanoate de méthyle présentes au cours de la synthèse.*

À l'aide du graphique de la figure 2 de l'**ANNEXE page 9 à rendre avec la copie**, identifier, en justifiant, la courbe représentant l'évolution de la quantité de matière d'acide carboxylique au cours du temps et la courbe représentant l'évolution de la quantité de matière de butanoate de méthyle.

- 2.2. Donner l'expression du taux d'avancement final de la réaction étudiée, puis calculer sa valeur numérique.
- 2.3. La vitesse volumique v de la réaction est donnée par la relation suivante : $v = \frac{1}{V_{\text{tot}}} \frac{dx}{dt}$, V_{tot} étant le volume du mélange réactionnel et x l'avancement de la réaction.
- 2.3.1. Établir l'expression de v en fonction de V_{tot} et n_C .
- 2.3.2. À l'aide de l'une des deux courbes de la figure 2 de l'**ANNEXE page 9 à rendre avec la copie**, expliquer comment évolue cette vitesse volumique au cours du temps. Justifier la réponse.
- 2.4. Définir puis déterminer la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$ à l'aide de l'une des courbes données en figure 2 de l'**ANNEXE page 9 à rendre avec la copie**.
- 2.5. À la température ambiante, la réaction précédente peut durer plusieurs mois, durée rendant cette synthèse inintéressante pour une application industrielle.
- 2.5.1. Sans changer la nature des réactifs, proposer une méthode pour écourter la durée de cette synthèse.
- 2.5.2. Sur la figure 2 de l'**ANNEXE page 9 à rendre avec la copie**, tracer à la main l'allure en fonction du temps de la courbe de la quantité de matière n_C de butanoate de méthyle qui sera alors obtenue.

3. Dosage de l'acide carboxylique

Dans cette partie, l'acide carboxylique sera noté AH.

À la fin de la réaction, on désire connaître la quantité d'acide carboxylique restant dans le milieu réactionnel.

Pour cela, on prélève un volume V de la solution qui correspond à un dixième du volume total. On notera $n_0(\text{AH})$ la quantité de matière d'acide carboxylique contenue dans ce prélèvement. La solution titrante est une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$ de concentration $C_b = 2,0 \text{ mol.L}^{-1}$. Les ions $\text{Na}^+(\text{aq})$ sont spectateurs.

Le volume versé à l'équivalence pour doser l'acide carboxylique restant est de $V_E = 17,0 \text{ mL}$.

- 3.1. Écrire l'équation de la réaction qui a lieu lors du dosage.
- 3.2. Définir la notion d'équivalence.
- 3.3. En respectant les notations imposées par l'énoncé, compléter le tableau d'avancement 3 correspondant à l'équivalence de l'**ANNEXE page 10 à rendre avec la copie**.
- 3.4. En déduire la quantité de matière d'acide carboxylique AH $n_0(\text{AH})$ dosée.
- 3.5. En déduire la quantité de matière totale d'acide carboxylique AH restant dans le milieu réactionnel (avant le dosage) à la fin de la réaction.
- 3.6. Le résultat est-il compatible avec les données de la **courbe 2** ? Justifier la réponse.
- 3.7. On désire rendre la réaction de synthèse totale. Cocher dans le tableau 4 de l'**ANNEXE page 10 à rendre avec la copie** la ou les propositions le permettant.

EXERCICE II : OBSERVATION DES SATELLITES DE NEPTUNE PAR LA SONDE VOYAGER 2 (5,5 points)

Neptune est le dernier et le plus lointain des mondes géants que la sonde Voyager 2 nous fit découvrir. Cette planète porte le nom du dieu romain de la mer. Les photographies de la planète, par leur couleur bleu sombre, justifient pleinement cette association avec la mer.

Voyager 2 survola Neptune et ses satellites les 24 et 25 août 1989.

Neptune possède plusieurs satellites : Triton et Néréide figurent parmi les satellites les mieux connus. William Lassell a découvert Triton un mois après la découverte de la planète. C'est un satellite gros comme la Lune ; il mesure environ 4 200 km de diamètre. Il fait partie des plus gros satellites du système solaire après Ganymède, Titân et Callisto. L'orbite de Triton est circulaire autour du centre de Neptune.

Découvert en 1949, Néréide est au contraire assez petit (320 km de diamètre) et a une orbite très elliptique, la plus allongée de tous les satellites. Néréide met 360 jours pour boucler son orbite.

Voyager 2 a permis de localiser six nouveaux satellites entre Neptune et Triton.

D'après un article publié sur le site du Club Astro Antares.

Données :

Neptune : masse : $M_N = 1,025 \times 10^{26}$ kg

Triton : masse : $M_t = 2,147 \times 10^{22}$ kg

rayon orbital : $R_t = 3,547 \times 10^6$ km

période de révolution : $T_{rev} = 5,877$ jours solaires

période de rotation : $T_{rot} = 5,877$ jours solaires

vitesse orbitale : $v_0 = 4$ km.s⁻¹.

Néréide : demi-longueur du grand-axe : $a = 5513 \times 10^3$ km

Constante de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ m³.kg⁻¹.s⁻²

1 jour solaire = 86 400 s.

Dans tout l'exercice, on considère que la planète Neptune et ses satellites sont des corps dont la répartition des masses est à symétrie sphérique. Les rayons ou les demi-grands-axes des orbites sont supposés grands devant les dimensions de Neptune ou de ses satellites.

1. Le mouvement des satellites

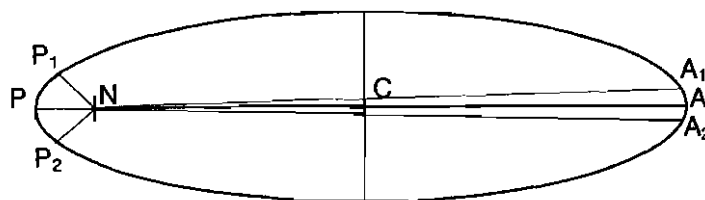
1.1. D'après le texte, « Néréide est au contraire assez petit (320 km de diamètre) et a une orbite très elliptique ». Choisir parmi les propositions suivantes le référentiel dans lequel est décrite cette orbite :

- a. héliocentrique b. néreïdocentrique c. neptunocentrique d. géocentrique

1.2. Énoncer les première et deuxième lois de Képler appliquées au cas étudié ici.

1.3. Placer sur la figure 1 donnée en **ANNEXE page 11 à rendre avec la copie**, la demi-longueur a du grand axe de Néréide.

- 1.4. On considère les aires balayées par le segment reliant Neptune à Néréide pendant une même durée en différents points de l'orbite. Sur la figure ci-dessous, elles correspondent aux aires des surfaces formées par les points N, P_1 et P_2 autour du péricentre P d'une part et N, A_1 et A_2 autour de l'apocentre A d'autre part.



1.4.1. Quelle relation relie ces aires ?

1.4.2. Comparer alors les vitesses de Néréide aux points A et P.

- 1.5. On souhaite déterminer la période de révolution T_{rev} de Néréide.

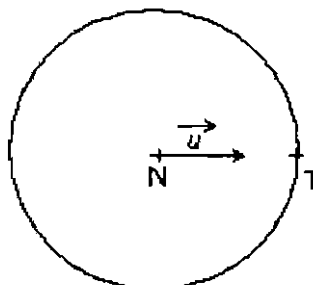
1.5.1. Énoncer la troisième loi de Kepler.

1.5.2. Calculer la valeur de $\frac{T_{\text{rev}}^2}{R_1^3}$ en $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$.

1.5.3. À l'aide des questions précédentes, en déduire la période de révolution T_{rev} de Néréide. Puis comparer à la valeur donnée dans le texte.

2. Le mouvement de Triton

L'orbite de Triton est circulaire. On appelle N le centre d'inertie de Neptune, T le centre d'inertie de Triton et $\vec{u}$ vecteur unitaire de direction (NT).



- 2.1. En utilisant les notations de l'énoncé et de la figure ci-dessus, donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par Neptune sur son satellite Triton et calculer sa valeur numérique.
- 2.2. Le mouvement de Triton étant uniforme, en appliquant la deuxième loi de Newton établir l'expression littérale de sa vitesse V sur son orbite en fonction des grandeurs M_N , R_1 et G .
- 2.3. Calculer cette vitesse V et la comparer à celle donnée dans l'énoncé.
- 2.4. Montrer que la période de révolution de Triton T_{rev} peut s'exprimer en fonction de M_N , R_1 et G .
- 2.5. Calculer la valeur de T_{rev} et comparer à la valeur donnée par l'énoncé.

EXERCICE III. AUTOUR D'UN TEXTE DE BRAHIC (4 points)

Voici un extrait du livre d'André Brahic « Lumières d'étoiles » :

La lumière blanche mélange toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Comme on passe continûment d'une couleur à une autre en changeant graduellement de nuance, on dit que la lumière blanche possède un spectre continu. C'est le cas de la lumière émise par un corps chaud qui contient toutes les couleurs à des doses différentes. Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-onde vers les X.

Mais les astronomes ont remarqué dès le XVIII^e siècle la présence de fines bandes noires dans la lumière solaire. Il manque des couleurs très précises et spécifiques, comme si elles ne nous étaient pas parvenues. Après quelques tâtonnements, ils ont compris que ces raies sombres trahissaient la présence d'éléments chimiques sur le trajet des rayons lumineux. Joseph von Fraunhofer fut le premier, en 1814, à observer ces disparitions de lumière et à les attribuer à un phénomène d'absorption par un gaz situé entre la source d'émission et l'observateur. [...]

Pour résoudre ce problème, il faut faire appel à la nature ondulatoire de l'électron et ranger l'onde de chaque électron autour du noyau comme des livres sur les étagères d'une bibliothèque. Chaque étage correspond à une énergie spécifique pour laquelle l'électron est stable. Un livre ne peut pas être entre deux étagères, sinon il tombe, de même les électrons peuvent avoir certaines énergies bien définies, mais ils ne peuvent pas se trouver dans un état intermédiaire. Pour passer d'un niveau à un autre plus élevé, un électron absorbe un photon lumineux qui lui apporte l'énergie supplémentaire dont il a besoin pour «grimper» sur une autre étagère. Inversement, quand il «redescend», il rend cette énergie sous forme d'un photon. Dans cette bibliothèque particulièrement riche, chaque atome est unique et caractéristique. On peut donc à distance reconnaître la présence d'un atome aux couleurs des photons qu'il émet ou absorbe lorsque ses électrons changent d'«étagère».

Données :

Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,997 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

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

1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

1. D'après le texte : « Plus la température est forte, plus la couleur dominante se déplace du micro-onde vers les X ».

1.1. Donner les valeurs limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible en précisant les couleurs concernées.

1.2. Quelle est la relation entre la longueur d'onde dans le vide d'une radiation monochromatique et sa fréquence ? On précisera les unités.

1.3. On donne les fréquences des micro-ondes et des rayons X :

$$\nu_{\text{micro-ondes}} = 3,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\nu_X = 3,0 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$$

Calculer alors l'ordre de grandeur des longueurs d'onde correspondantes dans le vide.

1.4. Indiquer en justifiant laquelle de ces deux radiations est la plus énergétique.

2. D'après le texte : « Joseph von Fraunhofer fut le premier, en 1814, à observer ces disparitions de lumière ».
Voici un extrait du spectre qu'il a observé, où l'on peut observer des raies noires sur un fond coloré continu, nommées A, B, C, D, E, F₁, F₂, G, H et I.

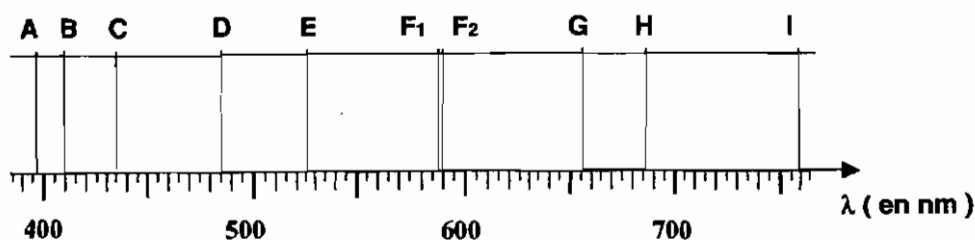


figure 1

2.1. Les raies observées ci-dessus sont-elles des raies d'émission ou d'absorption ?

2.2. On donne des longueurs d'onde d'émission de quelques éléments.

Élément chimique	Longueur d'onde λ en nm de certaines raies caractéristiques					
Hydrogène H	410,1	434,0	486,1	656,3		
Hélium He	447,2	471,3	492,2	501,6	587,6	667,8
Sodium Na	589,0	589,6				

Quels sont les éléments que l'on peut retrouver dans les couches superficielles du Soleil ? Justifier la réponse.

3. D'après le texte : « Chaque étage correspond à une énergie spécifique pour laquelle l'électron est stable. Un livre ne peut pas être entre deux étagères, sinon il tombe, de même les électrons peuvent avoir certaines énergies bien définies, mais ils ne peuvent pas se trouver dans un état intermédiaire. »
Quelle propriété de l'énergie d'un atome est évoquée dans cette partie du texte ?
4. On donne le diagramme de niveaux d'énergie de l'hydrogène en **ANNEXE page 12 à rendre avec la copie**. On rappelle que l'état fondamental d'un atome correspond à l'état dans lequel il possède le moins d'énergie.
- 4.1. Quel est le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène ?
- 4.2. Calculer la variation d'énergie lorsque l'atome d'hydrogène passe de $E_1 = -0,37 \text{ eV}$ à $E_2 = -3,39 \text{ eV}$.
- 4.3. Convertir en Joule la variation d'énergie calculée dans la question 4.2.
- 4.4. Sur le diagramme de l'**ANNEXE page 12 à rendre avec la copie**, représenter cette transition par une flèche
- 4.5. Calculer la fréquence du photon correspondant à cette variation d'énergie.
- 4.6. Ce photon est-il libéré ou absorbé par l'atome d'hydrogène ?
- 4.7. Donner le nom de la radiation du spectre de la figure n°1 correspondant à cette transition.

ANNEXE DE L'EXERCICE I : LE PARFUM DE POMME

1. Étude théorique

Question 1.1.

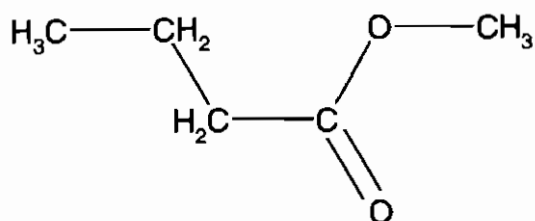


Figure 1 : formule semi-développée du butanoate de méthyle

2. Étude cinétique

Question 2.1.1.

Équation de la réaction		$A(\ell) + B(\ell) = C(\ell) + H_2O(\ell)$			
État	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)			
État initial	$x = 0$	$n_{0,A}$	$n_{0,B}$	0	0
État intermédiaire	x				
État final	x_f				

Tableau d'avancement 1

2. Étude cinétique

Question 2.1.3.

Quantité de matière de butanoate de méthyle formé pour différentes valeurs de l'avancement

n_B (mol)	0,60	0,50	0,40
n_C (mol)			

Tableau 2

ANNEXE DE L'EXERCICE I : LE PARFUM DE POMME

2. Étude cinétique

Question 2.1.4., question 2.3.2., question 2.4. et question 2.5.2.

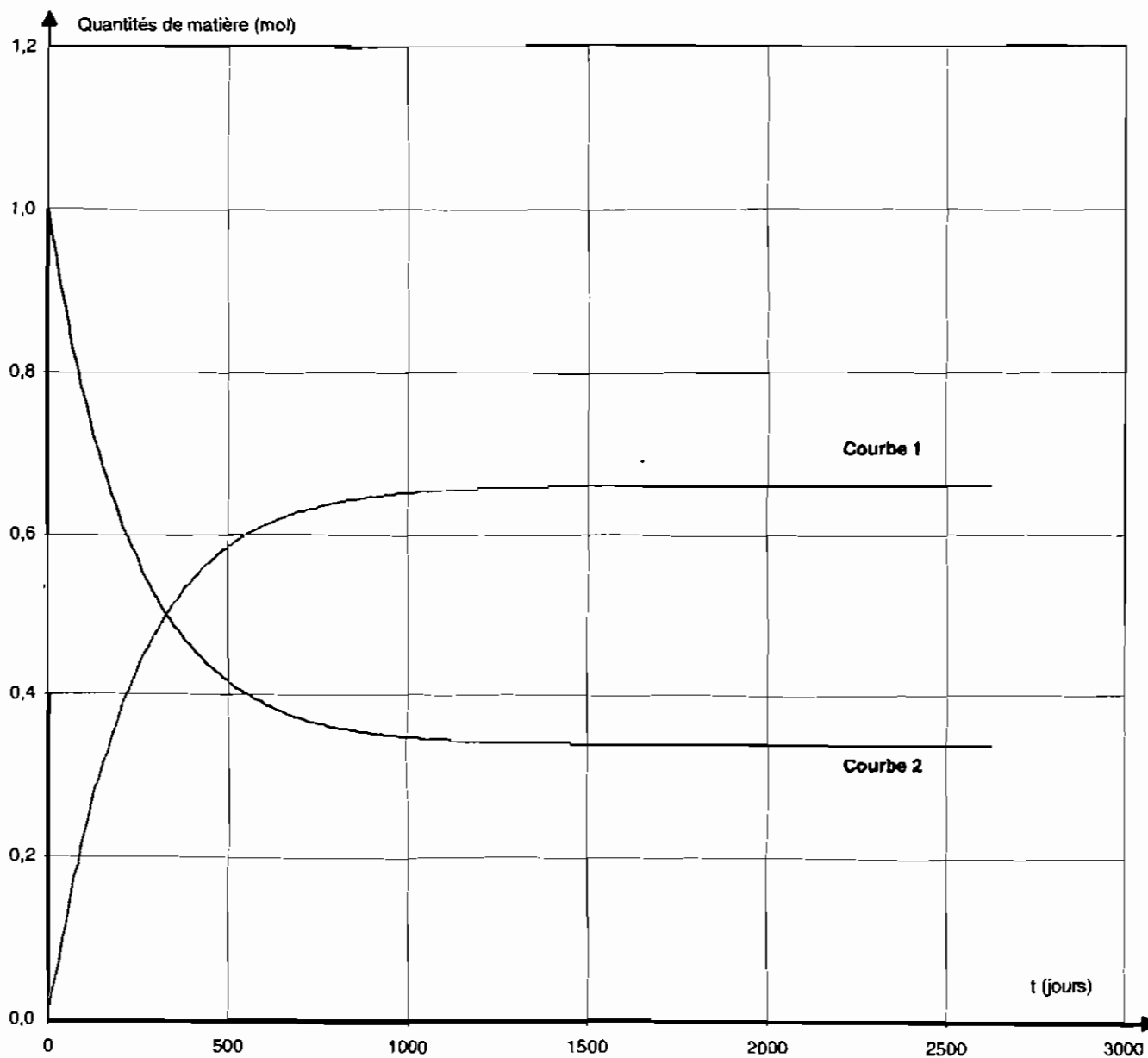


Figure 2 : graphique représentant l'évolution des quantités de matière d'acide carboxylique *B* et de butanoate de méthyle *C* au cours du temps

ANNEXE DE L'EXERCICE I : LE PARFUM DE POMME

3. Dosage de l'acide carboxylique

Question 3.3.

Équation de la réaction					
État	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)			
État initial	$x = 0$				
État intermédiaire	x				
État maximal	$x_{\max}$				

Tableau d'avancement 3

Question 3.7.

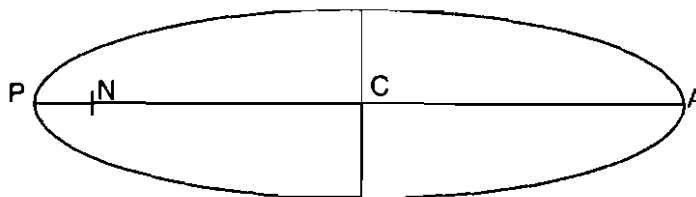
Cocher la ou les cases correspondant aux bonnes réponses possibles :

Pour rendre la synthèse totale, on peut :	Case à cocher
- augmenter la température du milieu réactionnel	
- remplacer le réactif A par de la soude	
- remplacer le réactif B par un anhydride d'acide	
- utiliser 3,0 mol de A et 3,0 mol de B	

Tableau 4

**ANNEXE DE L'EXERCICE II : OBSERVATION DES SATELLITES DE NEPTUNE
PAR LA SONDE VOYAGER 2****1. Le mouvement des satellites**

Question 1.3. et question 1.4.2.



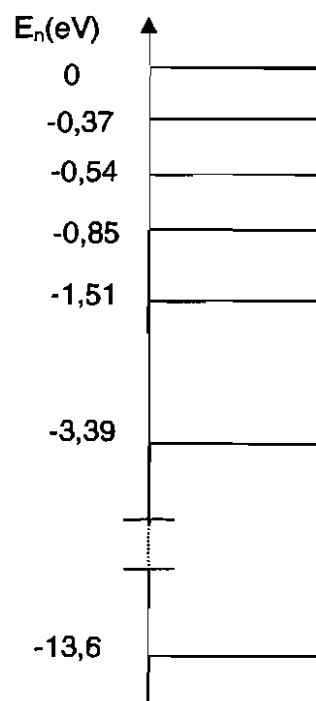
N : centre de Neptune

C : centre de l'ellipse

P : Péricentre de Néréide

A : Apocentre de Néréide

Figure 1 : Schéma simple et légendé de l'orbite de Néréide

ANNEXE DE L'EXERCICE III : AUTOUR D'UN TEXTE DE BRAHIC

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

Obligatoire

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique.

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

Les feuilles annexes (pages 7 et 8) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE.

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

EXERCICE I. TITRAGE DU DIOXYDE DE SOUFRE PRÉSENT DANS UN ÉCHANTILLON D'AIR
(4 points)
Principe du titrage :

Le dioxyde de soufre SO_2 est un gaz qui a des propriétés réductrices et qui est présent dans l'air pollué. Quand on fait barboter un grand volume d'air dans un litre d'eau, le dioxyde de soufre va se dissoudre dans l'eau. Il est possible, par la suite, de le titrer en solution à l'aide d'une solution de permanganate de potassium lors d'une réaction d'oxydoréduction. La concentration massique du dioxyde de soufre dans l'air pollué est ainsi déduite de ce titrage.

On a défini un seuil d'alerte de la population pour une teneur en dioxyde de soufre mesurée supérieure à $500 \mu\text{g}$ par m^3 .

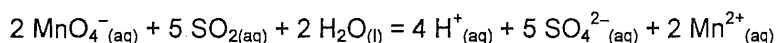
Protocole expérimental :

Une solution S est préparée en faisant barboter $1,00 \times 10^4 \text{ m}^3$ d'air pollué dans $V_0 = 1,00 \text{ L}$ d'eau. Un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ de cette solution est placé dans un bécher de 100 mL . La solution violette de permanganate de potassium de concentration $C_2 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ est ensuite versée goutte à goutte jusqu'à persistance de la coloration.

Données :

$M_S = 32,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Quelle verrerie choisiriez-vous pour prélever avec précision $10,0 \text{ mL}$ de solution S ?
2. Sachant que les couples oxydant / réducteur mis en jeu sont : $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) / \text{SO}_2(\text{aq})$ et $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$, en déduire que l'équation de la réaction entre les ions permanganate et le dioxyde de soufre est :



3. Définir l'équivalence d'un titrage.
4. Donner l'expression du quotient de réaction initial, $Q_{r,i}$, de la réaction précédente. Cette transformation évoluant spontanément dans le sens direct de la réaction, comparer $Q_{r,i}$ à la constante d'équilibre K associée.
5. Donner la relation entre la quantité de matière n_1 de dioxyde de soufre initialement présente dans la solution S et la quantité de matière n_2 d'ions permanganate introduite pour atteindre l'équivalence. Justifier la réponse.
(On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement).
6. Sachant que le volume équivalent du titrage est : $V_{\text{eq}} = 8,0 \text{ mL}$, en déduire la concentration molaire C_1 en dioxyde de soufre dissous de la solution S .
7. Calculer la masse m_1 de dioxyde de soufre présente dans $V_0 = 1,00 \text{ L}$ de la solution S .
8. En déduire la masse m_2 de dioxyde de soufre gazeux par m^3 d'air pollué.
9. Exprimer cette masse en μg . Le seuil d'alerte est-il atteint ?

EXERCICE II. À PROPOS DU SATELLITE SPOT 4 (7 points)

Le satellite d'observation SPOT 4 est placé sur une orbite polaire (c'est-à-dire passant à la verticale des pôles) supposée circulaire dans le référentiel d'étude, à une altitude $h = 830 \text{ km}$ et sa période de révolution est de $T = 101 \text{ min}$.

On supposera que le satellite, de centre d'inertie C , est un solide ponctuel. À cette altitude, on suppose que le satellite se déplace sans frottement.

On appellera m la masse du satellite et M_T la masse de la Terre.

On donne :

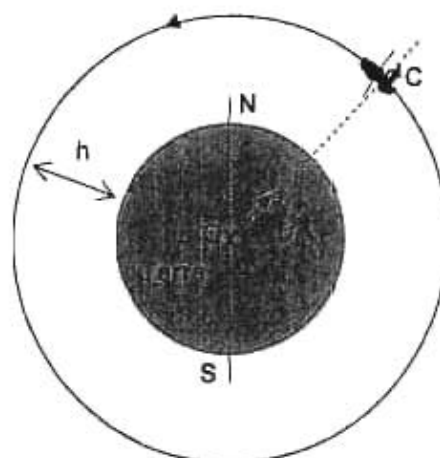
Rayon moyen de la Terre : $R_T = 6,38 \times 10^6 \text{ m}$

Constante gravitationnelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Aides au calcul :

$$\frac{4\pi^2}{6,67 \times 10^{-11}} \approx 6 \times 10^{11} \quad \frac{6,67 \times 10^{-11}}{4\pi^2} \approx 2 \times 10^{-12} \quad \pi^2 \approx 10$$

$$(7,21 \times 10^6)^2 \approx 5 \times 10^{13} \quad (7,21 \times 10^6)^3 \approx 4 \times 10^{20} \quad (6,06 \times 10^3)^2 \approx 4 \times 10^7 \quad (6,06 \times 10^3)^3 \approx 2 \times 10^{11}$$



Partie I

1. Quel est le nom du référentiel dans lequel le mouvement du satellite est étudié ?
Décrire la trajectoire d'un point de la surface de la Terre dans ce référentiel.
2. Exprimer vectoriellement la force $\vec{F}$ exercée par la Terre sur le satellite en fonction des données de l'énoncé et du vecteur unitaire $\vec{u}$.
3. Quelle propriété doit avoir le référentiel pour pouvoir appliquer la deuxième loi de Newton ?
4. On considérera dans la suite de l'exercice que le référentiel d'étude vérifie cette condition.
- 4.1. Énoncer la deuxième loi de Newton appliquée au satellite.
- 4.2. En déduire une représentation du vecteur accélération $\vec{a}$ (sans souci d'échelle) sur le schéma en **annexe 1, page 7/8, à rendre avec la copie**.
- 4.3. En déduire que la valeur de l'accélération a du centre d'inertie C du satellite est : $a = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$
5. Quelles propriétés a le vecteur accélération si le mouvement est circulaire uniforme ? Montrer que ces propriétés sont vérifiées ici.
6. Donner l'expression de la vitesse v , supposée constante, du centre d'inertie C du satellite en fonction de R_T , h et T .
7. Donner l'expression de l'accélération a du centre d'inertie C du satellite en fonction de v , R_T et h . En déduire l'expression de l'accélération a du centre d'inertie C du satellite en fonction de R_T , h et T .
8. En identifiant les expressions de l'accélération obtenues aux questions 4.3 et 7, exprimer la masse M_T de la Terre en fonction des données de l'énoncé et calculer sa valeur. (Pour cette seule question, le résultat sera exprimé avec un seul chiffre significatif)
9. Le satellite est-il géostationnaire ? Justifier la réponse.

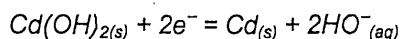
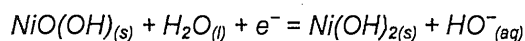
Partie II

Compte tenu de l'orbite choisie pour le satellite SPOT 4, son générateur solaire se trouve dans l'ombre de la Terre à chaque révolution pendant une durée d'environ 35 min et éclairé durant 65 min. Le courant n'est généré par les cellules que pendant les périodes éclairées. Il faut donc un élément capable de stocker de l'énergie pendant le « jour » et de la restituer pendant la « nuit » pour alimenter de façon permanente le satellite. De même, pendant les phases de lancement, avant que le générateur solaire ne soit déployé, l'alimentation du satellite doit être assurée.

Pour cela, quatre batteries de 40 ampères-heures, pesant près de 45 kg chacune, sont embarquées sur SPOT 4 pour répondre à la consommation électrique du satellite. Elles sont composées chacune de 24 accumulateurs nickel-cadmium. À chaque révolution, les batteries effectuent un cycle complet décharge - recharge. Pour tenir les cinq années de durée de vie souhaitée, ce qui représente plus de 25 000 cycles, une gestion très fine des batteries s'impose.

L'accumulateur nickel-cadmium est composé d'une électrode de nickel et d'une électrode de cadmium, plongées dans un électrolyte et séparées par une paroi poreuse. Les deux couples oxydant / réducteur mis en jeu sont : $\text{NiO}(\text{OH})_{(\text{s})} / \text{Ni}(\text{OH})_{2(\text{s})}$ et $\text{Cd}(\text{OH})_{2(\text{s})} / \text{Cd}_{(\text{s})}$. Par souci de simplification, on étudiera uniquement l'accumulateur nickel-cadmium lors de sa charge et on considérera qu'il est relié à un générateur. Le schéma simplifié du dispositif est représenté en **annexe 2, page 7/8, à rendre avec la copie**.

On donne les deux demi-équations électroniques associées à cet accumulateur :



1. Sachant que du cadmium solide se forme, écrire l'équation globale lors de la charge de l'accumulateur.
2. Indiquer sur le schéma en **annexe 2, page 7/8, à rendre avec la copie** :
 - 2.1 Le sens de déplacement des électrons lors de la charge de l'accumulateur ;
 - 2.2 La polarité des bornes du générateur relié à l'accumulateur.
3. À quelle électrode (nickel ou cadmium) se produit la réduction lors de la charge de cet accumulateur ?
4. La masse de métal nickel va-t-elle augmenter, diminuer ou rester constante durant la charge ? Justifier la réponse.
5. Sachant que l'électrolyte est formé d'ions $\text{K}^+_{(\text{aq})}$ et $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$, indiquer le sens de déplacement de ces ions lors de la charge de l'accumulateur, en complétant le schéma en **annexe 2, page 7/8, à rendre avec la copie**.
6. Exprimer la charge électrique Q de 40 ampères-heures indiquée dans le texte, dans l'unité du système international.
7. Calculer la durée minimale théorique de charge d'une batterie complètement déchargée lorsque le courant de charge est maintenu constant à 10 A.

EXERCICE III. DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ D'UN CONDENSATEUR (5 points)

On se propose de déterminer la capacité d'un condensateur à partir de deux méthodes différentes.

On dispose du matériel suivant :

- un générateur de tension continue $E = 20 \text{ V}$;
- une boîte de résistances étalonnées R ($\times 1 \Omega$, $\times 10 \Omega$, $\times 100 \Omega$, $\times 1000 \Omega$) ;
- une bobine idéale d'inductance $L = 0,50 \text{ H}$ et de résistance nulle ;
- un condensateur de capacité C inconnue ;
- un ordinateur relié au montage par une interface et permettant d'enregistrer des variations de tensions et d'intensité au cours du temps ;
- des fils de connexion sécurisés ;
- un interrupteur.

I - Première méthode.

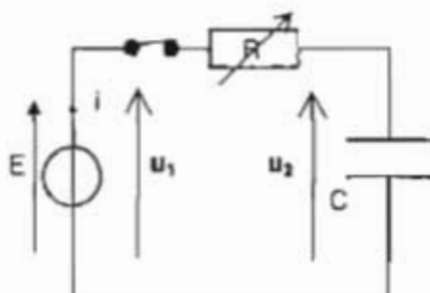


Figure 1

Le montage d'un circuit RC est représenté sur la figure 1.

À l'aide de l'ordinateur, on enregistre les variations au cours du temps des deux tensions u_1 et u_2 à partir de l'instant de la fermeture de l'interrupteur, choisi comme origine des dates.

Les graphes obtenus pour différentes valeurs de la résistance R sont reproduits sur l'annexe 3, page 8/8, à rendre avec la copie.

1. Compléter le tableau de l'annexe 3, page 8/8, à rendre avec la copie, en indiquant dans chaque case, le numéro de la courbe qui convient (le même numéro peut apparaître plusieurs fois).
2. Compléter le tableau de l'annexe 4, page 8/8, à rendre avec la copie, après avoir déterminé graphiquement la constante de temps τ correspondant à la charge du condensateur pour $R = 1600 \Omega$ en expliquant la méthode utilisée.
3. Donner l'expression de la constante de temps τ en fonction des caractéristiques du circuit. Justifier son unité par une analyse dimensionnelle.
4. Tracer sur l'annexe 5, page 8/8, à rendre avec la copie, le graphe représentant τ en fonction de R (échelle : 1 carreau $\leftrightarrow 0,02 \text{ s}$ et 1 carreau $\leftrightarrow 100 \Omega$). En déduire la valeur de C en expliquant la méthode utilisée.

II - Deuxième méthode.

Le condensateur chargé sous une tension $E = 20 \text{ V}$ est maintenant placé en série avec la résistance R et la bobine idéale d'inductance $L = 0,50 \text{ H}$ et de résistance nulle.

Le circuit ainsi réalisé est représenté sur la figure 2.

À l'instant de date $t = 0$ on ferme l'interrupteur. L'ordinateur permet de suivre les variations au cours du temps de la tension u_C et de l'intensité i .

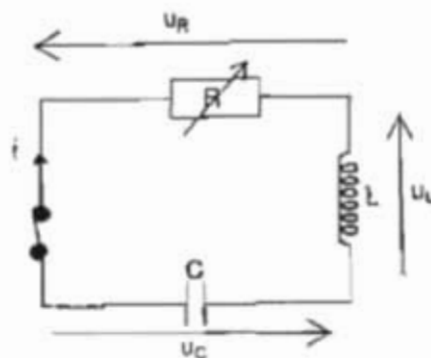
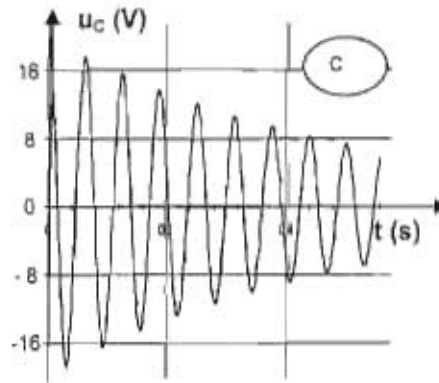
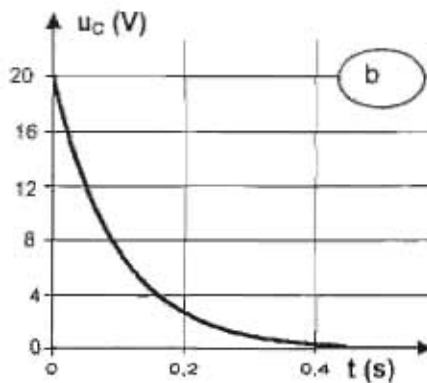
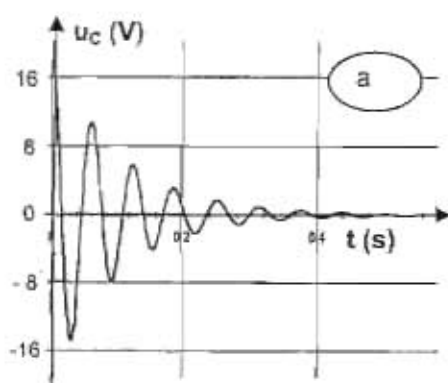
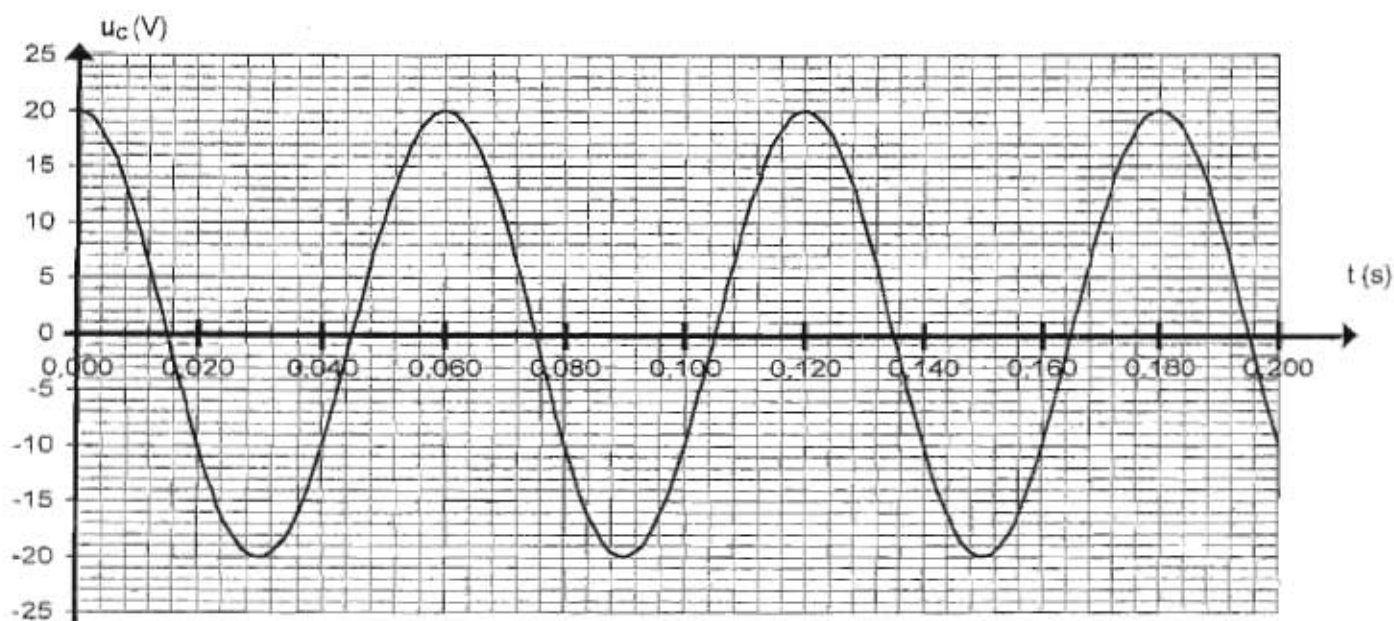


Figure 2

1. On donne ci-dessous plusieurs courbes représentant les variations de u_C au cours du temps pour différentes valeurs de R .
Compléter le tableau de l'annexe 6, page 8/8, à rendre avec la copie, en associant chaque courbe à la valeur de R qui lui correspond et donner le nom du régime de décharge.



2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la fonction $u_C(t)$ si la résistance R est nulle.
3. L'ordinateur donne la courbe suivante :



- a. Déterminer la période propre T_0 des oscillations et donner son expression en fonction des caractéristiques du circuit.
b. En déduire la valeur de C .

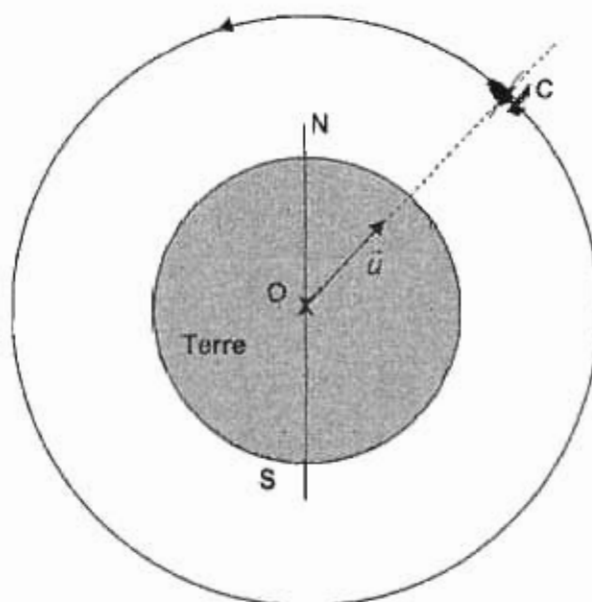
On donne :

$$(0,060)^2 = 3,6 \times 10^{-3} \quad \pi^2 \approx 10$$

ANNEXES DE L'EXERCICE II

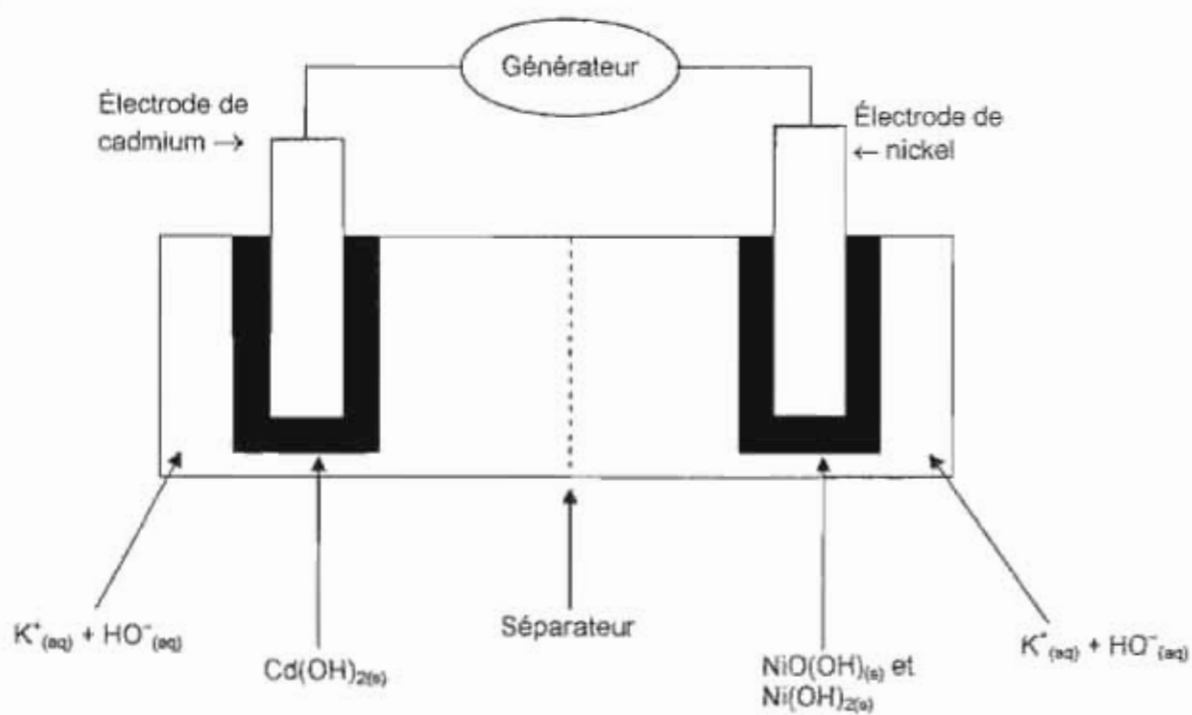
À RENDRE AVEC LA COPIE

Annexe 1



Trajectoire du satellite SPOT 4

Annexe 2

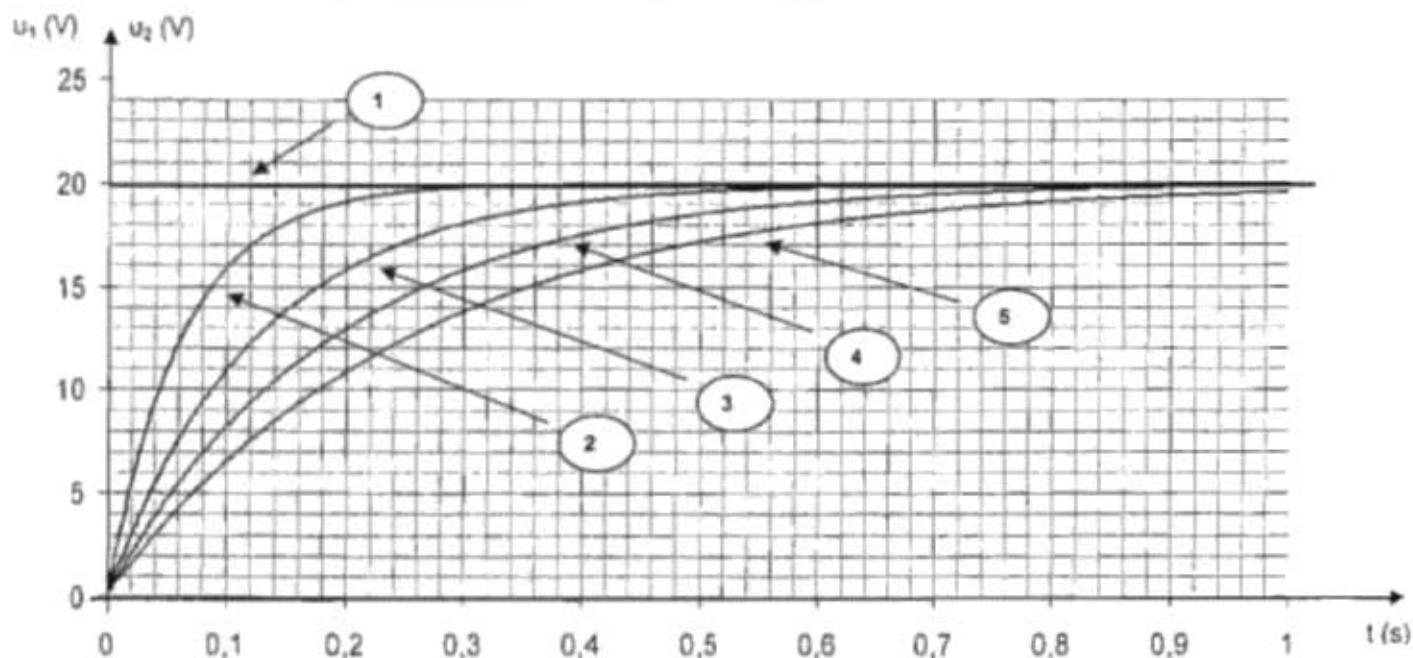


Structure simplifiée de l'accumulateur Ni/Cd

ANNEXES DE L'EXERCICE III À RENDRE AVEC LA COPIE

Annexe 3

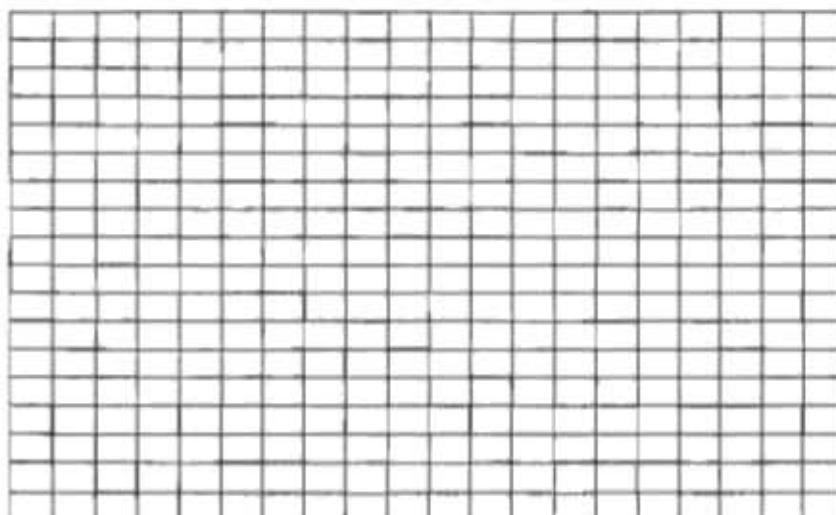
R (Ω)	400 Ω	800 Ω	1200 Ω	1600 Ω
Courbe représentant u_1				
Courbe représentant u_2				



Annexe 4

R (Ω)	400 Ω	800 Ω	1200 Ω	1600 Ω
τ (s)	0,06	0,14	0,21	

Annexe 5



Échelle :
1 carreau $\leftrightarrow$ 0,02 s
1 carreau $\leftrightarrow$ 100 Ω

Annexe 6

	R = 2 Ω	R = 10 Ω	R = 1000 Ω
Courbe représentant u_c			
Nom du régime de décharge			

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

La page d'annexe (page 12) EST À RENDRE AGRAFÉE À LA COPIE, même si elle n'a pas été complétée.

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

EXERCICE I. LE MONOI DE TAHITI (6,5 points)

Issu de traditions millénaires, le monoi de Tahiti (produit cosmétique) vous assure de bénéficier des vertus de la fleur de Tiaré et de l'huile de coprah raffinée qui le composent

L'huile de coprah est très riche en acides gras saturés (45 % d'acide laurique notamment).

Endémique en Polynésie Française, la fleur de Tiaré présente des propriétés originales

Elle sécrète en effet une huile essentielle riche en alcools et en esters (salicylate de méthyle) connus pour leurs propriétés assainissantes et apaisantes.

« d'après le site Internet de l'Institut du Monoi »

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

Cet exercice a pour objectif d'étudier une utilisation de l'huile de coprah pour fabriquer du savon puis d'étudier quelques propriétés d'un ester présent dans la fleur de Tiaré.

Données :

Nom	Formule	Masse molaire
laurate de glycéryle	$C_{39}H_{74}O_6$	$M_1 = 638 \text{ g.mol}^{-1}$
laurate de sodium	$C_{12}H_{23}O_2Na$	$M_2 = 222 \text{ g.mol}^{-1}$
glycérol	$C_3H_8O_3$	$M_3 = 92,0 \text{ g.mol}^{-1}$

1. L'huile de coprah

Le savon de Marseille est fabriqué avec des huiles végétales telles que l'huile d'arachide, l'huile de coprah – au grand pouvoir moussant – et l'huile de palme.

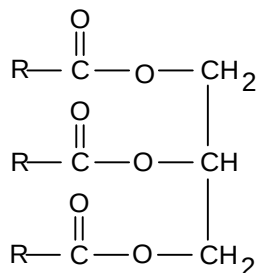
On lit sur le site de la savonnerie "Le Sérail" : " La première étape de fabrication est le mélange des huiles végétales avec l'alcali auquel on va ajouter du sel de mer. La cuisson consiste à porter à ébullition la pâte pendant quatre heures à une température d'environ cent degrés."*

** alcali : nom générique d'une base. Exemples : soude (hydroxyde de sodium) ou potasse (hydroxyde de potassium).*

1.1. La transformation chimique de l'huile de coprah

1.1.1. Quel est le nom de la réaction chimique citée ci-dessus, qui met en jeu une huile et l'alcali ?

1.1.2. L'huile de coprah est constituée d'un mélange de triglycérides de formule générale :



Écrire l'équation de la réaction entre un triglycéride et l'hydroxyde de sodium en solution aqueuse ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$).

1.1.3. On considère pour la suite que l'huile est constituée uniquement du laurate de glycéryle qui est un triglycéride de l'acide laurique. L'acide laurique a pour formule $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{10} - \text{COOH}$. Donner la formule semi-développée du savon obtenu, le laurate de sodium, par action de la solution de soude sur le laurate de glycéryle.

1.1.4. Dans une savonnerie, pour obtenir 1,0 tonne de savon, on utilise une masse $m_1 = 1,3$ tonne (soit $1,3 \times 10^3 \text{ kg}$) de laurate de glycéryle et un volume $V_0 = 2,0 \text{ m}^3$ de solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_0 = 6,0 \text{ mol.L}^{-1}$. On note n_1 la quantité de matière initiale de laurate de glycéryle et n_0 celle d'hydroxyde de sodium.

Compléter **LE TABLEAU D'AVANCEMENT DE L'ANNEXE PAGE 12** puis calculer les valeurs de n_1 et de n_0 .

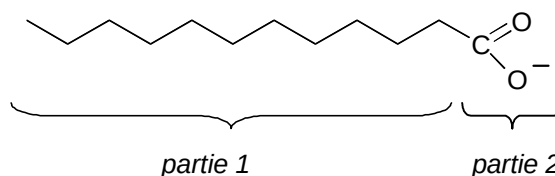
1.1.5. Montrer que l'avancement maximal est $x_{\max} = 2,0 \times 10^{-3}$ mol.

1.1.6. En déduire la masse maximale m_2 de laurate de sodium attendue.

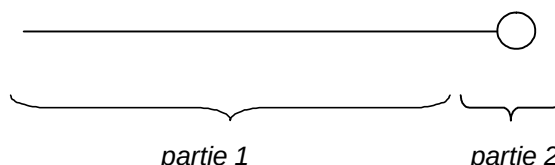
1.1.7. Définir le rendement de la synthèse du savon puis le calculer.

1.2. Propriétés du laurate de sodium

1.2.1. On peut représenter schématiquement l'ion actif du savon de la façon suivante :



Pour simplifier, on peut représenter l'ensemble ainsi :



Reproduire le schéma simplifié et légender chaque partie à l'aide du vocabulaire suivant : hydrophile, hydrophobe, lipophile, lipophobe.

1.2.2. Choisir en justifiant parmi les schémas 1.a et 1.b de la **figure 1** celui qui peut expliquer le mode d'action d'un savon.

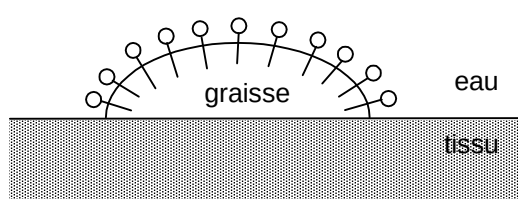


Schéma 1.a

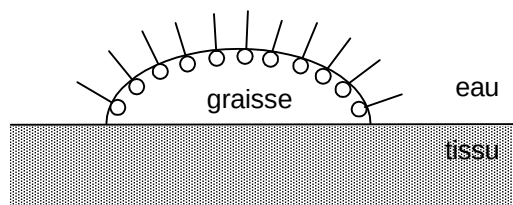


Schéma 1.b

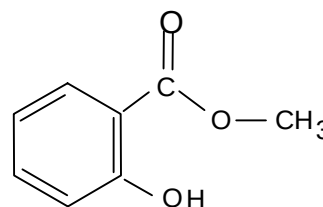
Figure 1

2. Le salicylate de méthyle issu de la fleur de Tiaré

Nom	Formule	Température d'ébullition (pression 1 bar)
acide salicylique	$HO-C_6H_4-COOH$	$\theta_1 = 211\text{ }^{\circ}\text{C}$
méthanol	CH_3OH	$\theta_2 = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$
salicylate de méthyle	$HO-C_6H_4-COOCH_3$	$\theta_3 = 223\text{ }^{\circ}\text{C}$

Le salicylate de méthyle, présent dans la fleur de Tiaré, est un composé moléculaire pouvant subir différentes réactions de décomposition ou de dégradation dont deux d'entre elles sont étudiées ci-après.

Sa formule semi-développée est :

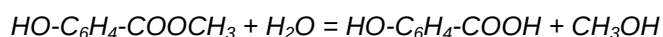


2.1. Réaction d'hydrolyse du salicylate de méthyle

2.1.1. Recopier la formule, entourer et nommer les groupes caractéristiques de la molécule.

2.1.2. En 1844, Auguste Cahours réalise l'hydrolyse du salicylate de méthyle, accédant ainsi à l'acide salicylique qui fut employé comme médicament contre les rhumatismes avant la synthèse de l'aspirine.

L'équation de cette réaction est :



Citer une propriété caractéristique de cette réaction.

2.1.3. Citer un procédé permettant d'augmenter la vitesse de réaction.

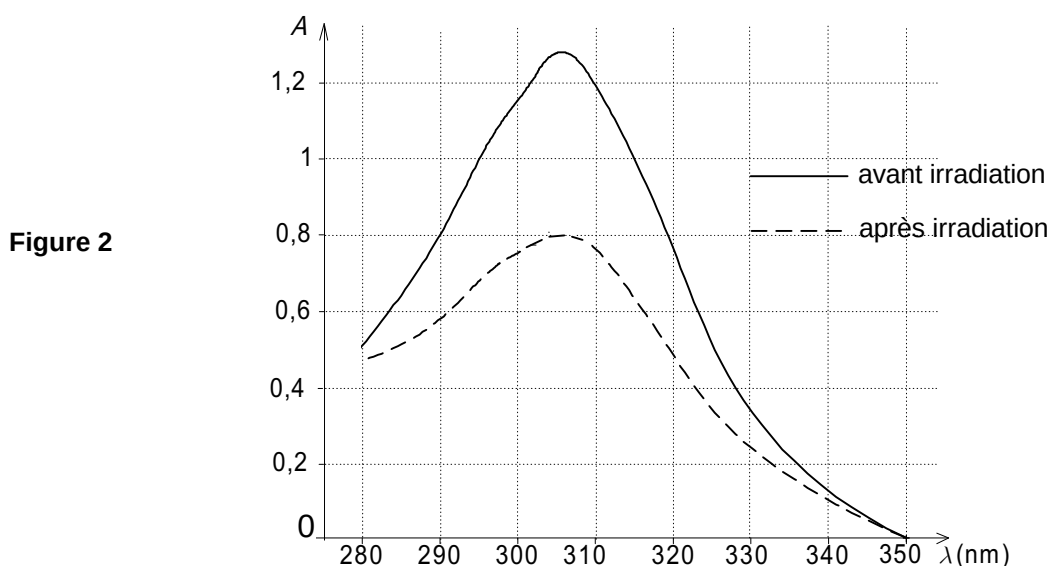
2.1.4. Citer un procédé permettant d'obtenir davantage de produit par déplacement d'équilibre (On pourra s'aider des données de la question 2).

2.2. Dégradation photochimique du salicylate de méthyle

Comme nombre de composés moléculaires organiques, le salicylate de méthyle se dégrade sous l'action de la lumière. On étudie par spectrophotométrie la cinétique de sa décomposition.

Pour cela, on soumet des films contenant du salicylate de méthyle à un rayonnement de longueurs d'onde comprises entre 280 et 350 nm, à une température de 60°C. La puissance ainsi reçue par unité de surface du film est égale à environ 6 fois celle qui correspond à une irradiation solaire maximale.

2.2.1. La courbe donnant l'évolution de l'absorbance du film contenant du salicylate de méthyle en fonction de la longueur d'onde est représentée sur la **figure 2** avant irradiation et après quelques heures d'irradiation :



Quelle est la longueur d'onde optimale pour l'étude de l'absorbance du film ? Justifier.

2.2.2. Dans quel domaine du spectre électromagnétique (ultraviolet, visible, infrarouge) cette longueur d'onde se situe-t-elle ?

2.2.3. D'après la **figure 2**, comment expliquer la différence d'absorbance du film contenant du salicylate de méthyle, avant et après irradiation ?

2.2.4. Pour l'étude cinétique, on expose les films à l'irradiation pendant des durées déterminées, puis on mesure l'absorbance du film pour une longueur d'onde de 306 nm.

Dans les conditions de l'expérience, l'absorbance étant proportionnelle à la quantité de matière de salicylate de méthyle restant, on obtient la courbe d'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction de dégradation donnée sur **LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 12**.

L'étude cinétique montre que la dégradation du salicylate de méthyle est lente. Dans cette étude, la vitesse peut s'écrire : $v = \frac{1}{V} \frac{dx}{dt}$, où V est une constante

D'après la courbe de la **FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 12**, comment évolue la valeur de la vitesse de cette réaction au cours du temps ? Justifier.

2.2.5. Donner la définition du temps de demi-réaction d'une transformation chimique.

2.2.6. Déterminer le temps de demi-réaction pour la dégradation du salicylate de méthyle en expliquant la méthode utilisée. Faire le tracé nécessaire sur **LA FIGURE 3 DE L'ANNEXE PAGE 12**.

2.2.7. L'Institut du Monoï vante les propriétés assainissantes et apaisantes de la fleur de Tiaré. Compte-tenu des propriétés absorbantes du salicylate de méthyle dans l'ultra-violet, on peut envisager de l'utiliser dans la composition de crèmes solaires.

D'après le résultat obtenu à la question 2.2.6, est-il envisageable de l'utiliser pour une durée d'exposition d'une demi-journée ?

EXERCICE II. DE LA TERRE À LA LUNE (5,5 points)

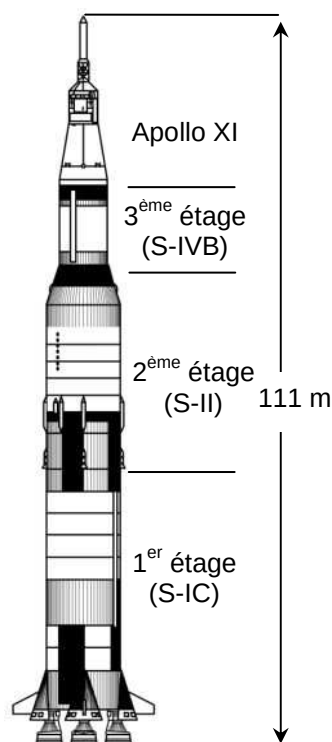


Figure 4 : Saturn V

Le 16 juillet 1969 à 14 h 32 (heure française), la fusée géante américaine Saturn V (**figure 4**) décolle de Cap Kennedy (Etats-Unis) avec à son sommet le vaisseau spatial "Apollo XI" et son équipage composé de Neil Armstrong, Edwin Aldrin et Michael Collins. Le 21 juillet 1969 à 3 h 56, Armstrong est le premier homme à fouler le sol lunaire suivi quelques minutes plus tard par Aldrin. Les deux astronautes resteront en tout 22 heures sur la Lune, dont environ 2 heures à l'extérieur du module d'exploration lunaire LEM.

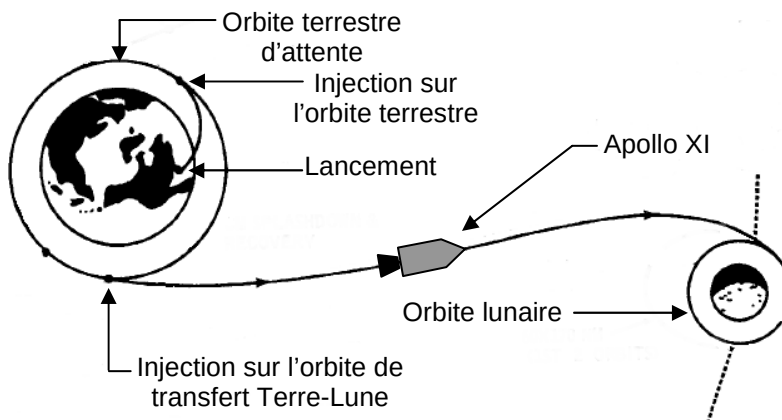


Figure 5 : de la Terre à la Lune (mission Apollo XI)

Données :

Masse de la Terre $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$

Rayon de la Terre $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$

Masse de la Lune $M_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$

Constante de gravitation universelle $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Champ de pesanteur terrestre au niveau du sol $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Masse totale de la fusée au décollage : $M = 2,9 \times 10^3 \text{ tonnes}$

Tous les astres sont considérés comme des corps à répartition de masse à symétrie sphérique. On se propose d'étudier d'une manière simplifiée quelques unes des phases du voyage conduisant de la Terre à la Lune (**figure 5** ci-dessus) ainsi que certaines expériences scientifiques liées à la mission Apollo.

Les différentes parties de l'exercice sont indépendantes.

1. Ascension de la fusée Saturn V

Le premier étage (S-IC) fonctionne pendant 180 secondes, il contient environ 2 tonnes de carburant et d'oxygène liquide permettant de propulser l'ensemble à une altitude de 68 km. L'intensité de la force de poussée F des réacteurs est de l'ordre de $3,3 \times 10^7 \text{ N}$.

L'étude du lancement de la fusée peut se faire en appliquant la seconde loi de Newton dans certaines conditions qu'on se propose de préciser à partir de son énoncé ci-dessous :

« Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide de masse m constante est égale au produit de la masse du solide par le vecteur accélération de son centre d'inertie ».

- 1.1. Quel référentiel supposé galiléen peut-on choisir pour étudier la phase du début du lancement ?
- 1.2. Faire un inventaire des forces extérieures appliquées à la fusée en tenant compte de l'interaction de l'air avec la fusée. Les représenter au centre d'inertie de la fusée sur un schéma sans souci d'échelle (le décollage est supposé vertical).
- 1.3. Pourquoi ne peut-on pas appliquer la seconde loi de Newton, telle qu'elle est énoncée, à la fusée lors de son ascension ?
Quelle hypothèse peut-on, cependant, poser pour appliquer cette loi au tout début du lancement ?
- 1.4. En ne considérant que le poids et la poussée, montrer que la valeur de l'accélération de la fusée à l'instant initial du lancement vaut $1,6 \text{ m.s}^{-2}$.

2. Mise en orbite autour de la Terre du système {S-IVB + Apollo XI}

A 68 km d'altitude, les réservoirs vides du premier étage sont largués et les cinq moteurs du deuxième étage sont allumés pendant 360 s. Après largage du deuxième étage, l'unique moteur du troisième étage est mis en fonction pendant 180 s permettant la satellisation sur une orbite circulaire d'attente à l'altitude $h = 185 \text{ km}$.

Dans la suite, on note {fusée} le système formé du troisième étage et du vaisseau Apollo XI.

On étudie le mouvement du système {fusée}, de centre d'inertie G et de masse m , dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. On ne tiendra compte que de l'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur le système {fusée}.

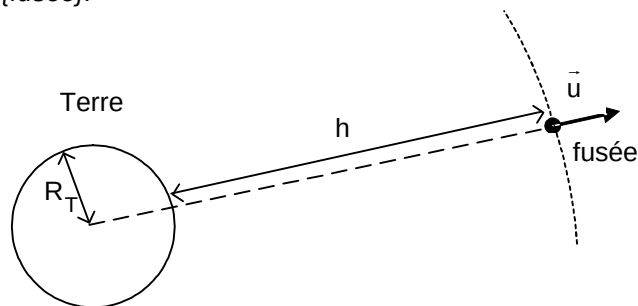


Figure 6

- 2.1. Donner l'expression vectorielle de la force $\vec{F}_{T/F}$ exercée par la Terre sur le système {fusée} en utilisant le vecteur unitaire $\vec{u}$ défini sur la figure 6. Reproduire la figure 6 sur la copie et représenter cette force (sans souci d'échelle).
- 2.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression vectorielle de l'accélération du centre d'inertie du système {fusée}. En supposant que le mouvement du système {fusée} est circulaire dans le référentiel géocentrique, montrer que le vecteur accélération est centripète. En déduire que le mouvement est uniforme.
- 2.3. Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse du centre d'inertie G du système {fusée} est :

$$v = \sqrt{\frac{GM_T}{(R_T + h)}}$$

Calculer sa valeur.

Après deux révolutions autour de la Terre, le moteur du troisième étage est allumé augmentant ainsi la vitesse de la fusée. Le moteur est coupé puis le troisième étage se sépare du vaisseau spatial. Ce dernier suit alors la trajectoire en direction de la Lune dans le référentiel géocentrique. Enfin, le troisième étage est mis en orbite basse autour de la Lune. Le module d'exploration lunaire peut alors se poser sur la Lune.

3. Quelques expériences associées à la mission Apollo

Lors de la mission Apollo XI et des suivantes, du matériel scientifique a été déployé à la surface de la Lune afin de l'étudier. Des échantillons de roche lunaire ont également été ramenés sur Terre.

De nombreuses méthodes de datation reposent sur la décroissance radioactive de certains radioéléments. Un radioélément est adapté à cette mesure si son temps de demi-vie est de l'ordre de grandeur de l'âge à déterminer.

3.1. Parmi les radioéléments ci-dessous, indiquer en justifiant celui qui pourrait être utilisé pour mesurer l'âge de la Lune.

isotope radioactif	ordre de grandeur du temps de demi-vie
<i>iode 131</i>	<i>une dizaine de jours</i>
<i>plutonium 238</i>	<i>une centaine d'années</i>
<i>potassium 40</i>	<i>un milliard d'années</i>

Pour déterminer l'âge des roches lunaires ramenées sur Terre par les astronautes, les physiciens ont mesuré expérimentalement les quantités relatives d'argon 40 gazeux et de potassium 40 solide emprisonnés dans la roche lunaire.

3.2. Le potassium $^{40}_{19}\text{K}$ est un isotope radioactif. Il se désintègre en produisant de l'argon $^{40}_{18}\text{Ar}$. Écrire l'équation de désintégration nucléaire d'un noyau de potassium 40.

3.3. Donner l'expression du nombre $N_K(t)$ de noyaux radioactifs de potassium 40 présents dans l'échantillon de roche lunaire à la date t en fonction du nombre initial $N_K(0)$ de ces noyaux.

3.4. Donner la définition du temps de demi-vie d'un échantillon radioactif. Établir la relation liant la constante de désintégration radioactive λ et le temps de demi-vie. Montrer que $\lambda = 5,50 \times 10^{-10} \text{ an}^{-1}$ pour le potassium 40 sachant que $t_{1/2} = 1,26 \times 10^9 \text{ ans}$.

3.5. Un échantillon de 1,0 g de roche lunaire analysé à la date t contient $N_{\text{Ar}}(t) = 2,3 \times 10^{17}$ noyaux d'argon 40 et $N_K(t) = 2,4 \times 10^{16}$ noyaux de potassium 40. En admettant que le potassium 40 ne subit que la désintégration de la question 3.2. et que la roche lunaire ne contenait pas d'argon 40 au moment de sa formation, on montre que $N_K(0) = N_K(t) + N_{\text{Ar}}(t)$.

Évaluer l'âge de cette roche lunaire.

EXERCICE III. L'ECHOGRAPHIE : COMMENT ÇA « MARCHE » ? (4 points)

En médecine, l'échographie est un examen courant, indolore et non dangereux permettant l'observation « directe » d'organes internes. La technique de l'échographie utilise des ondes ultrasonores produites par une sonde jouant le rôle d'émetteur et de récepteur. Les fréquences utilisées dépendent des organes ou des tissus biologiques à sonder (2 MHz à 15 MHz).

Pour obtenir une image par échographie on exploite entre autres, les propriétés suivantes des ondes ultrasonores :

- la célérité et l'absorption de l'onde ultrasonore dépendent du milieu traversé
- lorsqu'elle change de milieu, une partie de l'onde incidente est réfléchi, l'autre est transmise (elle continue son chemin). On dit qu'il y a réflexion partielle lorsqu'il y a changement de milieu aux interfaces tissulaires.

Connaissant les temps de retour des échos, leurs amplitudes et leurs célérités, on en déduit des informations sur la nature et l'épaisseur des tissus traversés. Un ordinateur compile toutes les informations et fournit des images de synthèse des organes sondés.

L'objectif de cet exercice est, après l'étude de quelques propriétés des ondes ultrasonores, d'illustrer le principe de l'échographie linéaire unidimensionnelle par la mesure de l'épaisseur d'un obstacle.

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

1. Les ondes ultrasonores

1.1. Les ondes sonores et ultrasonores sont des ondes mécaniques.

Définir ce qu'on appelle une onde mécanique.

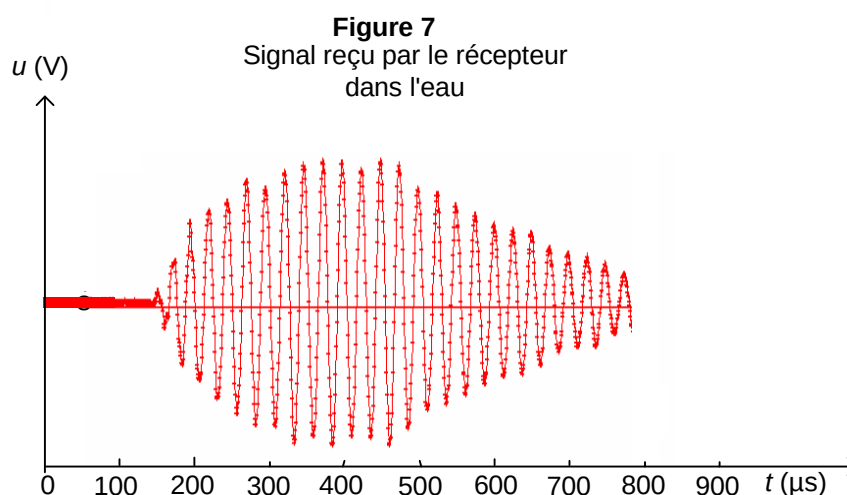
1.2. Les ondes ultrasonores sont des ondes longitudinales.

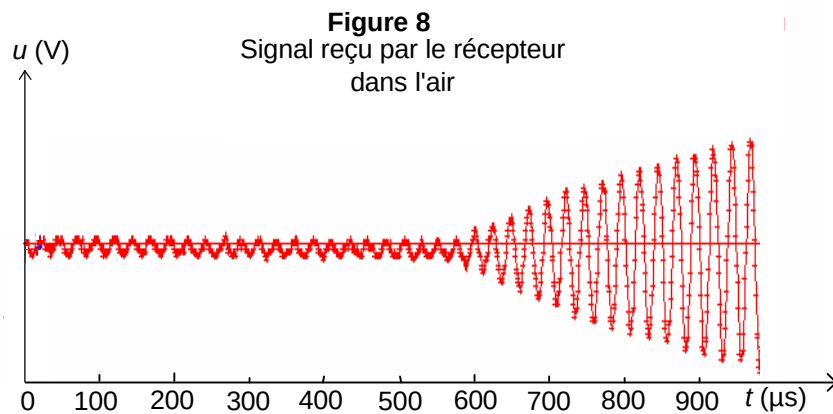
Donner la définition d'une onde longitudinale.

2. Vitesse de propagation et milieu de propagation

Un émetteur ultrasonore est relié à un générateur de salves. L'émetteur est le siège d'oscillations très brèves. Le récepteur transforme l'onde ultrasonore reçue en signal électrique de même fréquence que cette onde. L'émetteur et le récepteur, placés dans un même milieu, en regard l'un de l'autre et à une distance donnée ℓ , sont reliés à un oscilloscope à mémoire. Les acquisitions sont transférées vers un tableur grapheur scientifique.

Les graphes ci-dessous donnent le signal capté par le récepteur. L'origine des dates $t = 0$ s est l'instant de l'émission. Selon les milieux traversés on obtient les deux enregistrements **figure 7** et **figure 8** ci-dessous.





2.1. Sans faire de calcul, expliquer à l'aide des graphiques dans quel milieu la propagation des ultrasons est la plus rapide.

2.2. L'émetteur et le récepteur sont séparés par une distance $\ell = 20,0$ cm.

Calculer la vitesse de propagation des ultrasons dans l'eau.

3. Comprendre le principe de l'échographie - Modélisation

Dans un récipient rempli d'eau, on place une plaque de Plexiglas[®] d'épaisseur e . L'eau simule le corps humain dont la composition est de 65 à 90 % d'eau (excepté pour les os et les dents). La plaque de plexiglas simule un muscle dense.

Une sonde échographique constituée d'un émetteur et d'un récepteur est plongée dans l'eau. Les signaux émis et reçus par la sonde sont très brefs. Sur les oscillogrammes, on représentera par un pic simple les signaux nécessaires à l'exploitation. On choisit sur les oscillogrammes l'origine des dates à l'instant de l'émission du signal.

Schéma de principe :

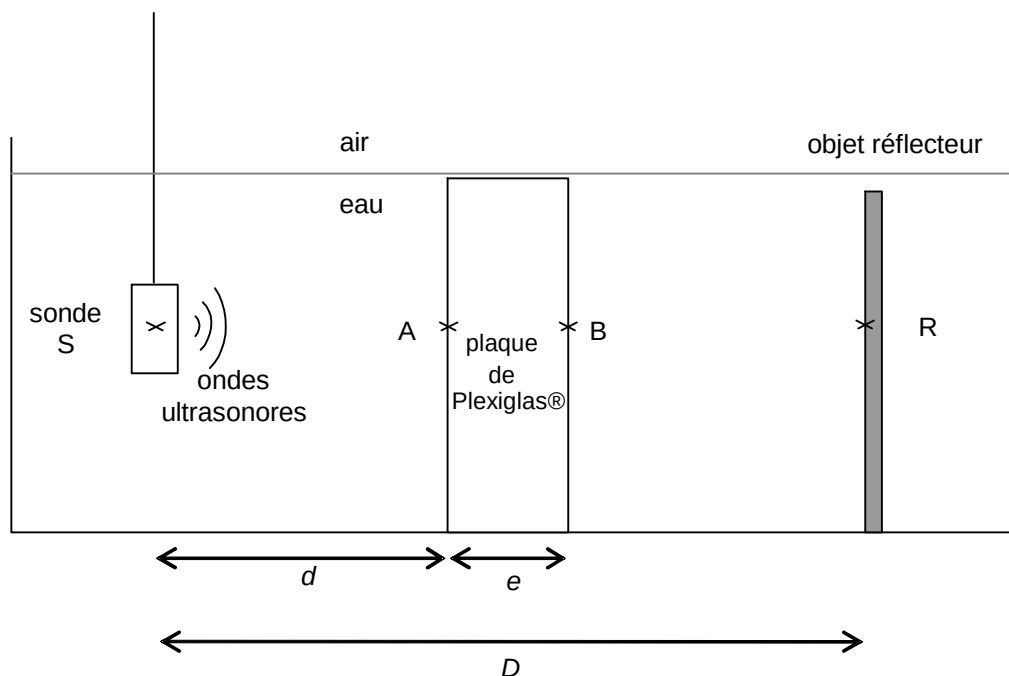
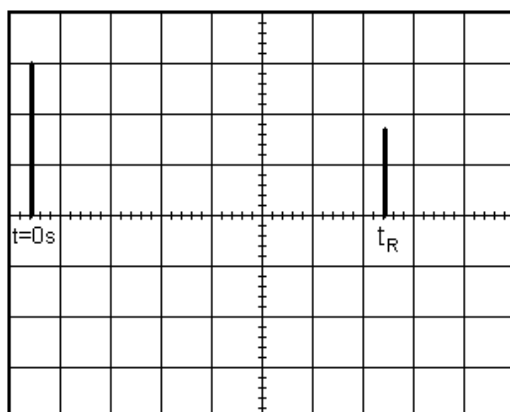


Figure 9

3.1. L'oscillogramme **figure 10** est obtenu sans la plaque de Plexiglas[®]. À l'instant $t = 0$ s on visualise le signal émis par la sonde. À l'instant t_R , on visualise l'écho réfléchi sur l'objet réflecteur, on l'appellera écho de référence.



La durée de balayage de l'oscilloscope est $\tau_{osc} = 20 \mu s \cdot div^{-1}$.

Figure 10

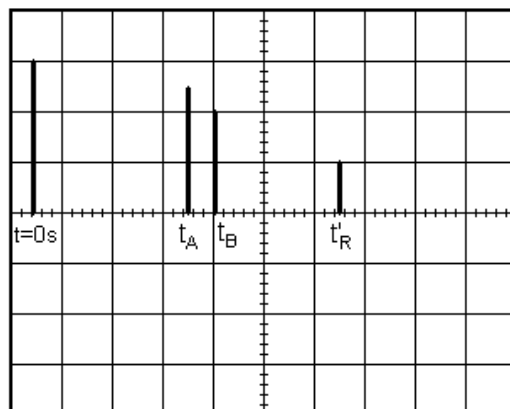
3.1.1. À l'aide de l'oscillogramme **figure 10**, déterminer la date t_R .

3.1.2. Établir que l'expression de la date t_R en fonction de la distance D et de la célérité v des

ultrasons dans l'eau est : $t_R = \frac{2D}{v}$

3.2. L'oscillogramme **figure 11** est obtenu avec la plaque de Plexiglas[®]. t_A et t_B sont les dates auxquelles la sonde détecte les ondes réfléchies par les faces de la plaque de Plexiglas[®].

Le nouvel écho de référence arrive à la date t'_R .



La durée de balayage de l'oscilloscope est $\tau_{osc} = 20 \mu s \cdot div^{-1}$.

Figure 11

3.2.1. Les ultrasons se propagent-ils plus vite dans l'eau ou dans le Plexiglas[®]? Justifier en comparant les résultats obtenus sur **figures 10** et **11**.

3.2.2. On appelle v' la vitesse de propagation des ultrasons dans le Plexiglas[®].

a. Montrer que, la longueur L du trajet total aller-retour du signal dans l'eau uniquement est :

$$L = 2 \cdot (D - e)$$

b. À l'aide de la question 3.2.2.a, exprimer t'_R en fonction de D , e , v et v' .

3.2.3. Donner l'expression de la date t_A , date à laquelle la sonde reçoit l'écho dû à la réflexion partielle au point A, en fonction de d et v .

3.2.4. Donner l'expression de la date t_B , date à laquelle la sonde reçoit l'écho dû à la réflexion partielle au point B, en fonction de d , e , v et v' .

3.3. Exploitation des résultats

À partir des expressions de t_R et t'_R on montre que $t_R - t'_R = \frac{2e}{v} - \frac{2e}{v'}$ (**relation 1**)

À partir des expressions de t_A et t_B on montre que $t_B - t_A = \frac{2e}{v'}$ (**relation 2**)

3.3.1. En utilisant les **relations 1 et 2**, montrer que l'épaisseur e de la plaque a pour expression : $e = \frac{v}{2}(t_R - t'_R + t_B - t_A)$.

3.3.2. Connaissant les dates suivantes : $t'_R = 1,2 \times 10^{-4} \text{ s}$; $t_A = 6,2 \times 10^{-5} \text{ s}$; $t_B = 7,2 \times 10^{-5} \text{ s}$, calculer la valeur de l'épaisseur de la plaque en prenant $v = 1,43 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$

3.3.3. À partir de la **relation 2**, exprimer v' en fonction de e , t_A et t_B puis calculer sa valeur. Ce résultat est-il en accord avec la question 3.2.1. ?

3.4. Principe de l'échographie

On place dans la cuve remplie d'eau un objet en *Plexiglas*® présentant quatre épaisseurs différentes (voir la **figure 12** ci-dessous) simulant la forme d'un muscle.

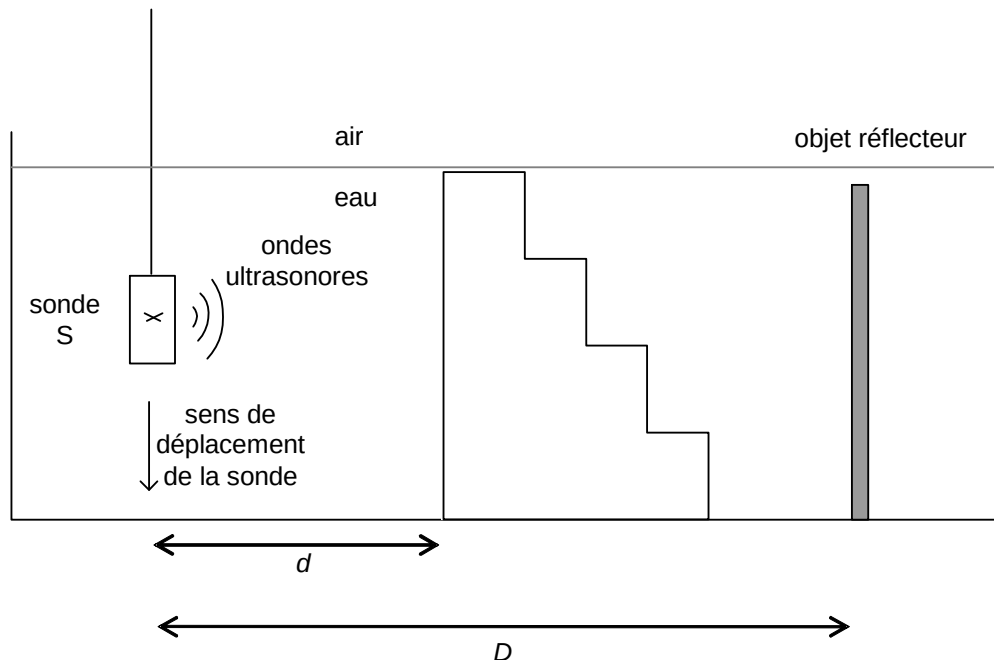


Figure 12

3.4.1. Comment varie t'_R au fur et à mesure que la sonde descend ? Justifier.

3.4.2. Comment varie l'écart $t_B - t_A$ entre l'écho réfléchi à l'entrée de l'objet simulant le muscle et l'écho réfléchi à sa sortie lorsque la sonde descend ? Justifier.

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Question 1.1.4. tableau d'avancement

Équation		$C_{39}H_{74}O_6 + 3 Na^+ + 3 HO^- = 3 (C_{12}H_{23}O_2^- + Na^+) + C_3H_8O_3$				
État du système	avancement (mol)	quantités de matière (mol)				
État initial	0	n_1	n_0	n_0		
État en cours de transformation	x					
État final	x_{max}					

Questions 2.2.4 et 2.2.6.

Évolution de l'avancement de la réaction de dégradation du salicylate de méthyle sous irradiation à 306nm

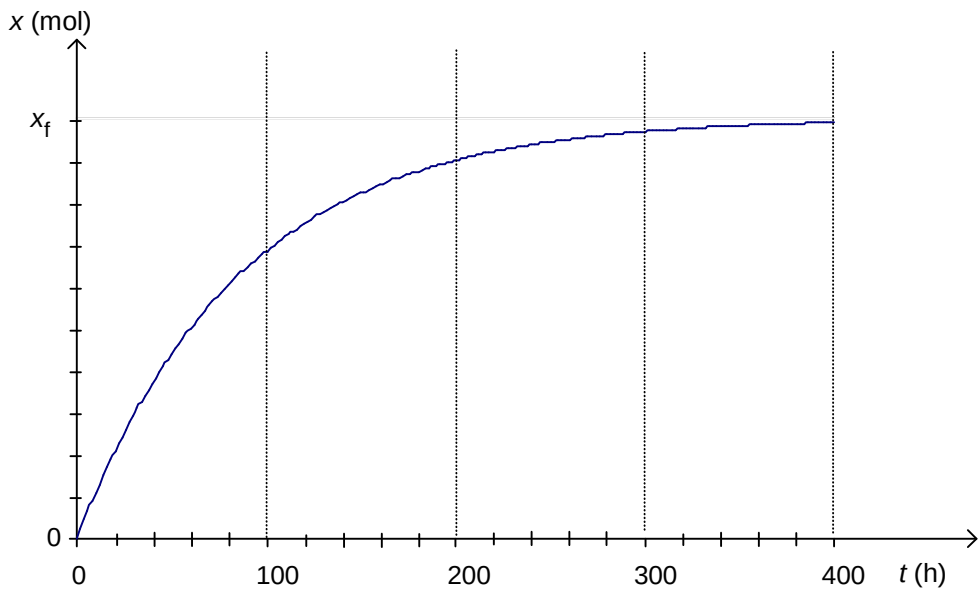


Figure 3

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé
Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci et les annexes.

Les feuilles d'annexe (pages 12 et 13) 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 :

- I. Un bijou peu coûteux. (6,5 points)
- II. Etude d'une bobine par différentes méthodes (5,5 points)
- III. Les dominos (4 points)

EXERCICE I : UN BIJOU PEU CÔTEUX (6,5 points)

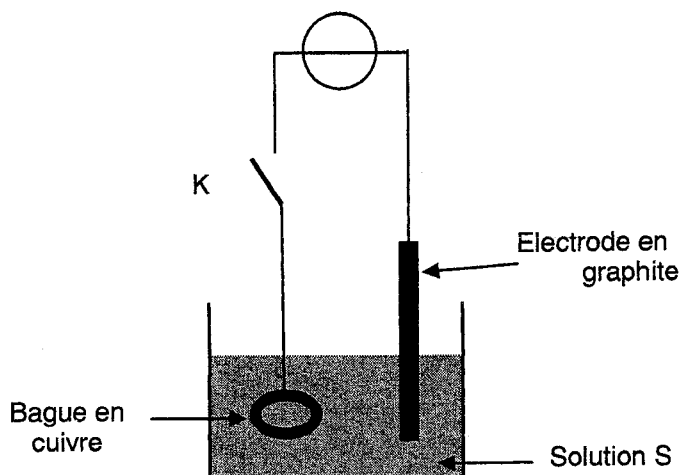
L'argenture est un procédé encore très utilisé qui consiste à déposer une fine couche d'argent sur un métal moins noble, par exemple du cuivre pour la fabrication de bagues bon marché. Le protocole consiste à réaliser une électrolyse en utilisant une solution aqueuse de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+(\text{aq})$, $\text{NO}_3^-(\text{aq})$) afin de déposer sur cette bague en cuivre de l'argent sous forme solide. Le volume de la solution S de nitrate d'argent introduite dans l'électrolyseur sera $V = 500 \text{ mL}$ et sa concentration en soluté apporté $C = 4,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. La bague en cuivre, préalablement décapée, est complètement immergée dans la solution et reliée par un fil conducteur à un générateur comme le décrit le schéma ci-dessous.

Une électrode de graphite (considéré comme inerte) plongée dans la solution, permet la circulation d'un courant électrique. L'électrolyse commence lors de la fermeture de l'interrupteur K. Le générateur délivre alors pendant une durée notée Δt un courant électrique d'intensité I constante.

Au niveau de l'électrode de graphite, on observe un dégagement gazeux et sur l'électrode constituée par la bague, seul un dépôt d'argent apparaît distinctement.

On considérera que les anions nitrate

NO_3^- ne subissent aucune transformation chimique au cours de l'électrolyse. Ils contribuent seulement au passage du courant électrique dans l'électrolyseur.



Données

Couple oxydo-réducteur : $\text{Ag}^+(\text{aq})/\text{Ag}(\text{s})$ $\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{g})$ $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\ell)$

Constante de Faraday $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$;

Masses molaires en g.mol^{-1} : $M(\text{Ag}) = 107,9$ $M(\text{H}) = 1,0$ $M(\text{O}) = 16,0$

1- Bilan de l'électrolyse

- 1.1. La bague en cuivre constitue-t-elle l'anode ou la cathode pour cette électrolyse ? Justifier votre réponse.
Doit-elle être reliée à la borne positive ou négative du générateur de tension présent dans le montage ?
- 1.2. Quelle autre demi-équation d'oxydoréduction est susceptible de se produire à l'électrode constituée par la bague en cuivre ?
- 1.3. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction susceptible de se produire à l'électrode de graphite.
- 1.4. À l'aide des questions précédentes, justifier l'équation suivante traduisant le bilan de l'électrolyse : $4\text{Ag}^+(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) = 4\text{Ag}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq})$
- 1.5. La durée de l'électrolyse est de $\Delta t = 80 \text{ min}$ et l'intensité du courant vaut $I = 24 \text{ mA}$
 - 1.5.1 Déterminer la quantité $n(e^-)$ d'électrons échangée pendant cette durée.
 - 1.5.2 Déterminer la quantité initiale d'ions Ag^+ , $n_i(\text{Ag}^+)$, présents à la fermeture de l'interrupteur.
Compléter le tableau d'avancement en annexe page 12 à rendre avec la copie.

1.5.3 En déduire l'avancement x de la réaction au bout de la durée de fonctionnement Δt .

1.5.4 Déterminer la masse d'argent $m(\text{Ag})$ déposée sur la bague en cuivre.

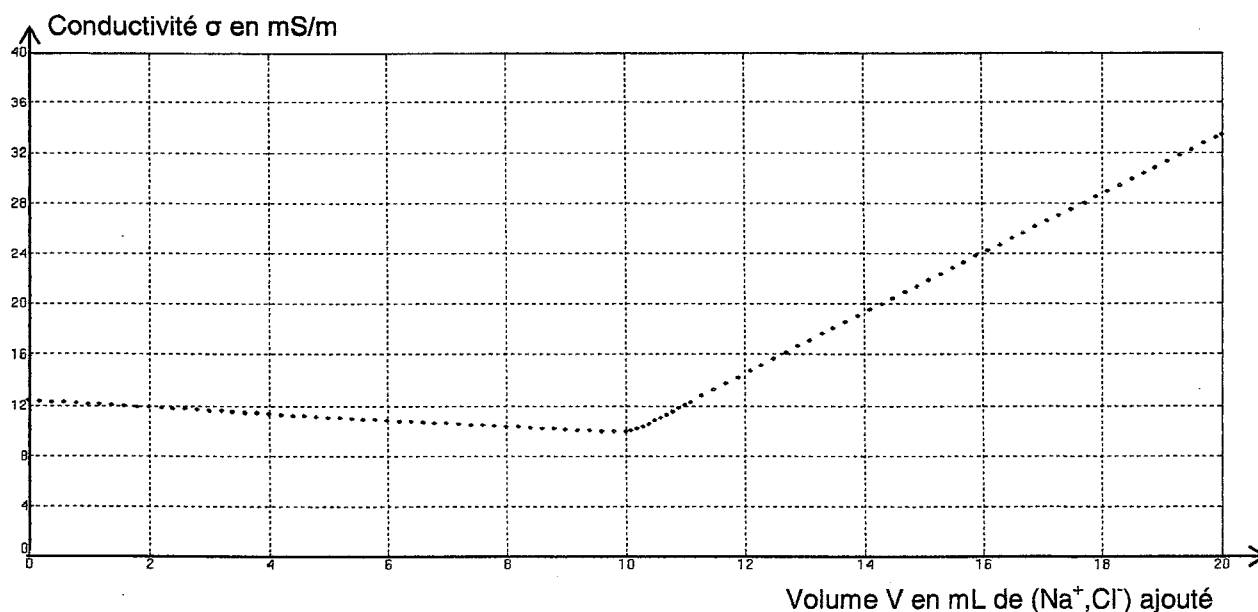
2- Choix d'une réaction support pour doser les ions argent restant après électrolyse

Dans un tube à essais contenant un volume $V = 5,0 \text{ mL}$ de solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$) de concentration en soluté apporté $C = 4,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, on ajoute un volume $V_1 = 1,0 \text{ mL}$ de solution aqueuse de chlorure de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) de concentration en soluté apporté $C_1 = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On observe la formation d'un précipité blanc de chlorure d'argent AgCl(s) .

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction chimique ayant lieu dans le tube à essais.
- 2.2. Exprimer littéralement le quotient de réaction Q_r pour la réaction ainsi écrite.
- 2.3. Calculer le quotient de réaction $Q_{r,i}$ dans l'état initial où les réactifs seraient mélangés sans avoir commencé à réagir.
- 2.4. Sachant que la valeur de la constante d'équilibre à 25°C est de $K = 6,4 \times 10^9$, déterminer le sens d'évolution du système chimique (Justifier votre réponse). Votre résultat est-il en accord avec l'observation faite dans le tube à essais ? Justifier votre réponse.

3- Détermination de la masse d'argent déposée sur la bague en cuivre

On propose de vérifier la valeur de la masse d'argent déposée sur la bague électrolysée en utilisant comme réaction support de dosage celle qui a été déterminée à la question 2.1. On réalise alors un titrage par conductimétrie en récupérant toute la solution S de nitrate d'argent contenue dans l'électrolyseur que l'on place dans un récipient adapté. Cette solution a un volume $V = 500 \text{ mL}$ (on admet que ce volume n'a pas varié après les diverses réactions aux électrodes). On mesure la conductivité du mélange après chaque ajout de la solution titrante de chlorure de sodium de concentration en soluté apporté $C_1 = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. On obtient la courbe ci-dessous :



Pendant le titrage, on négligera les variations de volume du mélange.

- 3.1. Parmi la liste de matériel proposé en annexe page 12 à rendre avec la copie, cocher celui nécessaire à la réalisation du titrage décrit ci-dessus.

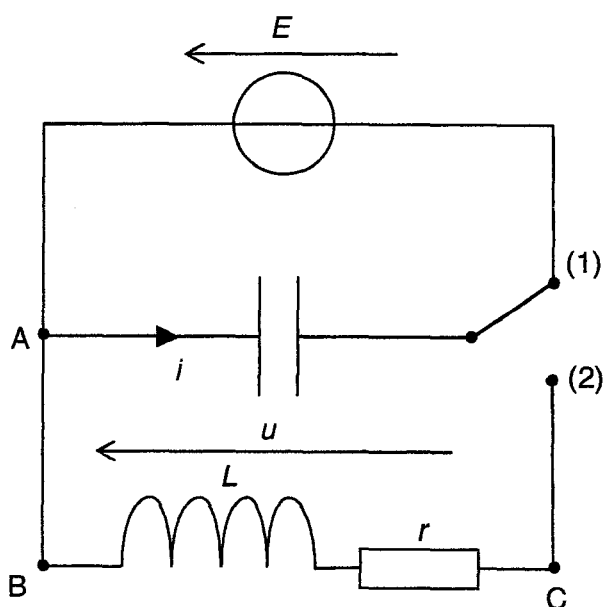
- 3.2. Définir l'équivalence lors de ce titrage.
- 3.3. Déterminer, à l'aide de la courbe ci-dessus, le volume noté V_E de la solution de chlorure de sodium versée à l'équivalence.
- 3.4. Exprimer la quantité de matière des ions argent restants $n_A(\text{Ag}^+)$ dans la solution S en fonction de C_1 et V_E .
- 3.5. Exprimer la quantité de matière d'ions argent $n_c(\text{Ag}^+)$ consommés lors de l'électrolyse en fonction de C_1 , V_E et $n_A(\text{Ag}^+)$, (calculé à la question 1.5.2). Calculer $n_c(\text{Ag}^+)$.
- 3.6. En déduire que la masse d'argent $m(\text{Ag})$ déposé sur la bague en cuivre est de 0,11 g.
- 3.7. Votre réponse est-elle cohérente avec celle donnée à la question 1.5.4 ? Proposer une explication permettant de justifier l'écart possible.

Exercice II : ETUDE D'UNE BOBINE PAR DIFFÉRENTES METHODES (5,5 points)

On se propose dans cet exercice de déterminer l'inductance d'une bobine par différentes méthodes. On dispose pour cela d'un dispositif d'acquisition et d'un logiciel adapté. Dans la première partie de l'exercice la résistance du circuit sera non nulle. Dans les deuxième et troisième parties, un dispositif adapté (non représenté sur les circuits) permettra d'annuler la résistance de l'ensemble.

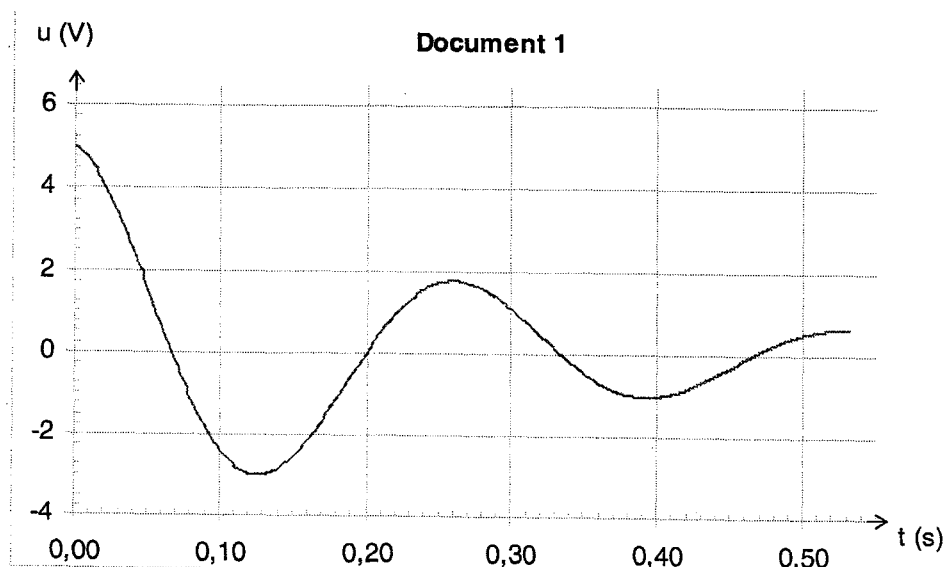
On considère le montage suivant composé :

- d'un générateur de tension de force électromotrice $E = 5,0 \text{ V}$;
- d'un condensateur de capacité $C = 2200 \mu\text{F}$;
- d'une bobine d'inductance L à déterminer, comprise entre 600 et 900 mH, de résistance $r = 15 \Omega$;
- d'un dispositif d'acquisition relié à un ordinateur.



1. Détermination de l'inductance par une méthode temporelle

Le condensateur étant initialement chargé, à la date $t = 0$, on bascule l'interrupteur de la position (1) vers la position (2). Le système d'acquisition relié à l'ordinateur permet d'enregistrer la courbe d'évolution de la tension u aux bornes du condensateur en fonction du temps. La courbe obtenue est représentée sur le **document 1** ci-dessous.

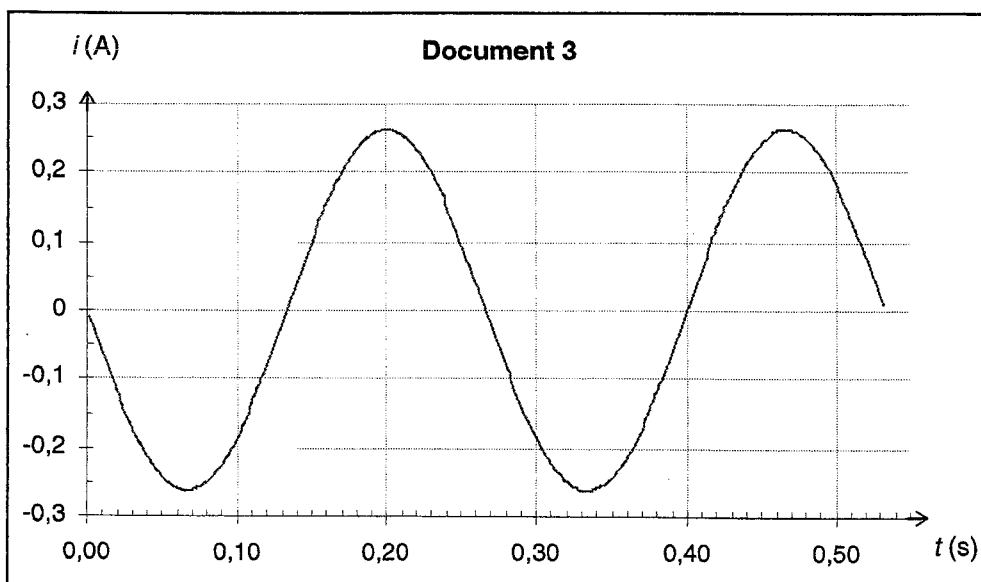
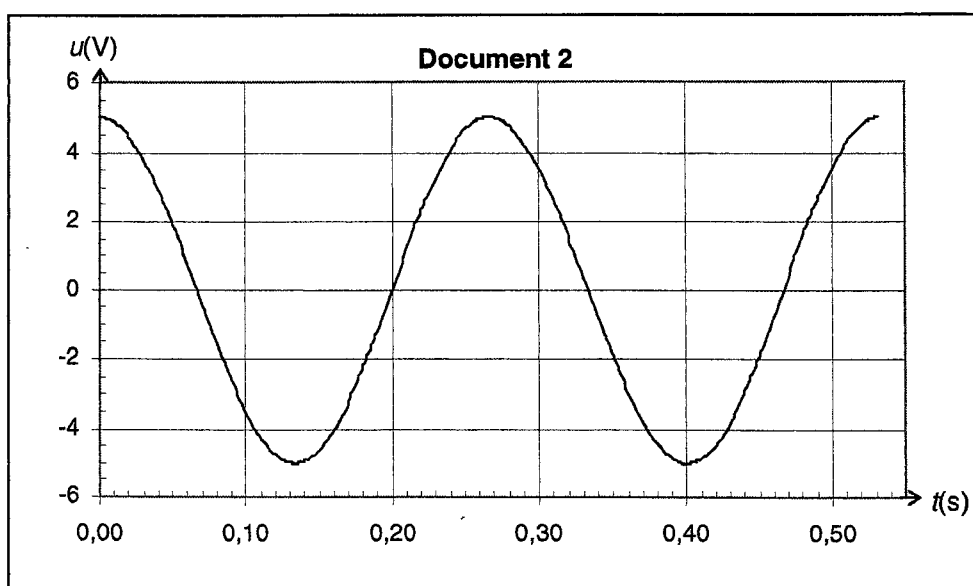


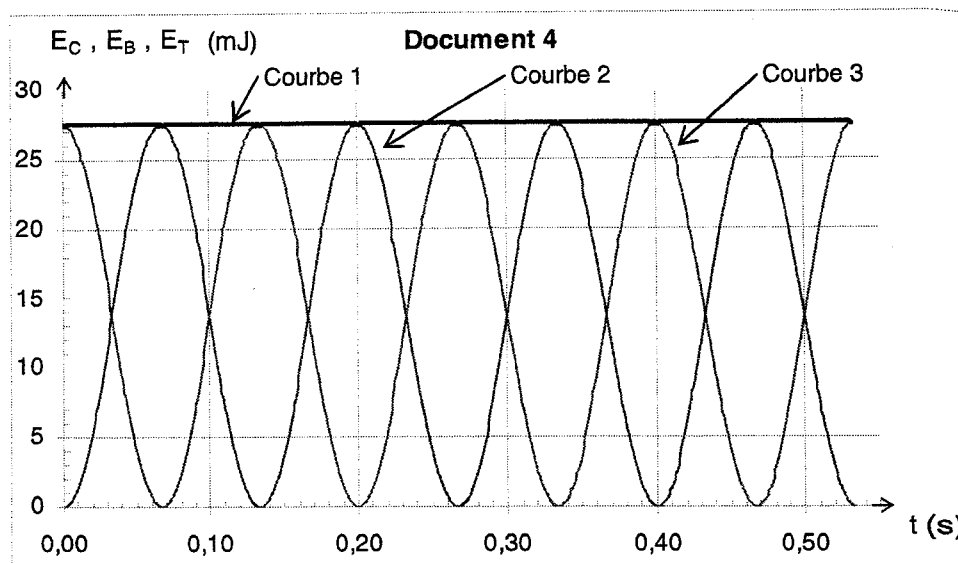
- 1.1. Quel est le phénomène observé ?
- 1.2. Déterminer graphiquement la pseudo-période T de la tension.
- 1.3. En assimilant la pseudo-période à la période propre T_0 , calculer la valeur L de l'inductance de la bobine.

2. Détermination de l'inductance par une méthode énergétique

L'objectif de cette partie est de déterminer la valeur de l'inductance de la même bobine par une méthode énergétique. On notera par la suite E_C l'énergie emmagasinée dans le condensateur, E_B l'énergie emmagasinée dans la bobine et E_T l'énergie totale du circuit. On ajoute au circuit précédent un dispositif qui permet d'annuler la résistance de la bobine sans modifier son inductance. On considérera pour la suite de l'exercice que le nouveau circuit ainsi obtenu est composé uniquement d'un condensateur et d'une bobine idéale (*résistance nulle*).

On charge à nouveau le condensateur avant de basculer l'interrupteur en position (2) à la date $t = 0$ s. Le logiciel permet de tracer les courbes donnant l'évolution de la tension u aux bornes du condensateur, (document 2), de l'intensité (document 3) et des différentes formes d'énergie en fonction du temps (document 4).

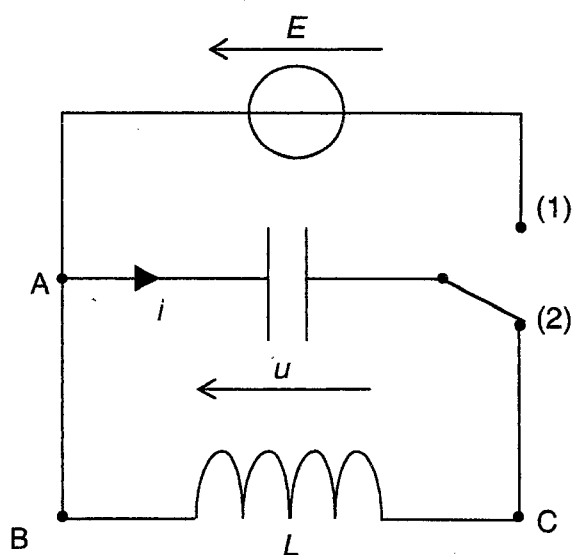




- 2.1. Rappeler les expressions littérales des énergies E_C et E_B en fonction de L , C , u et i .
- 2.2. En déduire l'expression de l'énergie E_T du circuit, en fonction de L , C , u et i .
- 2.3. Identifier sur le document 4, les courbes donnant l'évolution de E_B , E_C et de E_T . Justifier votre réponse.
- 2.4. Déterminer graphiquement la valeur de l'énergie E_T du circuit.
- 2.5. Dans quel dipôle est emmagasinée l'énergie à la date $t = 0,20$ s? Justifier votre réponse.
- 2.6. En déduire la valeur de l'inductance de la bobine. L'exploitation d'un document peut s'avérer nécessaire pour répondre à cette question.

3. Modélisation de la tension et de l'intensité

On souhaite établir l'expression de la tension en fonction du temps et celle de l'intensité en fonction du temps. Comme pour la partie 2, on considèrera comme nulle la résistance totale du circuit.



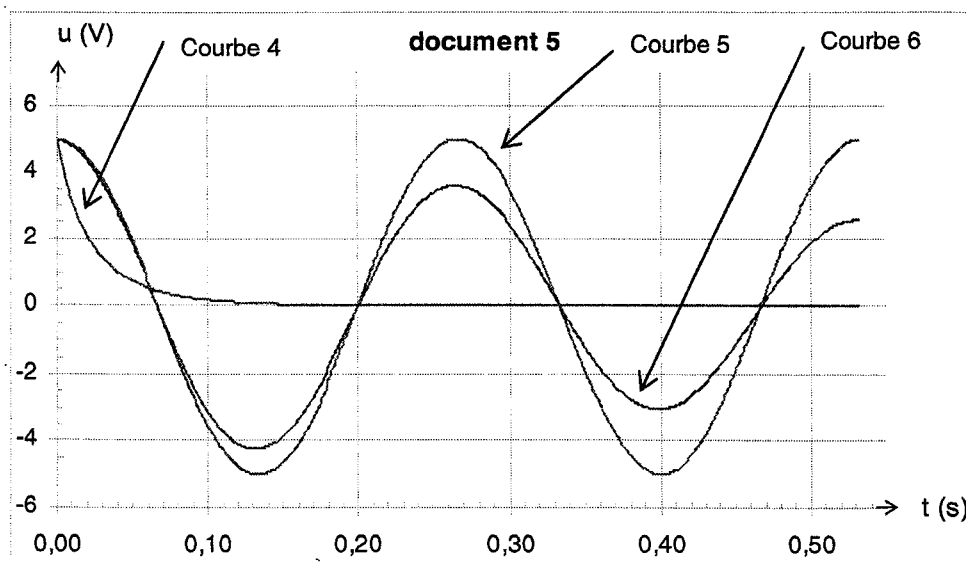
- 3.1. En tenant compte des conventions d'orientation figurant sur le schéma du circuit, donner l'expression de la tension u aux bornes de la bobine en fonction de l'intensité i du courant qui la traverse et de son inductance L .

- 3.2. Donner l'expression de l'intensité i du courant qui parcourt le circuit, lorsque l'interrupteur est en position (2), en fonction de la tension u et de la capacité C du condensateur.
- 3.3. En déduire l'équation différentielle vérifiée par le circuit sous la forme $\ddot{u} + A^2 u = 0$ dans laquelle A représente une constante à déterminer littéralement en fonction de L et C .
- 3.4. La solution de l'équation différentielle est de la forme $u(t) = u_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$. Dans cette expression $u_{\max}$ représente l'amplitude ($u_{\max} > 0$), T_0 représente la période propre et φ la phase à l'origine.
- 3.4.1. À partir de l'enregistrement de l'évolution de la tension (document 2) déterminer les valeurs des constantes $u_{\max}$ et φ puis écrire $u(t)$ sous forme numérique.
- 3.4.2. En déduire l'expression numérique de $i(t)$.

4. Comparaison de différents régimes de fonctionnement

Le dispositif destiné à annuler la résistance de la bobine peut être réglé de façon que la résistance totale du circuit soit plus ou moins importante. On réalise des acquisitions en déchargeant le condensateur dans la bobine et en testant successivement différents réglages du dispositif de compensation de la résistance de la bobine.

On réalise 4 expériences et, pour chacune d'entre elles, on mesure la résistance totale du circuit de décharge, comportant le condensateur, la bobine et le dispositif de compensation de résistance. On enregistre à chaque fois la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps (courbes du document 5).



- 4.1. Compléter le tableau donné en annexe page 13 à rendre avec la copie.
- 4.2. Justifier l'aspect de la courbe 6 par des considérations énergétiques.

EXERCICE III : LES DOMINOS (4 points)

On souhaite préparer le départ d'une bille pour un « dominos-cascade ». La bille lancée doit aller percuter le premier domino pour déclencher les chutes en cascade. Les dominos étant déjà tous installés, on ne peut pas faire d'essais : les conditions de lancer et la trajectoire doivent donc être calculées.

Le schéma ci-dessous (figure 1) décrit la situation. Attention, les échelles ne sont pas respectées.

On suppose dans l'ensemble de l'exercice que :

- le référentiel terrestre est galiléen le temps de l'expérience ;
- la bille est assimilée à un point matériel ;
- les frottements solides et fluides sont négligeables.

On prendra $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

La masse de la bille est $m = 60 \text{ g}$.

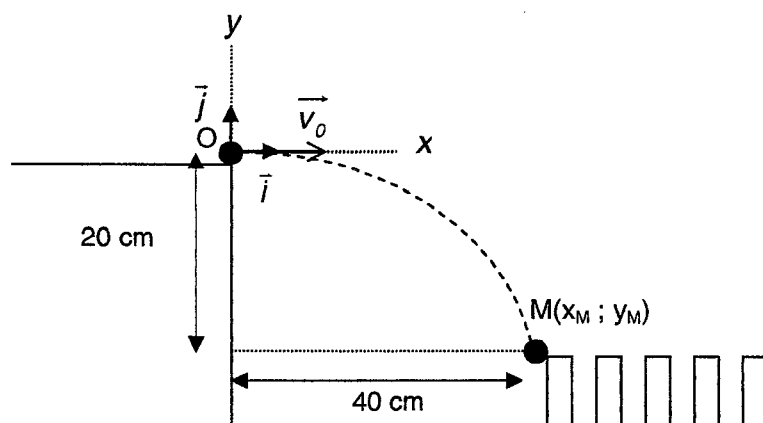


Figure 1

1. Equation de la trajectoire.

On suppose dans cette partie que la bille arrive en O de coordonnées (0 ; 0) avec une vitesse $\vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$ de direction horizontale. L'instant où la bille arrive en ce point sera pris comme origine des temps ($t = 0$).

- 1.1. A quelle force est soumise la bille entre les points O et M exclus.
- 1.2. En appliquant la seconde loi de Newton à la bille lorsqu'elle a quitté le point O, établir la relation entre le vecteur accélération du centre d'inertie de la bille $\vec{a}$ et le vecteur accélération de pesanteur $\vec{g}$.

On montre que les coordonnées du vecteur vitesse du centre d'inertie de la bille dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont : $v_x(t) = v_0$ et $v_y(t) = -gt$

- 1.3. Montrer alors que l'équation de la trajectoire du centre d'inertie de la bille entre O et M est :

$$y(x) = \frac{-g x^2}{2 v_0^2}$$

- 1.4. Calculer v_0 pour que le centre d'inertie de la bille arrive en M dont les coordonnées dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont $x_M = 0,40 \text{ m}$ et $y_M = -0,20 \text{ m}$.

2. Solutions techniques pour que la bille arrive en O avec la vitesse $\vec{v}_0$.

2.1. Utilisation d'un plan incliné :

Dans cette situation (illustrée par la figure 2 ci après), la bille est lâchée sans vitesse initiale d'un point A (de coordonnées x_A et y_A) situé en haut d'un plan incliné réglable très lisse sur lequel la bille glisse sans frottement.

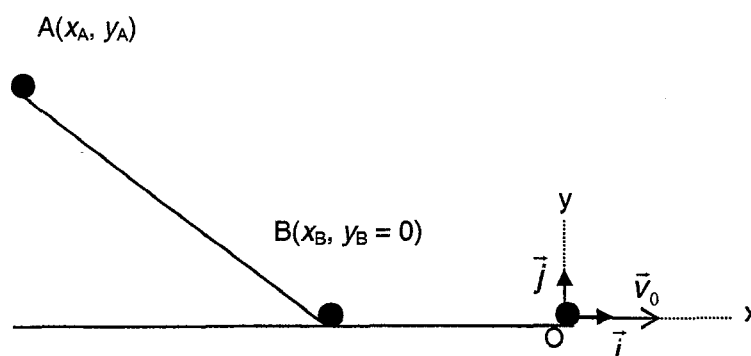


Figure 2

Ensuite, la bille roule entre les points B et O : sur cette portion on considèrera que la valeur de la vitesse du centre d'inertie de la bille reste constante ; ainsi on aura $v_B = v_0$.

Sur la portion AB, on peut considérer que la bille est soumise à deux forces constantes : le poids $\vec{P}$ et la réaction du plan incliné $\vec{R}$. En un point quelconque du trajet AB, ces vecteurs forces sont représentés sur la figure 3 ci après (représentation sans considération d'échelle).

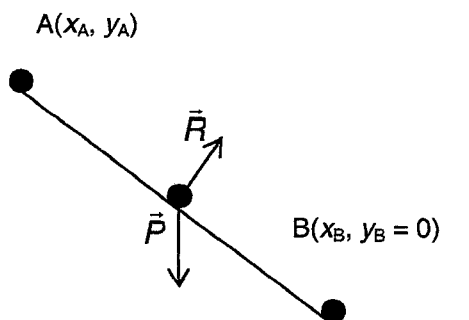


Figure 3

La force $\vec{R}$ dont la direction est constamment perpendiculaire au trajet AB n'effectue aucun travail. Ainsi, la seule force qui effectue un travail sur le trajet AB est le poids $\vec{P}$ qui est une force conservative : on peut donc affirmer que l'énergie mécanique du système {bille-Terre} se conserve entre A et B.

L'origine des énergies potentielles de pesanteur est prise au point O d'altitude $y_0 = 0$. On a donc $E_p(O) = 0$.

2.1.1. Établir l'expression de l'énergie mécanique $E_M(A)$ de la bille en A en fonction de y_A .

2.1.2. Établir l'expression de l'énergie mécanique $E_M(B)$ de la bille en B en fonction de v_B .

2.1.3. En déduire l'expression de y_A en fonction de $v_0 = v_B$

2.1.4. Calculer y_A pour que v_0 ait la valeur de $2,0 \text{ m.s}^{-1}$.

2.2. Utilisation d'un canon à bille :

Si on ne dispose pas de la place nécessaire à l'installation du plan incliné précédent, on peut utiliser un petit canon à ressort de raideur $k = 50 \text{ N.m}^{-1}$ (voir figure 4 ci après).

Le ressort au repos a son extrémité en O de coordonnées (0, 0). L'opérateur le comprime en exerçant une force notée $\vec{F}_{op}$ jusqu'à ce que son extrémité soit en C de coordonnées (x_C , 0).

On pose alors la bille au contact du ressort. On admet que l'abscisse de la bille (assimilée à un point matériel) est confondue avec l'abscisse de l'extrémité du ressort est repérée par x . Lorsqu'on lâche le tout, la bille acquiert de la vitesse. Un système de blocage limite la détente complète en arrêtant le ressort au point O (de coordonnées 0 ; 0).

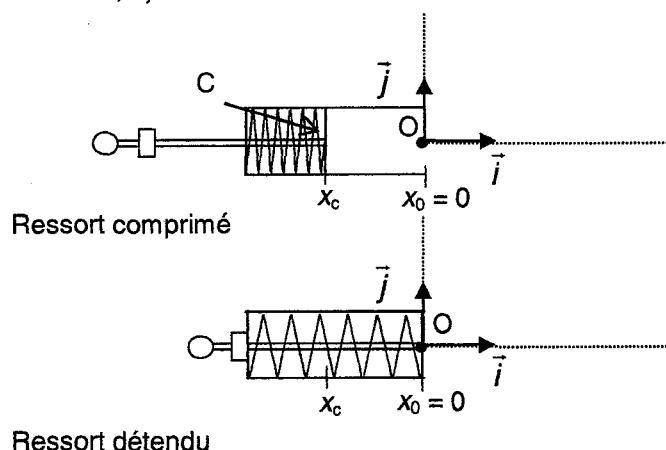


Figure 4

2.2.1. Donner l'expression vectorielle de la force de rappel notée $\vec{F}$ exercée par le ressort.

2.2.2. Au cours de la compression du ressort, la force exercée par l'opérateur et notée $\vec{F}_{op}$ est à chaque instant opposée à la force de rappel du ressort $\vec{F}$. En déduire l'expression vectorielle de la force $\vec{F}_{op}$.

2.2.3. Montrer que le travail de la force $\vec{F}_{op}$ entre les points O et C a pour expression :

$$W_{OC}(\vec{F}_{op}) = \frac{1}{2} k x_C^2$$

2.2.4. Le travail de $\vec{F}_{op}$ a uniquement contribué à augmenter l'énergie potentielle élastique du ressort. Si on considère que, après avoir été relâché, celui-ci la restitue entièrement à la bille sous forme d'énergie cinétique, exprimer x_C en fonction de v_0 , m et k .

2.2.5. Application numérique : calculer la coordonnée x_C dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ pour que v_0 ait la valeur $2,0 \text{ m.s}^{-1}$.

ANNEXES DE L'EXERCICE I

Question 1.5.2 : tableau d'avancement à compléter

Équation de la transformation chimique		$4\text{Ag}^+(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) = 4\text{Ag}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq})$					
État du système	Avancement en mol	$n(\text{Ag}^+)$ en mol	$n(\text{H}_2\text{O})$ en mol	$n(\text{Ag})$ en mol	$n(\text{O}_2)$ en mol	$n(\text{H}^+)$ en mol	$n(e^-)$ échangés
État initial	$x = 0$		Excès			Excès	
État intermédiaire	x		Excès			Excès	

Question 3.1. : compléter le tableau en cochant dans la deuxième colonne le matériel nécessaire au dosage

Matériel proposé	Matériel nécessaire pour le dosage
Burette de 25,0 mL	
Becher de 1,0 L	
Becher de 250 mL	
Becher de 50 mL	
Conductimètre avec sa sonde	
pHmètre avec son électrode	
Agitateur magnétique	
Barreau aimanté	
Eprouvette graduée de 25 mL	
Eprouvette graduée de 100 mL	
Pipette graduée de 10,0 mL	
Pipette graduée de 25,0 mL	

ANNEXE DE L'EXERCICE II**Question 4.1.**

Résistance totale du circuit de décharge (Ω)	N° de la courbe correspo ndante	Nom du régime associé	Justification
0			
2,0			
80			

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2009

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 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

**Les feuilles d'annexes (pages 12/14, 13/14 et 14/14)
SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE**

EXERCICE I. RECORD DE SAUT EN LONGUEUR À MOTO (6 points)

Le 31 Mars 2008, l'Australien Robbie Maddison a battu son propre record de saut en longueur à moto à Melbourne. La Honda CR 500, après une phase d'accélération, a abordé le tremplin avec une vitesse de 160 km.h^{-1} et s'est envolée pour un saut d'une portée égale à 107 m.

Dans cet exercice, on étudie les trois phases du mouvement (voir figure 1), à savoir :

- la phase d'accélération du motard (de A à B),
- la montée du tremplin (de B à C),
- le saut (au-delà de C).

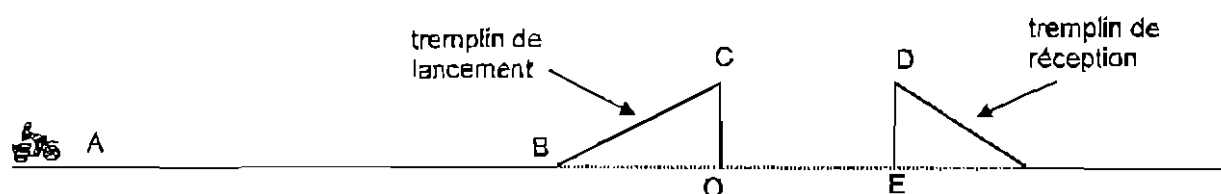


Figure 1.

Dans tout l'exercice, le système {motard+moto} est assimilé à son centre d'inertie G. L'étude est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

On pose $h = OC = ED$

Données :

- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Masse du système : $m = 180 \text{ kg}$
- $L = BC = 7,86 \text{ m}$

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

1. La phase d'accélération du motard.

On considère que le motard s'élance, avec une vitesse initiale nulle, sur une piste rectiligne en maintenant une accélération constante.

Une chronophotographie (en vue de dessus) représentant les premières positions successives du centre d'inertie G du système est donnée en annexe 1 à rendre avec la copie.

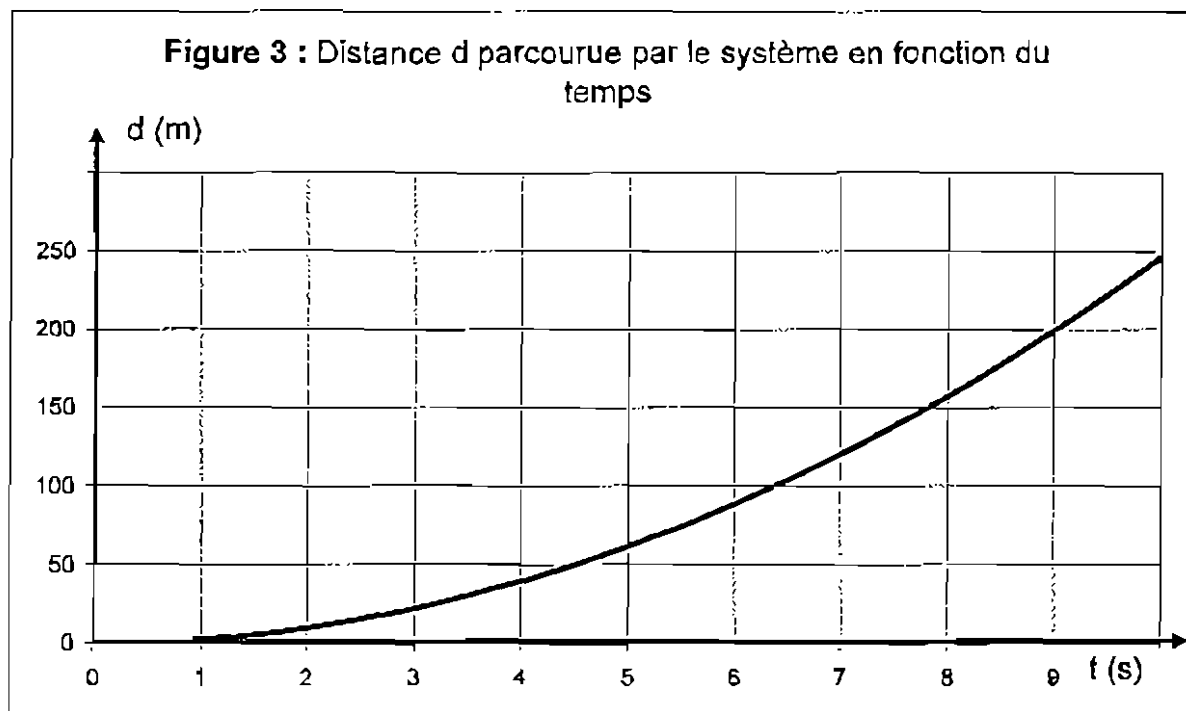
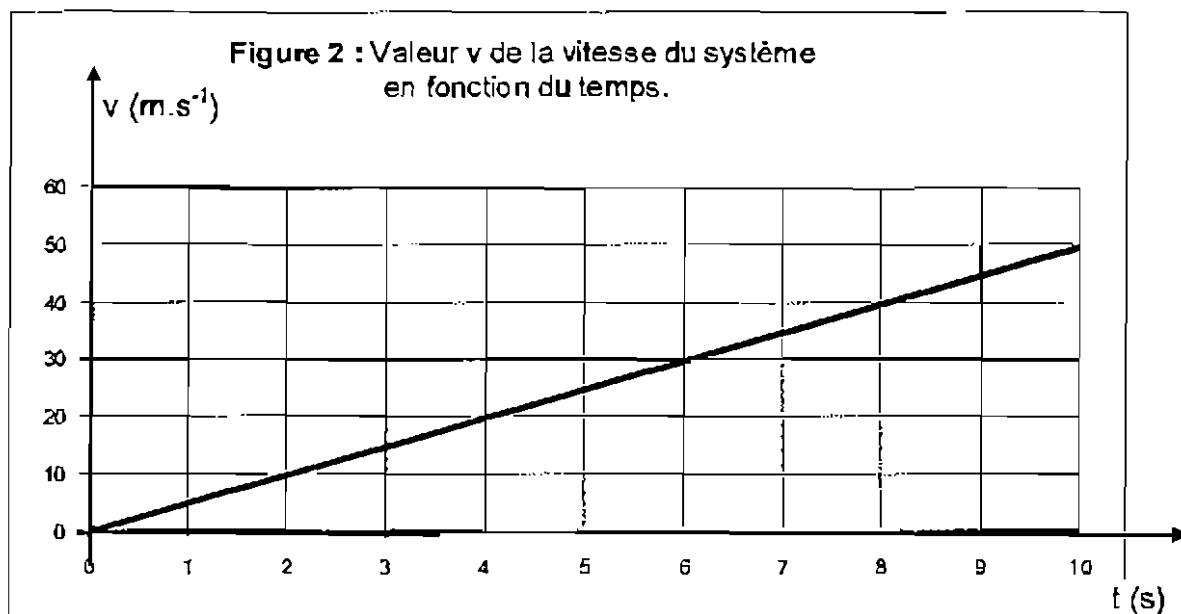
La durée $\tau = 0,800 \text{ s}$ sépare deux positions successives du centre d'inertie G.

À $t = 0$, le centre d'inertie du système est au point A (G_0 sur la chronophotographie).

1.1. Exprimer les valeurs des vitesses $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_4$ du centre d'inertie G aux points G_2 et G_4 puis les calculer.

1.2. Représenter les vecteurs vitesses $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_4$ sur l'annexe 1 en respectant l'échelle suivante : 1 cm pour 2 m.s^{-1} .

- 1.3. Représenter sur l'annexe 1, le vecteur $\Delta \vec{v}_3 = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$.
- 1.4. Donner l'expression du vecteur accélération $\vec{a}_3$ au point G_3 puis calculer sa valeur.
- 1.5. Sont représentées ci-dessous les évolutions au cours du temps de la valeur v de la vitesse du motard (figure 2) et de la distance d qu'il parcourt depuis la position G_0 (figure 3).



- 1.5.1. Montrer que la courbe donnée en figure 2 permet d'affirmer que la valeur de l'accélération est constante.
- 1.5.2. En utilisant la figure 2, estimer la valeur de l'accélération du motard. Vérifier que le résultat est compatible avec la valeur calculée en 1.4.
- 1.5.3. En utilisant la figure 2 et la figure 3, déterminer la distance parcourue par le motard lorsque celui-ci a atteint une vitesse de 160 km.h^{-1} .

2. La montée du tremplin.

Le motard aborde le tremplin au point B, avec une vitesse de 160 km.h^{-1} et maintient cette vitesse jusqu'au point C. Le repère d'étude $(O, \vec{i}, \vec{k})$ est indiqué sur la figure 4. Le tremplin est incliné d'un angle $\alpha = 27^\circ$ par rapport à l'horizontale.

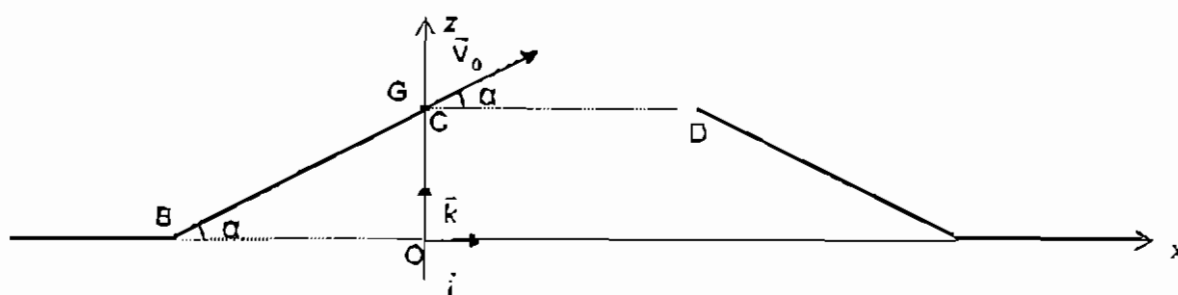


Figure 4

Dans cette partie du mouvement, on choisit l'altitude du point B comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur : $E_{pp} = 0$ pour $z_B = 0$.

- 2.1. Exprimer l'énergie mécanique du système en fonction, entre autres, de la valeur de la vitesse instantanée v et de l'altitude z .
- 2.2. Exprimer la variation d'énergie potentielle de pesanteur du système, lorsqu'il passe du point B au point C en fonction de m , g , BC et α . La calculer.
- 2.3. En déduire en justifiant comment évolue l'énergie mécanique du système lorsqu'il passe de B à C.

3. Le saut.

Le motard quitte le tremplin en C avec une vitesse initiale $v_0 = 160 \text{ km.h}^{-1}$.

Toutes les actions autres que le poids du système sont supposées négligeables. On souhaite étudier la trajectoire du centre d'inertie G du système dans ces conditions.

Le repère d'étude est $(O, \vec{i}, \vec{k})$ et l'origine des dates est choisie à l'instant où le système quitte le point C (voir figure 4).

La vitesse initiale $\vec{v}_0$ du centre d'inertie G du système est inclinée d'un angle $\alpha = 27^\circ$ par rapport à l'horizontale.

- 3.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que les équations horaires du mouvement du point G s'écrivent :

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

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

- 3.2. Montrer que l'équation de la trajectoire est :

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

- 3.3. À quelle distance maximale de C doit se trouver le point D pour que « l'atterrissage » se fasse sur le tremplin ?
- 3.4. Comparer cette valeur avec celle donnée dans l'énoncé. Comment peut-on interpréter cet écart ?

EXERCICE II. QUELLE SERA L'AUTOMOBILE DU FUTUR ? (6 points)

Le moteur thermique, étant très certainement appelé à disparaître, les constructeurs automobiles recourront probablement au « tout électrique » ou à une motorisation hybride mettant en jeu une pile à combustible.

Le but de cet exercice est d'étudier d'une part le supercondensateur pouvant intervenir dans ces deux types de véhicules et d'autre part, la pile à combustible.

1. Étude du supercondensateur

Un supercondensateur est un condensateur de technologie particulière permettant de stocker une quantité d'énergie beaucoup plus élevée qu'un condensateur électrolytique classique. Il permet de plus de la restituer plus rapidement qu'un accumulateur électrochimique.

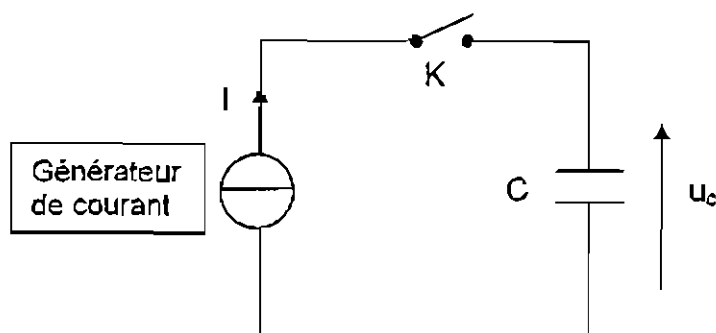
Un supercondensateur est donc idéal pour stocker de l'énergie lors d'un freinage et la restituer, par exemple, lors d'une phase d'accélération.

Les caractéristiques du supercondensateur étudié, données à une température de 25°C par le fabricant, sont fournies ci-dessous :

- Capacité : 2600 F
- Tension nominale : 2,7 V
- Masse : 500 g
- Énergie massique du condensateur chargé sous une tension de 2,7 V : 19 kJ.kg⁻¹

1.1. Charge du condensateur à courant constant

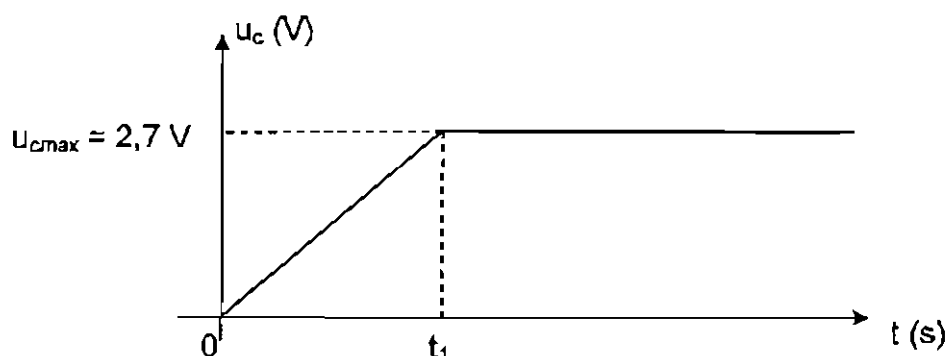
On réalise le circuit ci-dessous :



À l'instant $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur K. On charge alors ce condensateur à l'aide d'un générateur de courant qui permet de délivrer une intensité constante $I = 10$ A puis on ouvre l'interrupteur à un instant $t = t_1$.

Un système d'acquisition permet de visualiser la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps.

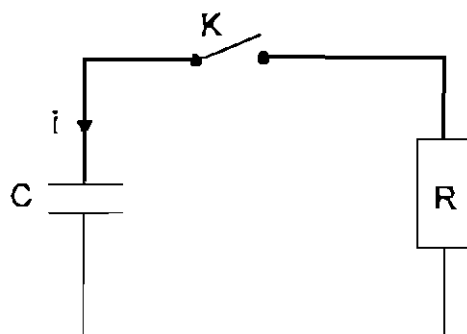
On obtient la courbe suivante :



- 1.1.1. Recopier le schéma du montage électrique puis indiquer les branchements à réaliser pour visualiser la tension aux bornes du condensateur (voie 1 et masse).
- 1.1.2. Exprimer u_c en fonction de C et de la charge du condensateur.
- 1.1.3. Exprimer t en fonction de C , u_c et I lorsque $0 \leq t \leq t_1$.
- 1.1.4. À l'aide de la courbe ci-dessus, calculer t_1 .
- 1.1.5. Exprimer puis calculer l'énergie emmagasinée par le condensateur lorsque la tension à ses bornes est de $2,7$ V.
- 1.1.6. Le résultat est-il en accord avec les caractéristiques données par le fabricant ? Justifier.

1.2. Décharge du condensateur

Le condensateur étant chargé sous une tension de $2,7$ V, on réalise le circuit suivant pour étudier sa décharge à travers un conducteur ohmique de résistance $R = 1,0 \Omega$:



À l'instant $t = 0$ s, on ferme l'interrupteur K . On visualise, à l'aide du système d'acquisition, l'évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps.

- 1.2.1. Reproduire le schéma ci-dessus, puis, en utilisant la convention récepteur, représenter les tensions u_c aux bornes du condensateur et u_R aux bornes du conducteur ohmique.

1.2.2. Établir l'équation différentielle vérifiée par u_C , donnée ci-dessous :

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$$

1.2.3. Par une équation aux dimensions, montrer que le produit RC est homogène à un temps.

1.2.4. La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme

$$u_C = A + B.e^{-t/RC} \text{ où } A \text{ et } B \text{ sont des constantes.}$$

À partir de la condition initiale, trouver une relation entre A et B .

Quelle est la valeur de u_C lorsque le condensateur est déchargé ?

En déduire les valeurs de A et B .

1.2.5. La courbe représentant l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction du temps est donnée en annexe 2 à rendre avec la copie.

Déterminer graphiquement la constante de temps du circuit, par une méthode au choix que l'on précisera. Vérifier cette valeur par le calcul.

2. Étude d'une pile à combustible

Une pile à combustible (PAC) est un assemblage de cellules élémentaires, comprenant deux électrodes contenant un catalyseur (le plus souvent du platine), séparées par un électrolyte, dont le rôle est de permettre la migration des ions d'une électrode à l'autre.

Le comburant est du dioxygène. Le combustible est le plus souvent du dihydrogène. Ce combustible, gazeux à température ambiante et inflammable, pose des problèmes de stockage.

Un autre combustible possible est le méthanol. Ce combustible est certes toxique, mais liquide, à température ambiante. Il est principalement produit à partir de gaz naturel. On se dispense ainsi du problème de stockage du dihydrogène. Une telle pile à combustible est appelée DMFC (Direct Methanol Fuel Cells).

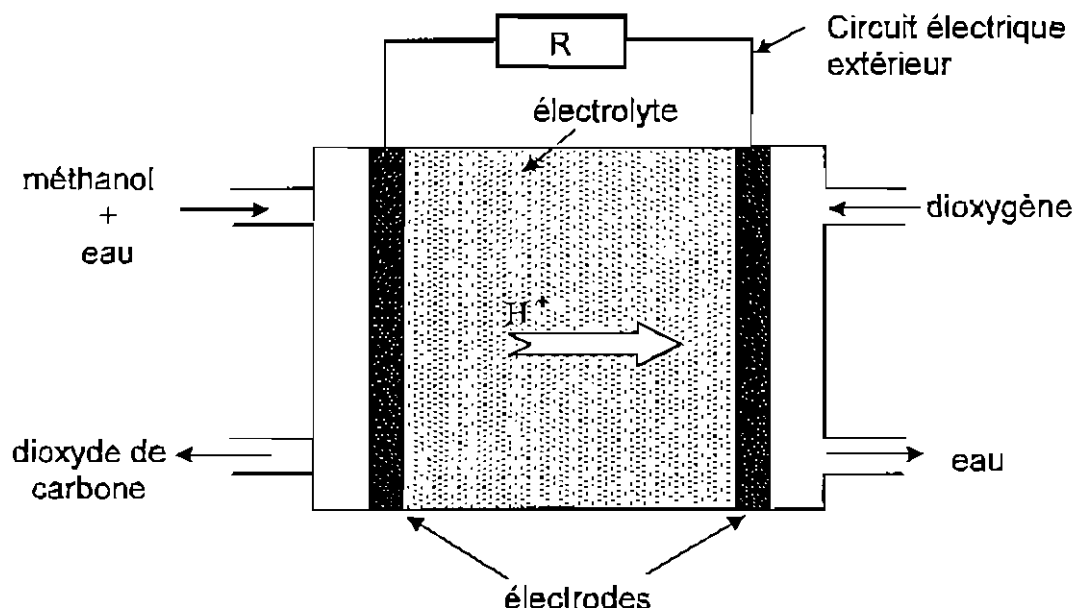
L'électrolyte utilisé est acide.

Cette deuxième partie s'intéresse à la réaction dans les DMFC.

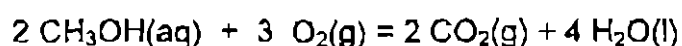
Données :

- La température est fixée à 298 K dans tout l'exercice.
- masses molaires :
 $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(O) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(C) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- charge élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- masse volumique du méthanol liquide : $\rho = 0,79 \text{ g.mL}^{-1}$

La pile débite un courant à travers un dipôle ohmique de résistance R selon le schéma ci-dessous :



L'équation associée à la réaction lorsque la pile débite est :



2.1. Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont $\text{CO}_2(\text{g})/\text{CH}_3\text{OH}(\text{aq})$ et $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

Écrire les demi-équations électroniques rendant compte des transformations se produisant à chaque électrode.

Préciser à quelle électrode a lieu chaque réaction et indiquer s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

2.2. Indiquer la polarité des électrodes sur le schéma de la pile à combustible de l'annexe 2 à rendre avec la copie et représenter le sens de circulation des électrons dans le circuit extérieur, lorsque la pile fonctionne.

2.3. La pile débite un courant de 50 mA pendant 2,0 h.

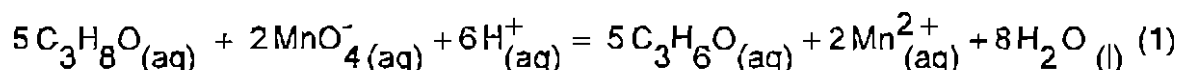
Exprimer puis calculer le nombre de moles d'électrons n_e transférés spontanément pendant cette durée.

2.4. Exprimer la masse de méthanol consommé en fonction du nombre de moles d'électrons n_e puis la calculer.

2.5. Exprimer puis calculer le volume de méthanol consommé.

EXERCICE III. OXYDATION DU PROPAN-2-OL (4 points)

Dans cet exercice, on étudie l'évolution temporelle de la réaction d'oxydation du propan-2-ol par les ions permanganate. Cette réaction aboutit lentement à la formation de la propanone. L'équation (1) associée à la réaction s'écrit :



La transformation associée sera considérée comme totale.

Préparation du mélange réactionnel :

On introduit dans un erlenmeyer 50,0 mL d'une solution de permanganate de potassium de concentration $c_0 = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$ et 50,0 mL d'une solution d'acide sulfurique en excès.

On place l'erlenmeyer sous agitation magnétique.

À l'instant $t = 0$, on ajoute 1,0 mL de propan-2-ol au contenu de l'erlenmeyer.

Étude de l'évolution de l'avancement :

Afin de représenter la courbe qui traduit l'évolution de l'avancement x de la réaction au cours du temps, on prélève à l'instant t , un volume $V = 10,0 \text{ mL}$ du mélange réactionnel que l'on verse dans un bécher contenant 40 mL d'eau glacée.

On titre ensuite les ions permanganate contenus dans le bécher par une solution de sulfate de fer II de concentration $c' = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume équivalent V_E obtenu permet ensuite d'en déduire l'avancement x de la réaction d'oxydation de l'alcool à l'instant t .

On renouvelle l'opération à différents instants et on trace la courbe donnée en annexe 3.

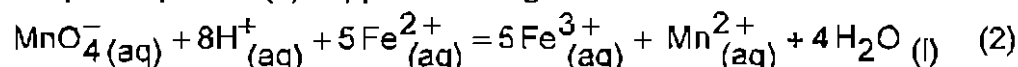
Données :

- Propan-2-ol :
Masse volumique : $\rho = 0,785 \text{ g.mL}^{-1}$;
Masse molaire : $M = 60,0 \text{ g.mol}^{-1}$;
- Couples oxydant/réducteur qui interviennent :
 $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} / \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$; $\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})} / \text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})}$
 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{(\text{aq})} / \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{(\text{aq})}$.
- On rappelle que l'ion permanganate MnO_4^- a une coloration violette en solution aqueuse. L'ion manganèse Mn^{2+} est incolore.

1. Étude de la réaction support de titrage (réaction 2).

1.1. Pourquoi a-t-on introduit chaque prélèvement dans 40,0 mL d'eau glacée ?

1.2. Montrer que l'équation (2) support de titrage est :



1.3. Définir l'équivalence du titrage. Comment repère-t-on l'équivalence ?

1.4. Exprimer la quantité $n_{\text{MnO}_4^-}^{\text{prél}}(t)$ d'ions permanganate dans le prélèvement à l'instant t en fonction de c' et V'_E .

2. Étude de la réaction principale (réaction 1).

On peut considérer que la quantité n d'ions permanganate à l'instant t dans le mélange réactionnel est : $n_{\text{MnO}_4^-}(t) = 10 \times n_{\text{MnO}_4^-}^{\text{prél}}(t)$.

2.1. Exprimer puis calculer les quantités initiales d'ions permanganate et de propan-2-ol dans le mélange réactionnel que l'on notera respectivement $n_{\text{MnO}_4^-}^0$ et n_{prop}^0 .

2.2. Compléter, avec des expressions littérales, le tableau d'avancement de la transformation associée à la réaction 1 fourni en annexe 3 à rendre avec la copie.

2.3. Calculer l'avancement maximal de la réaction. Quel est le réactif limitant ?

2.4. Exprimer l'avancement x de la réaction en fonction de $n_{\text{MnO}_4^-}^0$, c' et V'_E .

3. Temps de demi-réaction.

3.1. Définir, à l'aide d'une phrase, le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

3.2. La courbe représentant l'évolution de l'avancement de la réaction 1 en fonction du temps est donnée en annexe 3 à rendre avec la copie. Déterminer $t_{1/2}$.

ANNEXE 1 à rendre avec la copie.

EXERCICE I :

1. Chronophotographie représentant les premières positions successives du centre d'inertie G du système :

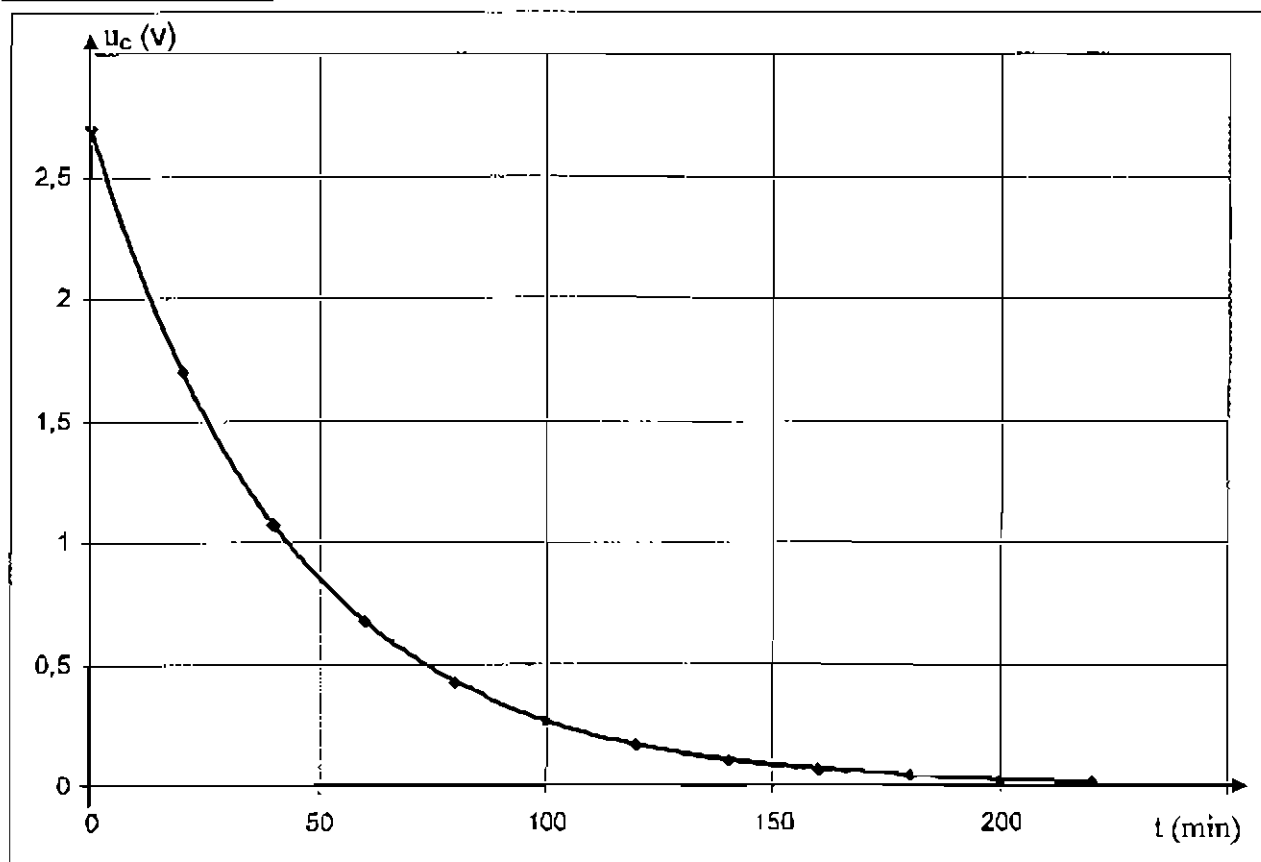
Échelle : $\frac{2\text{ m}}{\rule{1cm}{0.4pt}}$



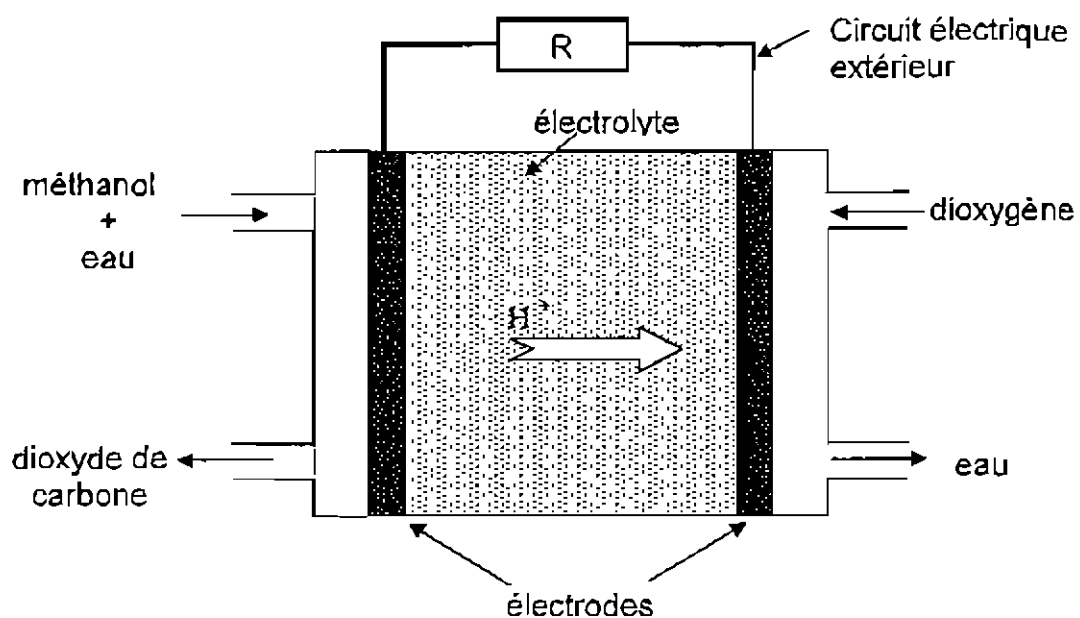
ANNEXE 2 à rendre avec la copie

EXERCICE II :

1.2.5. Courbe représentant l'évolution de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps :



2.2. Schéma de la pile à combustible :



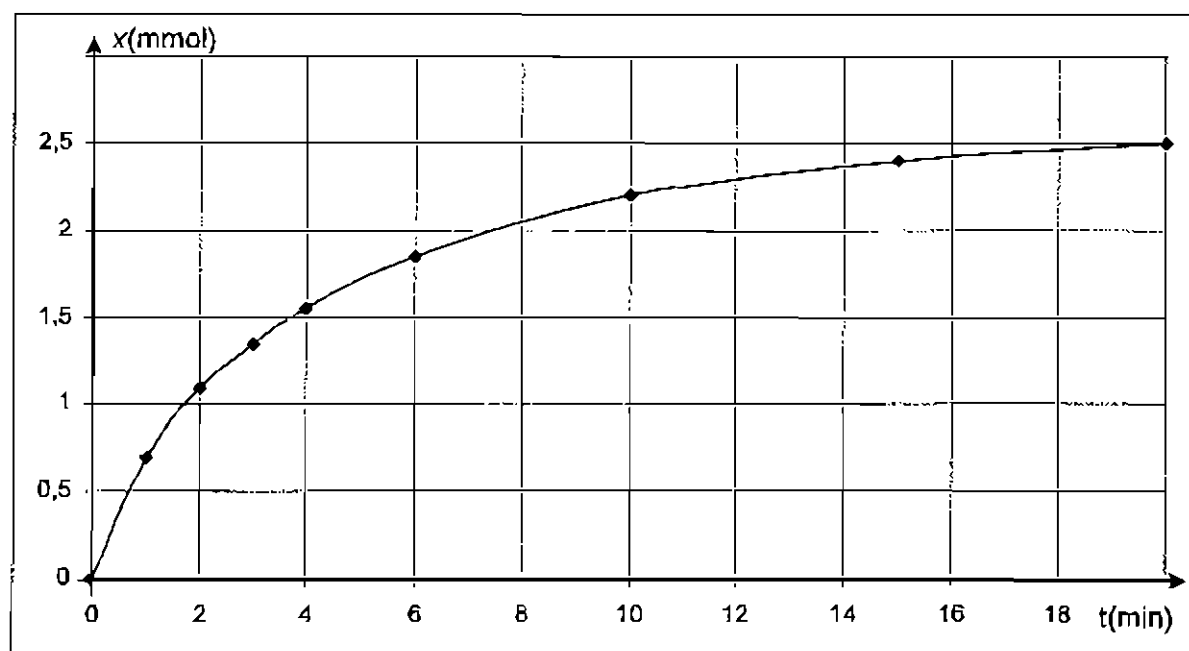
ANNEXE 3 à rendre avec la copie

Exercice III :

2.2 Tableau d'avancement associé à la réaction 1

Équation de la réaction		$5\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{(\text{aq})} + 2\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})} + 6\text{H}^+_{(\text{aq})} = 5\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{(\text{aq})} + 2\text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})} + 8\text{H}_2\text{O}$					
États du système	Avancement x (mol)	Quantités de matière					
État initial	$x = 0$	n_1	n_0	Excès			Solvant
État intermédiaire	x			Excès			Solvant
État final	x_{max}			Excès			Solvant

3.2 Courbe représentant l'évolution de l'avancement de la réaction 1 en fonction du temps



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

obligatoire

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte un exercice de CHIMIE et deux exercices de PHYSIQUE présentés sur 7 pages numérotées de 1 à 7, y compris celle-ci.

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

EXERCICE I. L'ASPIRINE (6,5 points)

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

Données : Masses molaires :

- de l'acide salicylique : $M_{ac} \approx 138 \text{ g.mol}^{-1}$
- de l'anhydride acétique (ou éthanotique) : $M_{anh} = 102 \text{ g.mol}^{-1}$
- de l'aspirine : $M_{asp} = 180 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse volumique de l'anhydride acétique (ou éthanotique) : $\rho = 1,08 \text{ g.mL}^{-1}$

1. Structure et formulation.

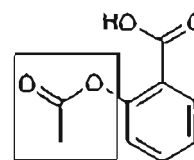
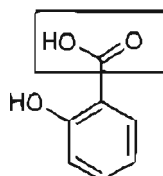
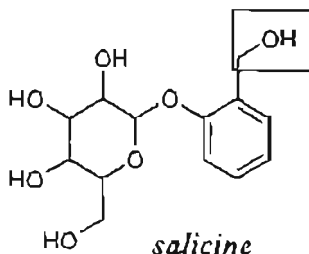
L'histoire de l'aspirine débute il y a 2000 ans, chez les Sumériens, qui utilisaient les feuilles de saule pour soigner la fièvre et les douleurs. Vers 400 ans avant J.C., Hippocrate préconise des infusions de feuilles de saule pour soulager les douleurs d'accouchement et la fièvre. Mais ce n'est qu'au début du 19^e siècle, grâce aux progrès des techniques d'extraction et d'analyse, que l'on va identifier les molécules responsables des propriétés thérapeutiques de différentes substances naturelles, utilisées jusqu'alors de manière empirique.

En 1825, M. Fontana isole le **salicine**, extraite du saule blanc (*salix alba*).

En 1838, R. Piria synthétise l'**acide salicylique**, plus efficace que la salicine mais beaucoup plus agressif pour l'estomac.

En 1877, G. De Sée lance l'usage thérapeutique du **saliolate de sodium**, mieux toléré mais très amer.

En 1897, la société Bayer commercialise, sous le nom d'aspirine, l'**acide acétylsalicylique** qui avait été synthétisé, dès 1853, par C.F. Gerhardt à partir de l'acide salicylique. Le procédé a été mis au point par F. Hoffmann.



1.1. Donner le nom des groupes caractéristiques encadrés dans les formules topologiques de :

1.1.1. la salicine ;

1.1.2. l'acide salicylique ;

1.1.3. l'acide acétylsalicylique.

1.2. L'acide salicylique possède une base conjuguée, l'ion salicylate, mentionné dans le texte.

Donner sa formule topologique.

1.3. De la même manière, l'**acide acétylsalicylique** ou **aspirine**, possède une base conjuguée, l'ion acétylsalicylate. Le couple, qu'on notera plus simplement AH/A^- possède un pK_a de 3,5.

1.3.1. Tracer son diagramme de prédominance.

1.3.2. Sachant que le pH de l'estomac est voisin de 1, citer l'espèce prédominante de ce couple.

1.4. Quand l'aspirine reste trop longtemps sous cette forme prédominante dans l'estomac, elle y provoque des lésions gastriques. C'est pourquoi on trouve dans le commerce des formulations en poudre, moins agressives, à base d'acétylsalicylate de sodium, associé à de l'hydrogénocarbonate de sodium.

La dissolution de la poudre dans un verre d'eau est rapide et totale. La solution obtenue contient les ions acétylsalicylate $A^-_{(aq)}$ et hydrogénocarbonate, de formule $HCO_3^-_{(aq)}$.

Données : pK_a du couple $(CO_2, H_2O)_{(aq)} / HCO_3^-_{(aq)} = 6,4$

Après absorption, ces ions pénètrent dans l'estomac où le pH est très acide.

1.4.1. Écrire l'équation de la réaction se produisant entre les ions hydrogénocarbonate et les ions oxonium présents en abondance dans l'estomac.

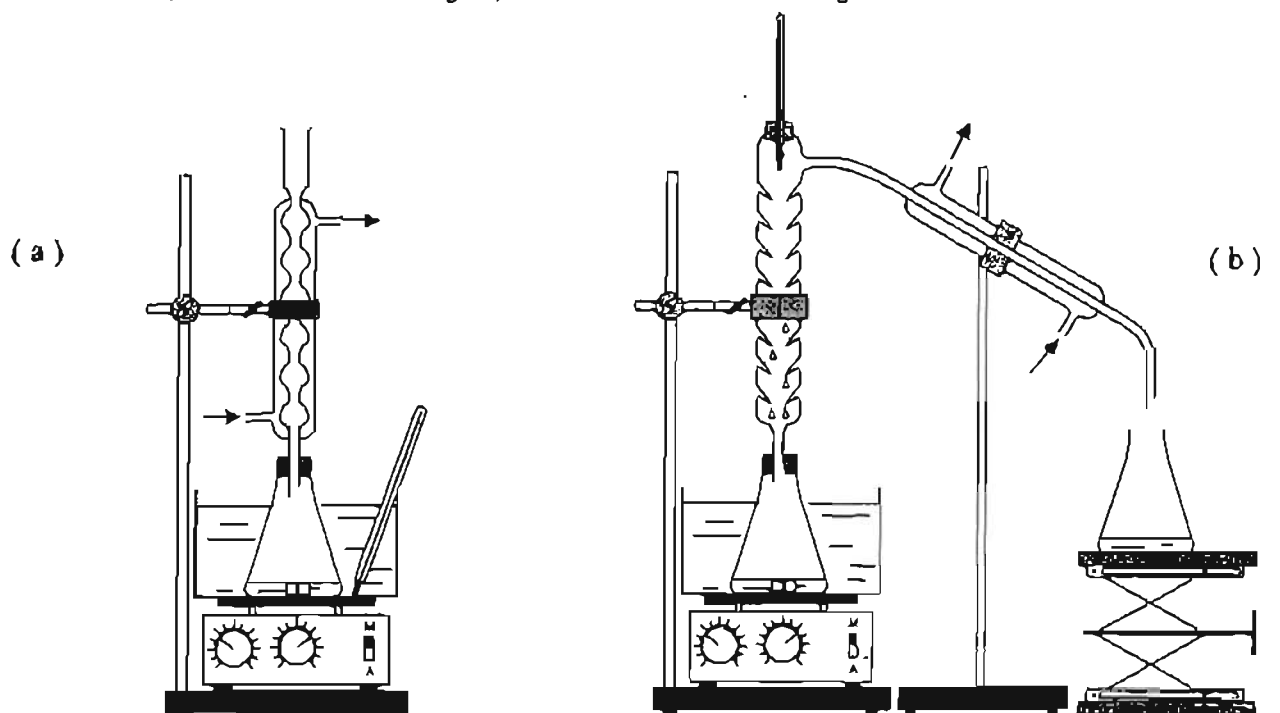
1.4.2. Calculer la constante d'équilibre K de cette réaction.

1.4.3. Au moment de l'ingestion du verre d'aspirine, le quotient de réaction initial est faible par rapport à K , en déduire l'influence des ions hydrogénocarbonate sur le pH de l'estomac.

2. Synthèse.

Au laboratoire, on peut fabriquer de l'acide acétylsalicylique (aspirine) à partir de l'acide salicylique et de l'anhydride acétique (ou éthanoïque) en utilisant un chauffage à reflux.

2.1. Lequel de ces deux montages permet de réaliser un chauffage à reflux ? Justifier.



- 2.2.1. Donner la formule semi-développée de l'anhydride acétique (ou éthanoïque).
 2.2.2. Pourquoi utilise-t-on l'anhydride acétique plutôt que l'acide acétique pour cette synthèse ?
 2.2.3. Écrire l'équation de la synthèse de l'aspirine à partir de l'anhydride acétique et de l'acide salicylique. On pourra utiliser les formules topologiques du 1.

2.3. Dans un erlenmeyer bien sec, on introduit 10,0 g d'acide salicylique, 12,0 mL d'anhydride acétique et 0,50 mL d'acide sulfurique concentré.

- 2.3.1. À quoi sert l'acide sulfurique ?
 2.3.2. Calculer les quantités de matière des réactifs introduits. Déterminer le réactif limitant.
 2.3.3. En déduire la masse théorique $m_{\text{théo}}$ d'aspirine que l'on peut espérer obtenir. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement si nécessaire.

2.4. Après 20 minutes de chauffage, on sort l'erlenmeyer du bain-marie. On introduit par le haut du réfrigérant 20 mL d'eau distillée pour détruire l'anhydride acétique restant. Quand l'ébullition a cessé, on ajoute 50 mL d'eau glacée, puis on place l'erlenmeyer dans un bain d'eau glacée. Les cristaux d'aspirine apparaissent. Après cristallisation complète, on filtre sur Büchner. On rince les cristaux et on les place à l'étuve pour séchage. La masse expérimentale d'aspirine obtenue est : $m_{\text{exp}} = 10,5$ g. Calculer le rendement de cette synthèse.

3. Titrage et contrôle de la pureté.

Dans une fiole jaugée de 100 mL, on verse 6,0 g d'aspirine obtenue expérimentalement. On ajoute 10 mL d'éthanol pour faciliter la dissolution de l'aspirine, on agite, puis on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on agite à nouveau. On prélève 10,0 mL de cette solution et on les dose avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration en soluté apporté $c_B = 0,250$ mol.L⁻¹. À l'équivalence, le volume versé est $V_{\text{de}} = 9,3$ mL.

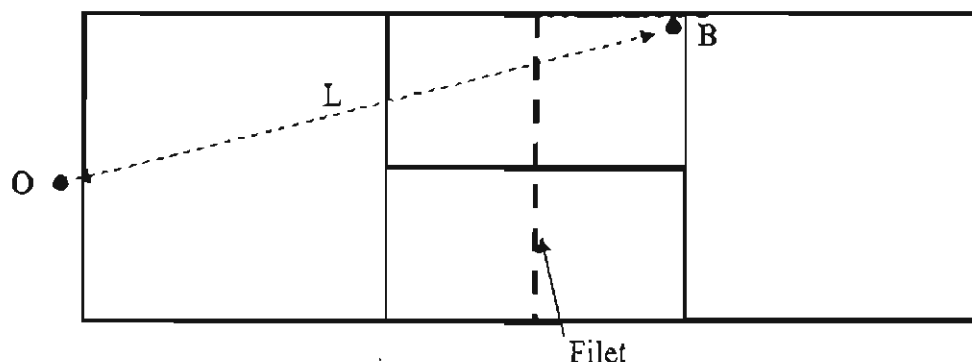
- 3.1. Écrire l'équation de la réaction de titrage de l'aspirine, qu'on notera HA.
 3.2. Calculer la quantité de matière d'aspirine dosée, puis celle contenue dans la fiole entière.
 3.3. Comparer la masse d'aspirine dosée à la masse introduite. L'aspirine préparée est-elle pure ?

EXERCICE II. UN SERVICE AU TENNIS (5,5 points)

Un terrain de tennis est un rectangle de longueur 23,8 m et de largeur 8,23 m. Il est séparé en deux dans le sens de la largeur par un filet dont la hauteur est 0,920 m.

Lorsqu'un joueur effectue un service, il doit envoyer la balle dans une zone comprise entre le filet et une ligne située à 6,40 m du filet.

On étudie un service du joueur placé au point O.



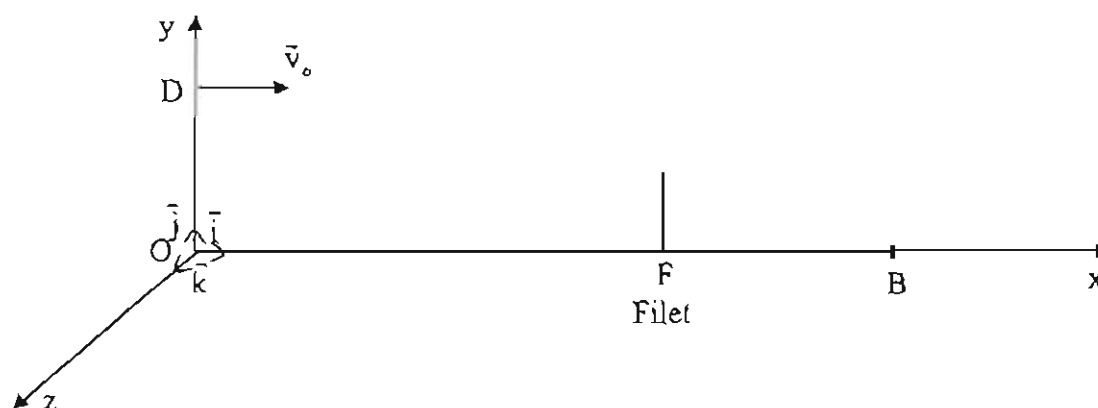
Ce joueur souhaite que la balle frappe le sol en B tel que $OB = L = 18,7$ m.

Pour cela, il lance la balle verticalement et la frappe avec sa raquette en un point D situé sur la verticale de O à la hauteur $H = 2,20$ m.

La balle part alors de D avec une vitesse de valeur $v_0 = 126 \text{ km.h}^{-1}$, horizontale comme le montre le schéma ci-dessous.

La balle de masse $m = 58,0$ g sera considérée comme ponctuelle et on considérera que l'action de l'air est négligeable.

L'étude du mouvement sera faite dans le référentiel terrestre, galiléen, dans lequel on choisit un repère Oxyz comme l'indique le schéma ci-dessous :



1. Équations horaires paramétriques et trajectoire.

1.1. Faire le bilan des forces appliquées à la balle pendant son mouvement entre D et B. En indiquer les caractéristiques (direction, sens, grandeur) et l'expression.

1.2. Établir l'expression du vecteur accélération de la balle au cours de son mouvement.

1.3. Montrer que les équations horaires paramétriques du mouvement de la balle sont :

$$x(t) = v_0 t \qquad y(t) = -\frac{gt^2}{2} + H \qquad z(t) = 0$$

1.4. Montrer que le mouvement de la balle a lieu dans un plan

1.5. Dédurre de la réponse à la question 1.3. l'équation littérale de la trajectoire de la balle dans le plan xOy.

2. Qualité du service.

On prendra $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

2.1. Sachant que la distance $OF = 12,2 \text{ m}$, la balle, supposée ponctuelle, passe-t-elle au-dessus du filet ?

2.2. Montrer que le service sera considéré comme mauvais, c'est-à-dire que la balle frappera le sol en un point B' tel que OB' soit supérieur à OB .

2.3. En réalité, la balle tombe en B . Quel est le paramètre, non pris en compte dans ce problème, qui peut expliquer cette différence ?

3. Énergie de la balle.

3.1. Donner l'expression littérale de la variation d'énergie potentielle de la balle entre l'instant où elle quitte la raquette et l'instant où elle touche le sol. Calculer sa valeur.

3.2. Quelle est l'expression de l'énergie cinétique de la balle lorsqu'elle part de D ? Indiquer les unités dans le système international.

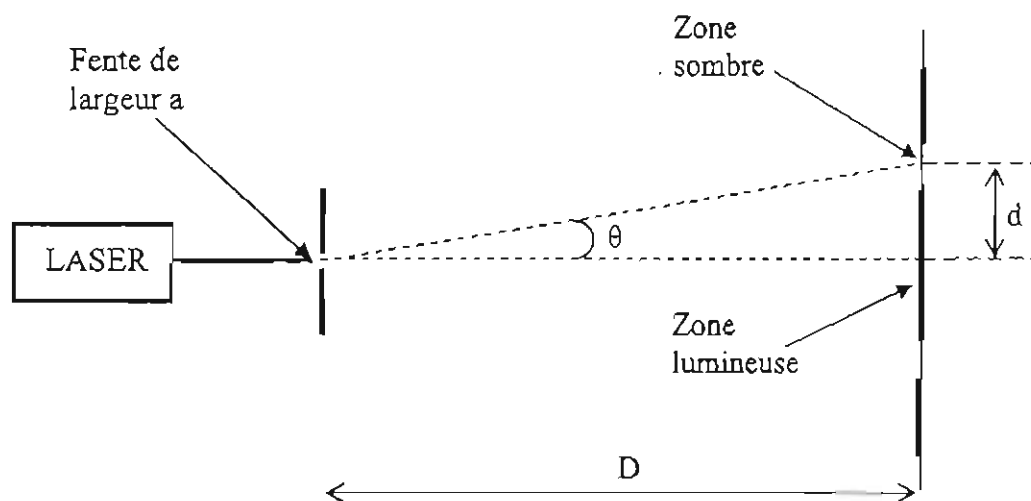
3.3. Écrire les expressions de l'énergie mécanique de la balle en D (E_{mD}) et de la balle en B' ($E_{mB'}$).

3.4. Quelle est la relation entre E_{mD} et $E_{mB'}$? Justifier.

3.5. Dédire de 3.4. l'expression de la vitesse $v_{B'}$ de la balle lorsqu'elle frappe le sol. Calculer cette vitesse.

EXERCICE III. CARACTÈRE ONDULATOIRE DE LA LUMIÈRE (4 points)

On réalise une expérience en utilisant un LASER, une fente de largeur réglable et un écran blanc. Le dispositif (vu de dessus) est représenté ci-dessous :



Les mesures de la largeur de la fente a , de la distance de la fente à l'écran D et de la largeur de la zone lumineuse centrale $2d$ conduisent aux résultats suivants :

$$a = 0,200 \text{ mm}$$

$$D = 2,00 \text{ m}$$

$$2d = 12,6 \text{ mm}$$

1. Quel est le nom du phénomène observé ?

2. Exploitation des résultats de l'expérience.

2.1. L'angle θ étant « petit », on peut faire l'approximation : $\tan \theta \approx \theta$ (en rad).

En utilisant les résultats des mesures, calculer la valeur de l'angle θ en radians.

2.2. Donner la relation qui lie les grandeurs θ (écart angulaire), λ (longueur d'onde de la lumière) et a (largeur de la fente). Indiquer les unités dans le système international.

Calculer la valeur de la longueur d'onde λ .

2.3. Quelle est la relation entre λ (longueur d'onde de la lumière), c (célérité de la lumière) et ν (fréquence de la lumière) ?

Indiquer les unités dans le système international.

2.4. Indiquer comment varie d lorsque :

- on remplace la lumière émise par le LASER (lumière rouge) par une lumière bleue ?
- on diminue la largeur de la fente a ?

2.5. Qu'est-ce qui différencie une lumière monochromatique d'une lumière polychromatique ?

3. Dispersion de la lumière.

On remplace le LASER par une source de lumière blanche et la fente par un prisme en verre.

3.1. Quelle est la grandeur qui ne change pas lors du passage d'une radiation de l'air dans le verre : la longueur d'onde, la fréquence ou la célérité ?

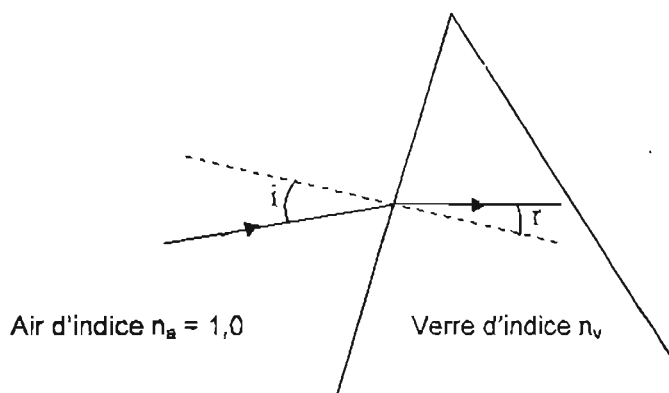
3.2. Donner la relation qui définit l'indice de réfraction d'un milieu transparent pour une radiation lumineuse monochromatique, en précisant la signification des symboles utilisés.

3.3. On donne : célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; indice du verre utilisé $n = 1,50$ pour une radiation lumineuse donnée.

Calculer la célérité de cette radiation dans le verre

3.4. Qu'appelle-t-on milieu dispersif ?

Lorsque la lumière passe de l'air dans le prisme, elle est déviée :



Relation de Descartes

Pour une lumière monochromatique :

$$n_a \sin i = n_v \sin r$$

On observe que si on fixe la valeur de i , la valeur de r varie lorsque la fréquence de la radiation incidente varie.

3.5. Dédurre de ces informations, à partir de la relation de Descartes et de la définition de l'indice de réfraction que le verre est dispersif.

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2009

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE ET CHIMIE, un exercice de PHYSIQUE et un exercice de CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 11 et 12) SONT À RENDRE AGRAFÉES À LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

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

EXERCICE I. FEU D'ARTIFICE ET ÉLÉMENT CUIVRE (6,5 points)

Dans cet exercice, on s'intéresse à la mécanique d'un feu d'artifice puis à l'émission lumineuse liée à l'élément cuivre et ensuite au dosage de l'élément cuivre dans une pièce de monnaie.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. Mécanique du feu d'artifice

La pyrotechnie, du grec « pyros » feu et « tekhnê » savoir-faire, est la technique des feux d'artifice. Elle fut inventée par les chinois, il y a plus de mille ans et introduite en Occident grâce à Marco Polo au XIII^{ème} siècle. La fusée pyrotechnique sphérique est, sans conteste, le projectile le plus employé par les techniciens lors des feux d'artifices modernes. Elle est tirée depuis un mortier fixé au sol (voir la figure 1) et est expulsée à grande vitesse par les gaz produits par l'explosion de la charge propulsive.

À l'apogée, une charge d'éclatement provoque l'explosion de la fusée et disperse les garnitures pyrotechniques qu'on appelle « étoiles ».

L'étude des mouvements des centres d'inertie des différents projectiles est réalisée dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

1.1. Étude théorique de la phase ascensionnelle de la fusée pyrotechnique

Une fusée pyrotechnique de masse $M = 400 \text{ g}$ est tirée verticalement avec une vitesse initiale de valeur $v_0 = 50,0 \text{ m.s}^{-1}$.

On étudie le mouvement de son centre d'inertie G dans un repère vertical $(O, \vec{j})$ orienté vers le haut.

On choisit l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$ lorsque le centre d'inertie G est confondu avec l'origine du repère O .

On néglige le mouvement de rotation de la fusée pyrotechnique sur elle-même ainsi que les actions mécaniques liées à l'air (poussée d'Archimède et force de frottements). Lors du tir, la vitesse du vent est considérée comme étant nulle et on admet que la fusée pyrotechnique ne subit pas de perte de masse lors de son mouvement ascendant.

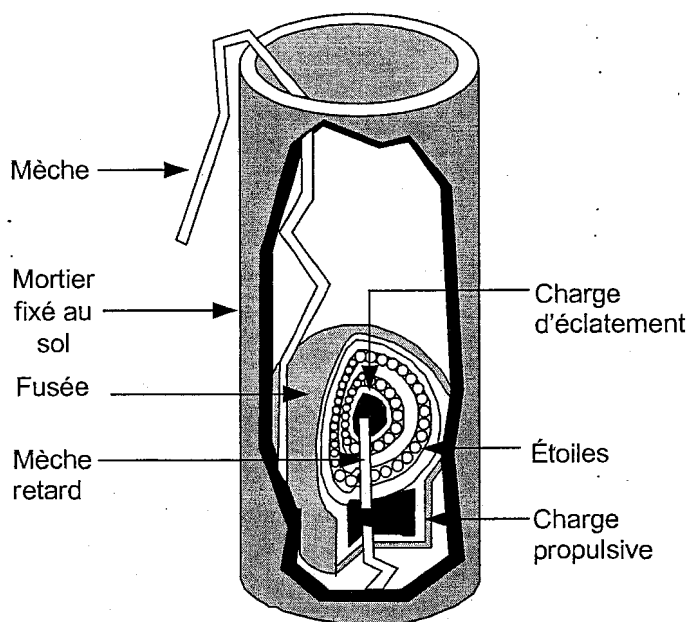
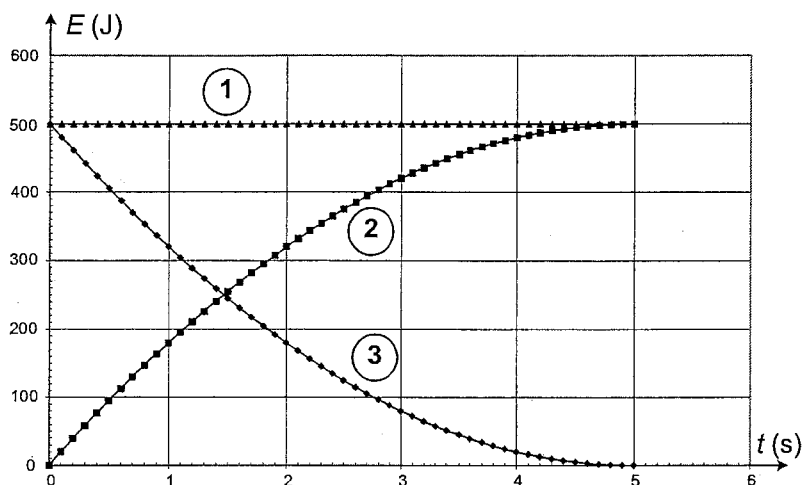


Figure 1 : Coupe d'un mortier servant au tir d'un feu d'artifice

Un logiciel de simulation permet d'obtenir le graphe de l'évolution temporelle de l'énergie cinétique E_c , de l'énergie potentielle de pesanteur E_p et de l'énergie mécanique totale E_m de la fusée lors de son mouvement ascendant, comme indiqué sur la figure 2 ci-après.

On prend l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au point O .

Figure 2 : Évolution temporelle des différentes énergies mises en jeu lors de l'ascension de la bombe pyrotechnique



1.1.1. En justifiant la réponse, identifier chacune des courbes des énergies représentées.

1.1.2. En s'aidant du graphique figure 2, déterminer l'instant t_A auquel la fusée pyrotechnique atteint son altitude maximale y_A (apogée). Justifier.

1.1.3. Donner les expressions de l'énergie mécanique aux instants t_0 et t_A .

1.1.4. En déduire que l'expression de la coordonnée y_A de l'apogée atteinte par la fusée pyrotechnique s'exprime par la relation ci-dessous :

$$y_A = \frac{v_0^2}{2g}$$

Calculer la valeur de l'altitude de l'apogée sachant que l'accélération de la pesanteur vaut $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

1.1.5. En réalité l'apogée vaut 122 m, interpréter le fait que cette valeur est différente de celle obtenue à la question 1.1.4.

1.2. Dispersion des « étoiles »

Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ de la figure 3, on étudie le mouvement d'une « étoile » produite lors de l'explosion de la fusée à l'apogée de sa trajectoire. Cette « étoile » est projetée à partir du point A à une altitude $y_A = 122 \text{ m}$. Le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_A$ appartenant au plan xOy , incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale a pour valeur $v_A = 54,0 \text{ m.s}^{-1}$. On néglige les actions mécaniques liées à l'air (forces de frottements et poussée d'Archimède) et on prend comme nouvelle origine des temps l'instant où l'« étoile » est produite en A.

1.2.1. Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, en appliquant la seconde loi de Newton, établir l'expression des composantes $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse $\vec{v}$ du centre d'inertie d'une « étoile » de masse m .

1.2.2. Les courbes (4) et (5) de la figure 4 ci-dessous, représentent l'évolution temporelle des composantes du vecteur vitesse $\vec{v}$. Identifier, en justifiant, chacune de ces courbes.

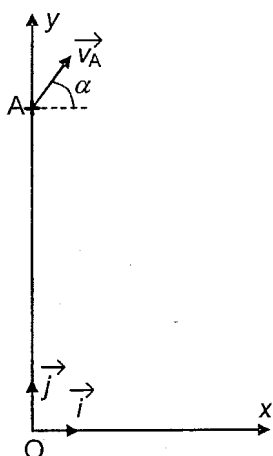


Figure 3

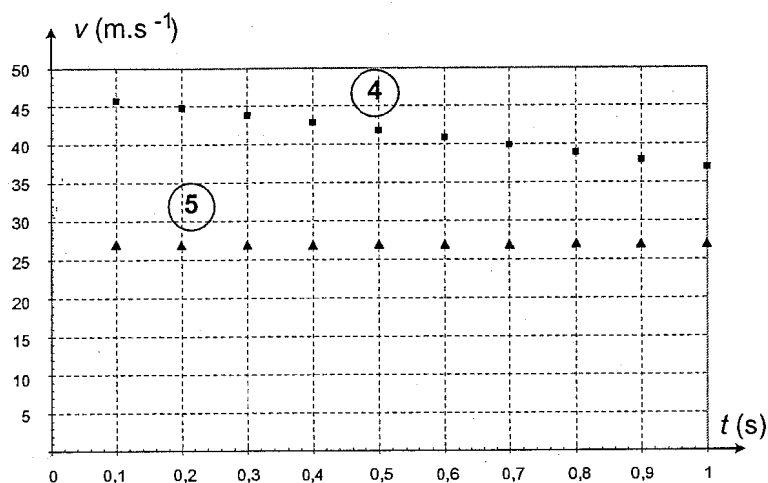


Figure 4 : Évolution temporelle des composantes du vecteur vitesse du centre d'inertie d'une étoile

1.2.3. Montrer que l'équation de la trajectoire de l'étoile est :

$$y(x) = -\frac{g}{2 v_A^2 \cos^2 \alpha} x^2 + (\tan \alpha) x + y_A$$

De quel type de trajectoire s'agit-il ?

2. Émission lumineuse

Les « étoiles » en combustion produisent une flamme colorée dont la couleur dépend de leur composition chimique. La couleur bleue obtenue est due à la désexcitation des molécules de chlorure de cuivre (I) CuCl .

Le spectre d'émission de la molécule CuCl excitée est composé de plusieurs bandes centrées autour des longueurs d'onde suivantes dans le vide : 395 nm ; 433 nm ; 435 nm ; 484 nm ; 488 nm ; 525 nm.

Données :

constante de Planck : $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

2.1. Le spectre d'émission de la molécule CuCl appartient-il au domaine du rayonnement visible, ultraviolet ou infrarouge ?

2.2. À quelle valeur de la fréquence ν correspond la longueur d'onde 435 nm dans le vide ? Calculer l'énergie du photon correspondant en eV.

3. L'élément cuivre dans les pièces de monnaie

On se propose dans cette partie de vérifier expérimentalement, par spectrophotométrie, le pourcentage massique en cuivre dans un échantillon servant à fabriquer une pièce de 10 centimes d'euro.

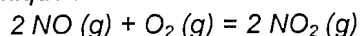
Données :

Couples d'oxydoréduction : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) / \text{Cu}(\text{s})$; $\text{NO}_3^-(\text{aq}) / \text{NO}(\text{g})$

Masse molaire atomique : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse molaire du sulfate de cuivre pentahydraté : $M(\text{CuSO}_4, 5 \text{ H}_2\text{O}) = 249,6 \text{ g.mol}^{-1}$

Le monoxyde d'azote $\text{NO}(\text{g})$ s'oxyde au contact du dioxygène de l'air en dioxyde d'azote $\text{NO}_2(\text{g})$, gaz roux et toxique, selon l'équation chimique :



3.1. Attaque du cuivre contenu dans la pièce par une solution d'acide nitrique

L'acide nitrique ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$) est un oxydant puissant capable d'oxyder des métaux tels que le cuivre Cu. Sous une hotte, dans un bécher, on place l'échantillon et on ajoute de l'acide nitrique concentré en excès. On observe au cours de cette transformation totale l'apparition d'une teinte bleue foncée dans la solution révélant la présence d'ion cuivre (II) Cu^{2+} et un dégagement gazeux qui devient roux au contact de l'air.

Écrire les demi-équations d'oxydoréduction associées à chaque couple mis en jeu lors de cette transformation chimique.

3.2. Dosage spectrophotométrique des ions cuivre (II) présents dans la solution S

Une fois le dégagement gazeux achevé, on verse le contenu du bécher dans une fiole jaugée de 1,0 L et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée en homogénéisant le mélange afin de réaliser la solution S.

3.2.1. Afin de réaliser une échelle de teintes, on prépare un volume $V_0 = 100 \text{ mL}$ d'une solution « mère » S_0 de sulfate de cuivre de concentration molaire $c_0 = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

Calculer la masse de sulfate de cuivre pentahydraté à peser pour préparer cette solution par dissolution.

La solution S_0 permet de préparer par dilution une échelle de teintes constituée des cinq solutions « fille » de volume $V = 25,0 \text{ mL}$ chacune. On mesure l'absorbance A à la longueur d'onde $\lambda = 810 \text{ nm}$. À cette longueur d'onde seul l'ion $\text{Cu}^{2+} (\text{aq})$ est responsable du phénomène d'absorption lumineuse.

Solution	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4
Concentration $c (\text{mol.L}^{-1})$	$1,0 \times 10^{-1}$	$8,0 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$
A	1,26	1,02	0,76	0,52	0,24

3.2.2. Calculer le volume, noté $V_{\text{mère}}$, de solution « mère » S_0 à prélever pour préparer la solution « fille » S_3 . Justifier.

3.2.3. À l'aide du spectre d'absorption d'une solution de sulfate de cuivre représenté **SUR LA FIGURE 5 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**, justifier le choix de la longueur d'onde retenue pour cette étude expérimentale.

3.2.4. L'absorbance d'un échantillon de la solution S, mesurée dans les mêmes conditions que précédemment à la longueur d'onde $\lambda = 810 \text{ nm}$, vaut $A_S = 0,70$. Le graphe donnant l'évolution de l'absorbance A en fonction de la concentration c en soluté apporté des différentes solutions « fille » est représentée **SUR LA FIGURE 6 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**.

En déduire la concentration molaire volumique c_S de la solution S, en justifiant graphiquement.

3.3. Pourcentage massique de cuivre dans la pièce

Toutes les pièces d'euros contiennent du cuivre métallique dans des proportions particulières. Ainsi, les pièces de 10, 20 et 50 centimes sont formées d'un alliage appelé « or nordique » dont la composition massique est la suivante : 89 % de cuivre, 5% d'aluminium, 5% de zinc, 1 % d'étain.

3.3.1. En utilisant le résultat de la question 3.2.4, calculer la valeur de la masse $m(\text{Cu})$ de cuivre contenue dans l'échantillon étudié précédemment.

3.3.2. Sachant que la masse de l'échantillon est $m = 4,1 \text{ g}$, en déduire le pourcentage massique du cuivre dans l'échantillon.

Comparer ce résultat à la valeur fournie dans l'énoncé en calculant l'écart relatif.

EXERCICE II. LES RÉACTIONS DE FISSION ET LEUR UTILISATION POUR LA PRODUCTION D'ÉNERGIE (5,5 points)

L'uranium est un métal relativement répandu dans l'écorce terrestre. Il est essentiellement composé de deux isotopes, l'uranium 238 ${}^{238}_{92}\text{U}$ et l'uranium 235 ${}^{235}_{92}\text{U}$, formés en même temps que la Terre, il y a 4,5 milliards d'années. Du fait de leur très grand temps de demi-vie, ces deux isotopes subsistent encore aujourd'hui dans la croûte terrestre mais en proportions très différentes comme le montre le tableau 1 suivant :

Noyau	Temps de demi-vie en 10^9 ans	Proportion dans la croûte terrestre (%)
${}^{238}_{92}\text{U}$	4,50	supérieure à 99
${}^{235}_{92}\text{U}$	0,713	inférieure à 1

Tableau 1

L'objectif de cet exercice est de comprendre pourquoi malgré la différence d'abondance, le combustible utilisé dans les centrales nucléaires est l'uranium 235 (nécessitant alors une étape d'enrichissement du minerai) et quelle serait la principale caractéristique d'une nouvelle filière de réacteur (génération IV) utilisant l'uranium 238.

Les quatre parties sont indépendantes.

1. À propos de l'abondance relative des isotopes de l'uranium

1.1. Qu'appelle-t-on noyaux isotopes ?

1.2. On note N_0 le nombre de noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon. Donner la loi de décroissance radioactive $N(t)$ en fonction de N_0 et de la constante radioactive λ .

1.3. Définir le temps de demi-vie radioactive noté $t_{1/2}$.

1.4. Au bout d'une durée $t = 2 t_{1/2}$, par combien est divisé N_0 ?

Même question pour une durée $t = n \cdot t_{1/2}$, où n est un entier ?

1.5. Abondance relative des isotopes

1.5.1. Quelle est approximativement la valeur du rapport (noté R_{238}) de l'âge de la Terre au temps de demi-vie de l'uranium 238 ? Même question pour l'uranium 235 (rapport noté R_{235}). On donnera les valeurs sous forme de nombres entiers.

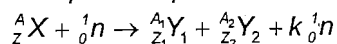
1.5.2. En supposant que les noyaux d'uranium 238 et 235 ont été initialement formés en quantités égales (on notera N_0 le nombre de noyaux initialement présents), déduire de ce qui précède les valeurs des nombres (notés N_{238} et N_{235}) de chacun des deux noyaux actuellement présents en fonction de N_0 .

1.5.3. Déduire des résultats précédents la valeur du rapport des populations des noyaux d'uranium 238 et 235 actuellement présents. Justifier alors le fait qu'il existe actuellement une différence d'abondance entre ces deux noyaux présents dans la croûte terrestre.

2. Un exemple de réaction de fission utilisée dans un réacteur nucléaire

2.1. Donner la définition de la fission nucléaire.

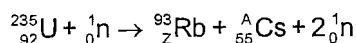
2.2. Des réactions de fission sont induites par la capture d'un neutron et s'écrivent :



k est un entier égal à 2 ou 3 suivant les noyaux fils formés.

Quel phénomène risque-t-il de se produire si $k \geq 2$?

2.3. Compléter l'équation de réaction suivante en donnant les valeurs des nombres Z et A et en précisant les lois utilisées :



3. Modélisation du mécanisme de fission

On peut modéliser la fission d'un noyau lourd suivant le schéma donné sur la figure 7 suivante :

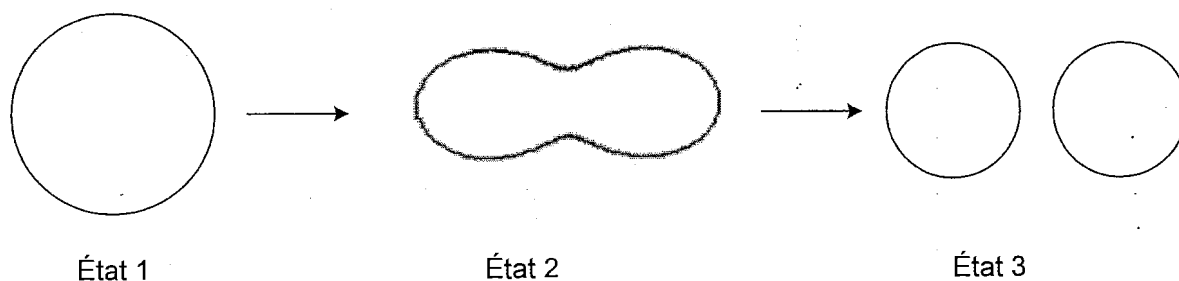


Figure 7

À partir d'un noyau lourd dans l'état 1, on passe par un état intermédiaire 2 où le noyau est déformé, puis on obtient l'état 3 avec deux noyaux fils séparés.
Dans l'état 2, la distance moyenne inter-nucléons est plus grande que dans l'état 1.

3.1. Quelle est la nature de la force d'interaction qui assure la cohésion du noyau ?
Cette force est-elle attractive ou répulsive ?

3.2. Quelle est la nature de l'autre force d'interaction s'exerçant entre les protons ?
Cette force est-elle attractive ou répulsive ?

3.3. Le schéma modélisant la fission d'un noyau lourd se traduit du point de vue énergétique par le diagramme donné **SUR LA FIGURE 8 DE L'ANNEXE EN PAGE 12.**

3.3.1. Les positions relatives des niveaux d'énergie des états 1 et 3 sont-elles compatibles avec le fait que la réaction de fission libère de l'énergie ?

3.3.2. À faible distance inter-nucléons, la force de cohésion est prédominante.

Justifier que pour déformer le noyau, il faut apporter de l'énergie au système noyau. Ceci est-il compatible avec les positions relatives des niveaux d'énergie des états 1 et 2 ?

3.3.3. Pour réaliser la fission, il faut donc apporter une énergie minimale au noyau, appelée **énergie seuil**. Représenter cette énergie seuil par une flèche sur le diagramme donné **SUR LA FIGURE 8 DE L'ANNEXE EN PAGE 12.**

4. Noyaux fissiles

Il existe un phénomène appelé capture neutronique permettant d'apporter de l'énergie, notée E_a , au noyau A_ZX et conduisant à un nouveau noyau ${}^{A+1}_ZY$. Les valeurs de cette énergie apportée par la capture d'un neutron quasiment au repos sont données pour certains noyaux dans le tableau 2. Les noyaux ${}^{233}_{92}\text{U}$ et ${}^{239}_{92}\text{Pu}$ n'existent pas à l'état naturel mais le plutonium peut être produit à partir d'uranium 238.

Tableau 2

Énergie apportée par la capture d'un neutron quasiment au repos				
Noyau avant capture	${}^{233}_{92}\text{U}$	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{238}_{92}\text{U}$	${}^{239}_{94}\text{Pu}$
Noyau après capture	${}^{234}_{92}\text{U}$	${}^{236}_{92}\text{U}$	${}^{239}_{92}\text{U}$	${}^{240}_{94}\text{Pu}$
Énergie apportée E_a (MeV)	6,8	6,5	4,8	6,5

Dans le tableau 3 figurent les énergies seuil nécessaires à provoquer la fission de ces mêmes noyaux ${}^{A+1}_ZY$ après capture.

Tableau 3

Énergie seuil nécessaire pour provoquer la fission				
Noyau ${}^{A+1}_ZY$	${}^{234}_{92}\text{U}$	${}^{236}_{92}\text{U}$	${}^{239}_{92}\text{U}$	${}^{240}_{94}\text{Pu}$
Énergie seuil de fission E_s (MeV)	6,0	5,9	5,8	5,9

4.1. Pour réaliser une réaction de fission, il faut apporter une énergie minimale appelée énergie seuil E_s . En utilisant les tableaux 2 et 3, déterminer parmi les quatre noyaux A_ZX celui qui ne peut pas conduire à une fission après capture d'un neutron pratiquement au repos.

4.2. Production d'énergie à partir d'uranium 238

On parle de neutrons quasiment au repos quand il s'agit de neutrons très lents, c'est-à-dire de très faible énergie cinétique E_c , typiquement $E_c = 0,025 \text{ eV}$.

Lorsque l'énergie cinétique E_c du neutron capturé par le noyau au repos A_ZX n'est pas négligeable celle-ci s'ajoute à l'énergie apportée par la capture du neutron au repos : l'énergie apportée lors de la capture d'un neutron est alors égale à $E_c + E_a$.

4.2.1. Dans le cas du noyau trouvé à la question 4.1, quelle condition doit vérifier l'énergie cinétique du neutron pour qu'après sa capture, la fission du nouveau noyau soit possible ?

4.2.2. Le forum international Génération IV auquel participe la France a pour but de développer des réacteurs à « neutrons rapides » permettant à la fois l'optimisation de la consommation des ressources en uranium et la minimisation des déchets à vie longue.

Justifier l'expression « neutrons rapides » pour désigner les neutrons utilisés dans cette nouvelle filière de réacteur.

4.2.3. En considérant la grande différence d'abondance entre les noyaux d'uranium 238 et 235, expliquer qualitativement la possibilité d'optimiser la consommation des ressources en minerai uranium grâce aux réacteurs à « neutrons rapides ».

EXERCICE III. LA CHIMIE AU SERVICE DE LA DERMATOLOGIE (4 points)

On trouve dans la littérature médicale la description d'au moins quarante procédés différents pour traiter les verrues.

En dermatologie, on utilise un traitement physique (cryothérapie, chirurgie, ablation au laser...) ou un traitement chimique à l'aide d'un réactif corrosif.

L'acide monochloroacétique est le principe actif d'un des médicaments traitant les verrues.

La solution est appliquée deux ou trois fois par jour sur la verrue, en protégeant la peau saine et en recouvrant ensuite la zone traitée d'un pansement.

L'acide monochloroacétique a pour formule semi-développée $\text{ClCH}_2\text{-CO}_2\text{H}$. Dans les questions 1 et 2, on utilisera la notation simplifiée AH pour cet acide et A^- pour sa base conjuguée.

Les questions 1, 2 et 3 sont indépendantes.

1. Étude de la réaction entre l'acide monochloroacétique et l'eau à la température de 25°C

Dans la partie 1, on s'intéresse à une solution aqueuse d'acide monochloroacétique.

Un conductimètre permet de mesurer la conductivité σ de la solution d'acide monochloroacétique étudiée.

Données à 25 °C :

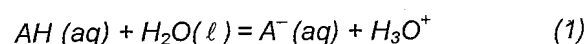
Conductivités molaires ioniques : $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 35,0 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$; $\lambda(\text{A}^-) = 4,0 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$

On rappelle que, pour des solutions diluées, l'expression de la conductivité σ en fonction des concentrations molaires des espèces ioniques X_i dissoutes s'écrit $\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$.

1.1. Quel est le nom en nomenclature officielle de l'acide monochloroacétique ?

1.2. Donner la définition d'un acide selon Brönsted.

1.3. L'acide monochloroacétique, réagit avec l'eau selon l'équation chimique (1) :



SUR L'ANNEXE EN PAGE 12, compléter le tableau d'évolution de la réaction chimique entre une quantité initiale de matière $n(\text{AH}) = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ d'acide monochloroacétique et un volume $V = 100,0 \text{ mL}$ d'eau.

1.4. Donner l'expression de l'avancement à l'équilibre, noté x_{eq} , en fonction de la conductivité σ de la solution, des conductivités molaires ioniques $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+)$, $\lambda(\text{A}^-)$ et du volume V . On négligera la concentration en ions hydroxyde par rapport à celles des autres espèces chimiques et par conséquent leur contribution à la conductivité de la solution.

1.5. La mesure au conductimètre donne la conductivité de la solution $\sigma = 0,300 \text{ S.m}^{-1}$. Déterminer la valeur numérique de x_{eq} .

1.6. Calculer le taux d'avancement final τ de la réaction chimique (équation 1). En déduire si la transformation est totale ou non.

2. Détermination de la concentration d'acide monochloroacétique contenue dans le médicament

Afin de déterminer la concentration molaire volumique, c_0 , en acide monochloroacétique apporté dans la solution de médicament, on réalise un titrage acido-basique.

La solution de médicament étant trop concentrée, on prépare par dilution une solution S_1 100 fois moins concentrée (on note c_1 la concentration de la solution S_1).

2.1. On dispose des lots de verrerie, A, B, C, D suivants :

Lot A	Lot B	Lot C	Lot D
Pipette jaugée de 10,0 mL	Pipette jaugée de 10,0 mL	Pipette jaugée de 5,0 mL	Éprouvette graduée de 50 mL
Fiole jaugée de 100,0 mL	Fiole jaugée de 1,000 L	Fiole jaugée de 50,0 mL	Fiole jaugée de 1,000 L
Bécher de 50 mL	Bécher de 50 mL	Bécher de 50 mL	Bécher de 50 mL

En justifiant de manière quantitative, choisir le lot de verrerie permettant de réaliser au mieux cette dilution. Justifier la réponse.

2.2. Titrage acido-basique

On réalise le titrage d'un volume $V_1 = 20,0$ mL de solution S_1 par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$) de concentration molaire apportée $c_B = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ en présence d'un indicateur coloré acido-basique.

2.2.1. Écrire l'équation de la réaction support du titrage.

2.2.2. Définir l'équivalence du titrage.

2.2.3. Le point d'équivalence est obtenu pour un volume d'hydroxyde de sodium versé, $V_{BE} = 10,6$ mL.

En déduire la concentration c_1 de la solution diluée puis la concentration c_0 d'acide monochloroacétique dans le médicament.

3. Réaction parasite possible mettant en jeu l'excipient

Un médicament utilisé dans le traitement des verrues contient de l'acide monochloroacétique mais aussi de l'eau et un alcool que l'on supposera être de l'éthanol.

L'éthanol étant un excipient dans ce médicament, il pourrait réagir avec l'acide monochloroacétique.

3.1. Recopier, en la complétant par les formules semi-développées de B et de C, l'équation (2) de la réaction entre l'acide monochloroacétique et l'éthanol.



Comment s'appelle cette transformation chimique ?

3.2. Quelles sont les caractéristiques de cette transformation chimique ?

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE
ANNEXE DE L'EXERCICE I

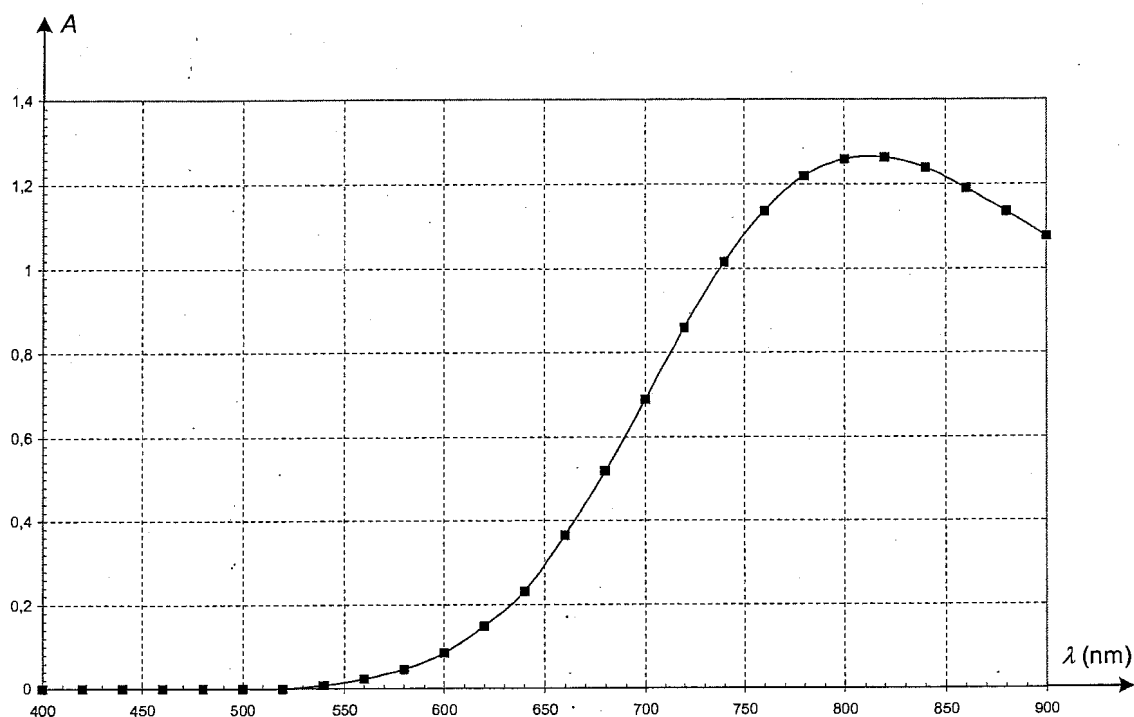


Figure 5 : $A = f(\lambda)$ pour une solution de sulfate de cuivre de concentration molaire apportée en soluté $c_0 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

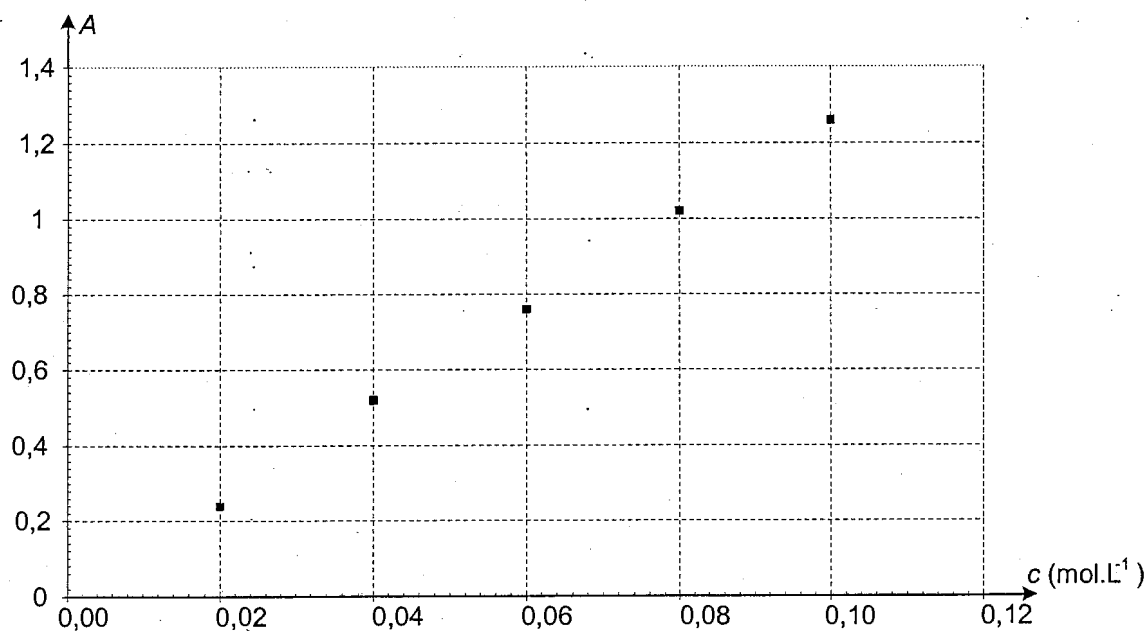
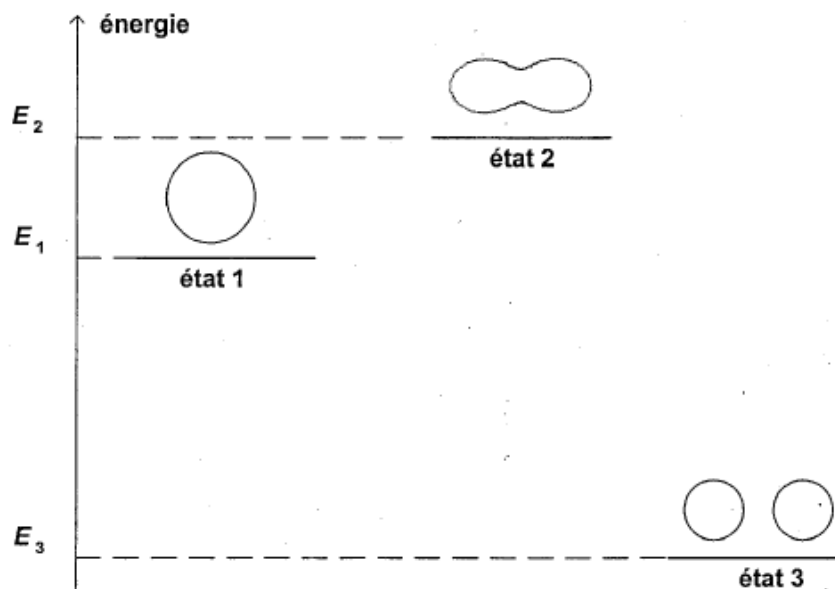


Figure 6 : $A = f(c)$ pour des solutions de sulfate de cuivre de différentes concentrations molaires apportées en soluté

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE
ANNEXE DE L'EXERCICE II

Attention, le diagramme énergétique n'est pas à l'échelle.

Figure 8 :
Diagramme
énergétique



ANNEXE DE L'EXERCICE III

Équation chimique		$AH(aq) + H_2O(l) = A^-(aq) + H_3O^+$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$		excès		
État d'équilibre	x_{eq}		excès		

Tableau d'évolution