

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

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

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

- I – Chute libre et parachutisme
- II – Fabrication puis titrage de l'aspirine
- III – Lampe à vapeur de sodium

EXERCICE I. CHUTE LIBRE ET PARACHUTISME (6 points)

Cet exercice vise dans un premier temps à analyser quelques informations extraites d'un document Internet relatif au projet de "Grand Saut" du parachutiste Michel Fournier et dans un deuxième temps à étudier un saut en parachute plus classique.

Les deux parties A et B sont indépendantes.

PARTIE A - Le grand saut

D'après l'édition Internet du vendredi 12 juillet 2002 du Quotidien Québécois Le Devoir.

Paris - Michel Fournier, 58 ans, ancien instructeur parachutiste de l'armée française, a annoncé hier son intention d'effectuer en septembre un saut en chute libre de 40 000 mètres d'altitude au-dessus du Canada.

«Ce qui m'intéresse au premier chef, c'est le record et le challenge physique que représente ce saut», a déclaré Michel Fournier à Paris.

Pour réaliser cet exploit, il sera équipé d'une combinaison pressurisée proche de celles utilisées par les astronautes, mais modifiée pour résister à des températures extrêmement basses (moins 110 degrés Celsius) et équipée d'un parachute.

Il atteindra l'altitude de 40 000 mètres en trois heures environ, à bord d'une nacelle, elle aussi pressurisée, et tirée par un ballon gonflé à l'hélium.

La durée du saut est évaluée à six minutes vingt-cinq secondes.

En l'absence de pression atmosphérique, Fournier dépassera la vitesse du son (1067 kilomètres/heure) trente secondes environ après son départ en position verticale. Il sera ensuite progressivement freiné dans sa chute par la densification de l'air. Il pourra alors reprendre une position horizontale et ouvrir son parachute à une altitude de 1000 mètres. Pour des raisons de sécurité, le saut aura lieu dans le nord du Canada, au-dessus de la base de Saskatoon, dans une zone où la densité de population est très réduite. Le record est actuellement détenu par l'Américain Joseph Kittinger, qui, en août 1960, avait sauté d'une nacelle à 30 840 mètres.

1 - L'intensité de la pesanteur (début du saut)

1.1 - Le système constitué par le parachutiste et son équipement subit, de la part de la Terre, une force de gravitation \vec{F} . Exprimer littéralement la valeur F de cette force en fonction de la masse de la Terre M_T , du rayon de la Terre R_T , de la constante de gravitation universelle G , de la masse m du système et de son altitude h .

1.2 - On assimile le poids à la force de gravitation. En déduire l'expression littérale de l'intensité g de la pesanteur à l'altitude h .

1.3 - Calculer l'intensité de la pesanteur à l'altitude 40 km.

Données : $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg $R_T = 6,37 \times 10^3$ km $G = 6,67 \times 10^{-11}$ unité SI

2 - La chute libre (début du saut)

Au début du saut, la pression atmosphérique est très faible : l'air est raréfié et son action sur le parachutiste peut être négligée.

On admettra pour cette question que l'intensité de la pesanteur est constante, de valeur égale à $g = 9,7 \text{ N.kg}^{-1}$. On précise que la vitesse initiale est nulle.

2.1 - Qu'appelle-t-on une chute libre ?

2.2 - Etablir l'expression de l'accélération du parachutiste lors de cette phase du saut.

2.3 - Etablir la relation liant la vitesse v atteinte à la durée de chute t . Vérifier que la durée de chute t_1 permettant d'atteindre la "vitesse" du son (soit $v_1 = 1067 \text{ km.h}^{-1}$) est bien celle présentée dans le texte.

2.4 - Etablir la relation liant la distance x parcourue à la durée de chute. Calculer la distance x_1 parcourue quand la "vitesse" du son est atteinte. Quelle est alors l'altitude h_1 du parachutiste ?

3 - Les conditions de température

3.1- A propos du son, le terme de célérité est préférable à celui de vitesse. Expliquer.

3.2 - En admettant que la célérité du son est proportionnelle à la racine carrée de la température absolue, déterminer la température θ_1 de l'atmosphère correspondant à une célérité $v_1 = 1067 \text{ km.h}^{-1}$.

Données : célérité du son $v_0 = 1193 \text{ km.h}^{-1}$ à $\theta_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

$T = \theta + 273$ (θ température en $^\circ\text{C}$, T température absolue en K)

PARTIE B : Le saut classique

Le parachutiste et son équipement (système étudié) ont au total une masse $m = 80 \text{ kg}$. On supposera que le parachutiste s'élance sans vitesse initiale d'un ballon immobile situé à 1000 m d'altitude. Le saut se déroule en deux phases.

1 - Première phase

Lors de la première phase, le parachute n'est pas déployé. L'action exercée par l'air peut être modélisée par une force de valeur exprimée par $F = kv^2$ avec $k = 0,28 \text{ S.I.}$ (unités du système international) La poussée d'Archimède due à l'air sera supposée négligeable. L'intensité de la pesanteur sera considérée comme constante et de valeur $g_0 = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

1.1 - Déterminer l'unité du coefficient k (en utilisant les unités fondamentales du système international).

1.2 - Effectuer le bilan des actions exercées sur le système et établir l'équation différentielle relative à l'évolution de la vitesse du système au cours du temps. Montrer qu'elle correspond numériquement à $\frac{dv}{dt} = 9,8 - 0,0035 \times v^2$.

1.3 - La courbe d'évolution de la vitesse au cours du temps est représentée en **annexe 1 à rendre avec la copie**.

1.3.1 - Déterminer la vitesse limite et le temps caractéristique de ce mouvement.

1.3.2 - Comment peut-on retrouver, à partir de ce document, une valeur approchée de l'intensité de la pesanteur ?

1.4 - La courbe précédente a en fait été obtenue par résolution de l'équation différentielle précédente par la méthode numérique itérative d'Euler. Un extrait de la feuille de calcul est représenté ci-dessous.

Date t (s)	Vitesse v (m.s ⁻¹)	Accélération a=dv/dt (m.s ⁻²)
0,00	0,00	9,80
0,10	0,98	9,80
0,20	1,96	9,79
0,30	2,94	9,77
0,40	3,92	9,75
0,50	4,89	9,72
0,60	5,86	9,68
0,70	6,83	9,64

1.4.1 - Quel est le pas Δt utilisé pour les calculs ?

1.4.2 - Expliquer la méthode d'Euler en effectuant les calculs de l'accélération à la date $t_4 = 0,40$ s et de la vitesse à la date $t_5 = 0,50$ s.

1.5 - Sur le document fourni en **annexe 1 à rendre avec la copie**, est également représentée l'évolution de la position x au cours du temps. Déterminer à quelle date le parachutiste atteindrait le sol s'il n'ouvrait pas son parachute.

2 - Deuxième phase

Le parachutiste déclenche l'ouverture de son parachute à l'instant 12 s. La vitesse diminue et se stabilise en 4 s à la valeur limite de 4,5 m.s⁻¹.

2.1 - L'ouverture du parachute modifie la force de frottement exercée par l'air qui devient $F' = k'v^2$. En s'aidant de l'expression littérale de la vitesse limite, déterminer la valeur de k' .

2.2 - Représenter, sur **l'annexe 2 à rendre avec la copie**, l'évolution de la vitesse au cours du temps (évolution correspondant à l'ensemble du saut). L'évolution correspondant à la chute étudiée au cours de la première phase, lorsque le parachute n'est pas déployé, est rappelée en trait fin.

Exercice II. FABRICATION PUIS TITRAGE DE L'ASPIRINE (6 points)

1 - Etude d'une estérification

On considère une réaction d'estérification entre un acide carboxylique de formule $R-COOH$ et un alcool $R'-CH_2OH$.

A l'instant $t = 0$, on mélange 0,20 mol d'acide et 0,20 mol d'alcool. On effectue la réaction d'estérification en présence d'acide sulfurique à l'aide d'un chauffage à reflux.

1.1 - Ecrire l'équation chimique correspondant à l'estérification.

1.2 - On définit l'avancement x de la réaction par la quantité de matière d'ester formé au cours du temps.

Remplir la ligne concernant l'état intermédiaire dans le tableau d'avancement représenté en annexe 3.

1.3 - Quel serait l'avancement x_{max} en fin de réaction si celle-ci était totale ?

1.4 - L'expérience donne un avancement $x_{eq} = 0,13$ mol d'ester à l'équilibre.

Compléter le tableau.

Calculer le rendement ρ de cette réaction.

Rendre avec la copie la feuille comportant le tableau (Annexe 3).

2 - Synthèse de l'aspirine

On prépare l'aspirine à partir de l'acide salicylique qui porte un groupement $-OH$ (fixé sur le cycle benzénique) et peut, comme un alcool, subir une estérification.

Pour avoir un meilleur rendement, au lieu d'un acide carboxylique, on utilise un anhydride d'acide.

Dans un erlenmeyer, on introduit 5,00 g d'acide salicylique, 7,0 mL d'anhydride et 5 gouttes d'acide sulfurique. Ce mélange est chauffé à reflux à $60^\circ C$ pendant 20 minutes avec agitation.

On retire l'erlenmeyer du bain-marie et, avec précaution, on ajoute environ 50 mL d'eau distillée froide par le haut du réfrigérant ; on place l'erlenmeyer dans de l'eau glacée.

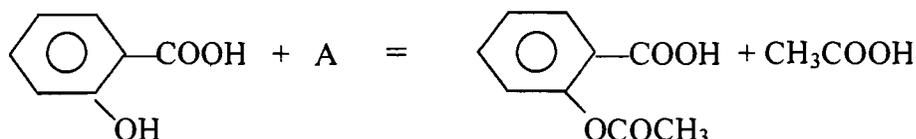
L'aspirine formée précipite ; elle est ensuite filtrée sur büchner.

Pour purifier cette aspirine, on effectue une recristallisation dans un mélange eau-alcool. Pour cela, on dissout les cristaux dans 10 mL d'éthanol à 95° en chauffant au bain-marie. Après dissolution complète, on ajoute 30 mL d'eau chaude. On laisse ensuite refroidir à température ambiante puis dans la glace : l'aspirine précipite. On filtre et on sèche à l'étuve les cristaux obtenus.

Le produit sec est pesé : sa masse est de 4,20 g.

L'anhydride d'acide utilisé est noté A.

L'équation de la réaction de synthèse de l'aspirine est de la forme :



2.1 - Préciser la formule semi-développée de l'anhydride A utilisé dans l'équation ci-dessus et donner son nom.

2.2 - Dessiner et légender le montage de chauffage à reflux.

2.3 - Déterminer le réactif limitant (consulter les données).

2.4 - Calculer la masse d'aspirine obtenue si le rendement était de 100 %. Calculer le rendement effectif de cette réaction .

Données :

- Masses molaires de :
 - l'acide salicylique : 138 g.mol⁻¹
 - l'anhydride A : 102 g.mol⁻¹
 - l'aspirine : 180 g.mol⁻¹
- Densité de l'anhydride A : 1,08

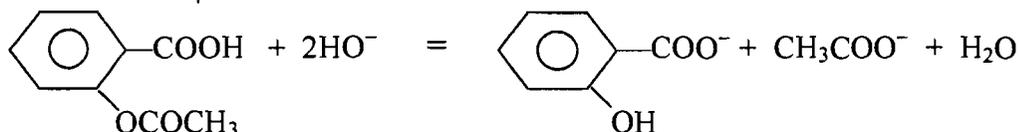
3 - Titrage de l'aspirine

On prélève 1,00 g de l'aspirine fabriqué précédemment et on en effectue un titrage indirect :

- on réalise l'hydrolyse de l'ester par un excès de soude puis
- les ions HO⁻ restants sont titrés à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique.

Dans un erlenmeyer, on place 1,00 g d'aspirine, on ajoute un volume V₀ = 20,0 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration C₀ = 1,00 mol.L⁻¹ et environ 20 mL d'eau. L'ensemble est chauffé sous reflux pendant 10 minutes. La solution obtenue est appelée S₁.

L'équation de la réaction correspondante est :



Après refroidissement, le contenu de l'erlenmeyer est versé dans une fiole jaugée de 250 mL. De l'eau distillée est versée jusqu'au trait de jauge : soit S₂ la solution obtenue.

A l'aide d'une pipette jaugée, on prélève 10,0 mL de solution S₂ que l'on verse dans un bécher. On ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine .

On effectue le titrage des ions HO⁻ en excès de S₂ par une solution d'acide chlorhydrique de concentration C₁ = 5,00.10⁻² mol.L⁻¹. Le volume versé à l'équivalence est V₁ = 7,4 mL.

3.1 - Calculer la quantité de matière n₀ d'ions HO⁻ ajoutés à l'aspirine pour fabriquer S₁.

3.2 - Ecrire l'équation de la réaction de titrage.

3.3 - Calculer la quantité de matière n₁ d'ions HO⁻ titrés par l'acide chlorhydrique.

En déduire la quantité de matière n₂ d'ions HO⁻ en excès dans la solution S₁.

3.4 - Calculer la quantité de matière n_{asp} puis la masse d'aspirine initialement présentes dans la solution S₁ .

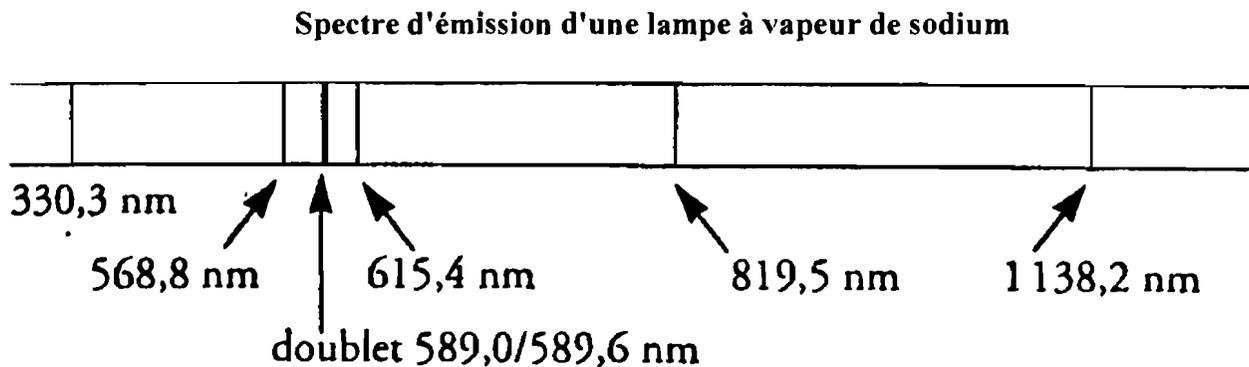
3.5 - Comparer la valeur trouvée à la valeur attendue. Justifier l'écart observé.

EXERCICE III. LAMPE A VAPEUR DE SODIUM (4 points)

On utilise les lampes à vapeur de sodium pour éclairer des tunnels routiers. Ces lampes contiennent de la vapeur de sodium à très faible pression. Cette vapeur est excitée par un faisceau d'électrons qui traverse le tube. Les atomes de sodium absorbent l'énergie des électrons. L'énergie est restituée lors du retour à l'état fondamental sous forme de radiations lumineuses. Les lampes à vapeur de sodium émettent surtout de la lumière jaune.

Données : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

1. - L'analyse du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium révèle la présence de raies de longueur d'onde λ bien définie.



1.1 - Quelles sont les longueurs d'onde des raies appartenant au domaine du visible ? au domaine des ultraviolets ? au domaine de l'infrarouge ?

1.2 - S'agit-il d'une lumière polychromatique ou monochromatique ? Justifier votre réponse.

1.3 - Quelle est la valeur de la fréquence ν de la raie de longueur d'onde $\lambda = 589,0 \text{ nm}$?

1.4 - Parmi les données présentées au début de l'exercice, que représentent les grandeurs h et e ?

2. - On donne en annexe à remettre avec la copie le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium.

2.1 - Indiquer sur le diagramme en annexe 4 à rendre avec la copie, l'état fondamental et les états excités.

2.2 - En quoi ce diagramme en annexe 4 permet-il de justifier la discontinuité du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium ?

2.3 - On considère la raie jaune du doublet du sodium de longueur d'onde $\lambda = 589,0 \text{ nm}$.

2.3.1 - Calculer l'énergie ΔE (en eV) qui correspond à l'émission de cette radiation. (On donnera le résultat avec le nombre de chiffres significatifs adapté aux données).

2.3.2 - Sans justifier, indiquer par une flèche notée 1 sur le diagramme des niveaux d'énergie en annexe 4 à remettre avec la copie la transition correspondante.

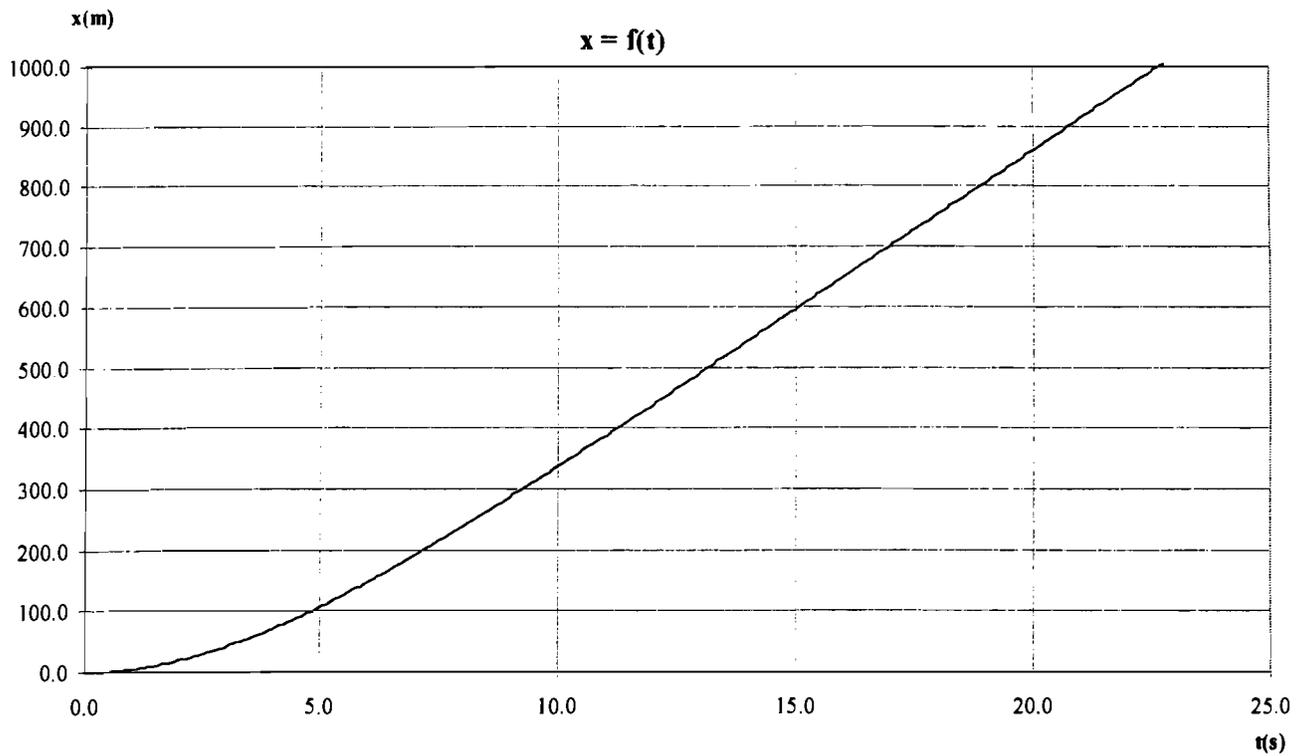
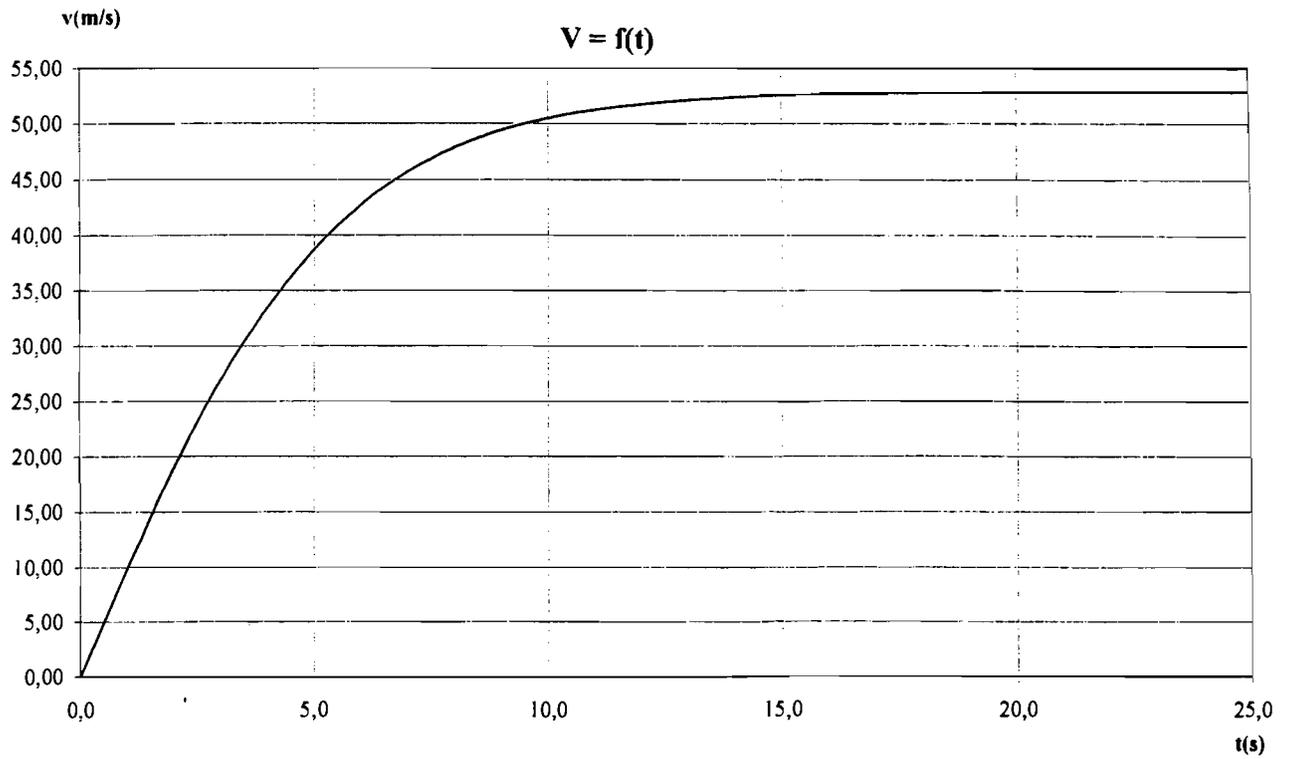
3. - L'atome de sodium, considéré maintenant à l'état E_1 , reçoit une radiation lumineuse dont le quantum d'énergie ΔE a pour valeur $1,09 \text{ eV}$.

3.1 - Cette radiation lumineuse peut-elle interagir avec l'atome de sodium à l'état E_1 ? Justifier.

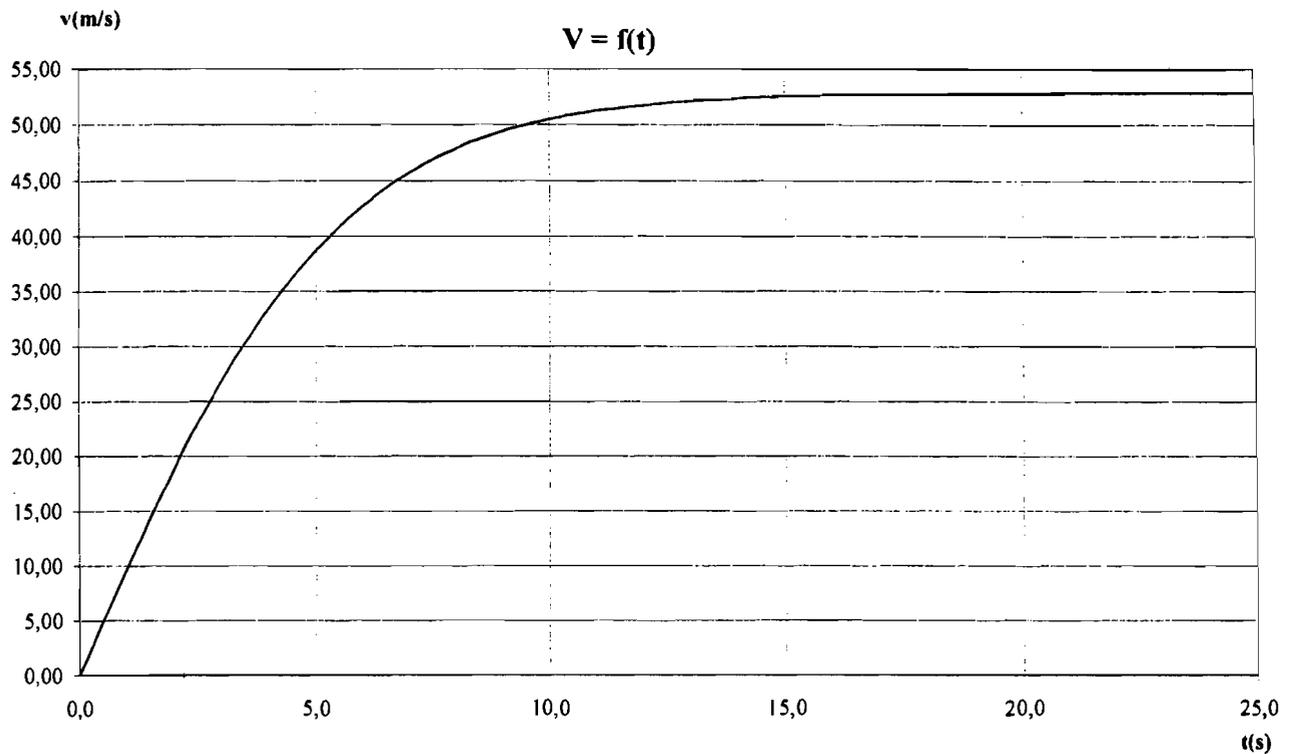
3.2 - Représenter sur le diagramme en annexe 4 à rendre avec la copie la transition correspondante par une flèche notée 2.

La raie associée à cette transition est-elle une raie d'émission ou une raie d'absorption ? Justifier votre réponse.

ANNEXE 1 (à rendre avec la copie)



ANNEXE 2 (à rendre avec la copie)



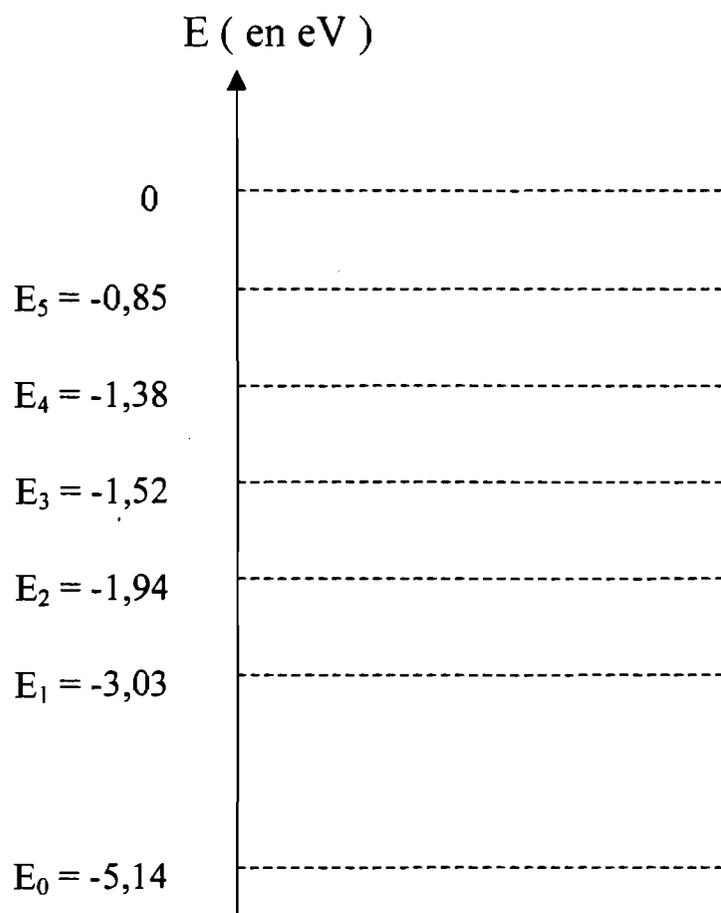
ANNEXE 3 (à rendre avec la copie)

Tableau d'avancement de la transformation liée à la réaction d'estérification

Equation	$R-COOH + R'-CH_2OH = \text{ester} + H_2O$				
Etat	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
		$R-COOH$	$R'-CH_2OH$	ester	H_2O
Etat initial	$x = 0$	0,20	0,20	0	0
Etat intermédiaire	x				
Etat d'équilibre	$x = x_{eq}$				

ANNEXE 4
(à rendre avec la copie)

Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE** – Série S

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

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

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

Les pages 10, 11 et 12 sont à rendre avec la copie après avoir été complétées.

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

- | | |
|---|------------|
| I. La physique sur un plan d'eau | (9 points) |
| II. Communication entre les insectes : les phéromones | (3 points) |
| III. A propos de l'acide formique | (4 points) |

EXERCICE I - LA PHYSIQUE SUR UN PLAN D'EAU (9 points)

Partie A : Onde à la surface de l'eau.

Le gerris est un insecte que l'on peut observer sur les plans d'eau calmes de certaines rivières. Très léger cet insecte évolue sur la surface en ramant avec ses pattes.

Malgré sa discrétion, sa présence est souvent trahie par des ombres projetées sur le fond. Ces ombres (**figure 1**) sont la conséquence de la déformation de la surface de l'eau au contact de l'extrémité des six pattes de l'insecte (**figure 2**).

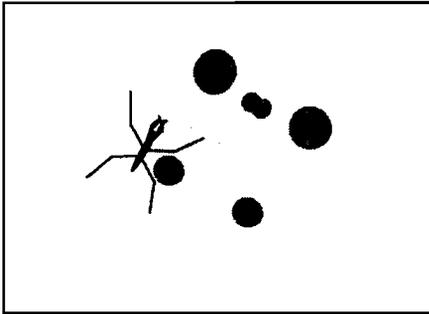


Figure 1



Figure 2

1. Quel dispositif utilisé en classe pour l'étude de la propagation des ondes à la surface de l'eau est également basé sur la projection d'ombres ?

Les déplacements de l'insecte génèrent des ondes à la surface de l'eau qui se propagent dans toutes les directions offertes par le milieu. Le schéma (**figure 3**) donne une vue en coupe de l'onde créée par une patte du gerris à la surface de l'eau à un instant t . O est le point source : point de la surface où est créée l'onde.

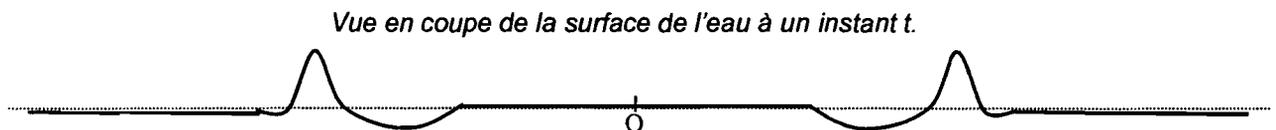


Figure 3

2. L'onde générée par le déplacement du gerris peut-elle être qualifiée de transversale ou de longitudinale ? Justifier la réponse.
3. Un brin d'herbe flotte à la surface de l'eau. Décrire son mouvement au passage de l'onde.
4. La surface de l'eau est photographiée à deux instants différents. Le document suivant est à l'échelle $1/100^e$ (**figure 4**). Calculer la célérité de l'onde.

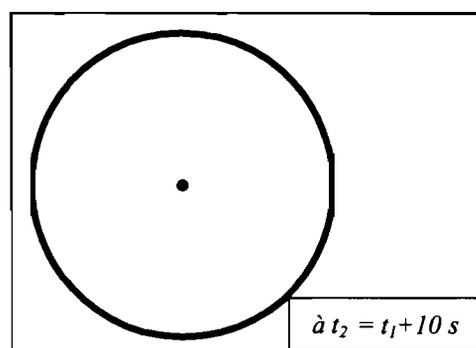
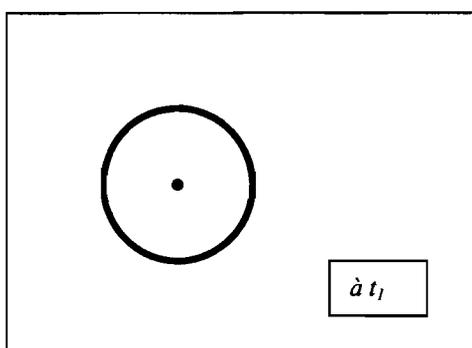


Figure 4

Un petit papillon tombé à l'eau est une proie facile pour le gerris. L'insecte prisonnier de la surface crée en se débattant des trains d'ondes sinusoïdales. La fréquence de battements des ailes du papillon est de 5 Hz ce qui génère des ondes de même fréquence à la surface de l'eau (figure 5).

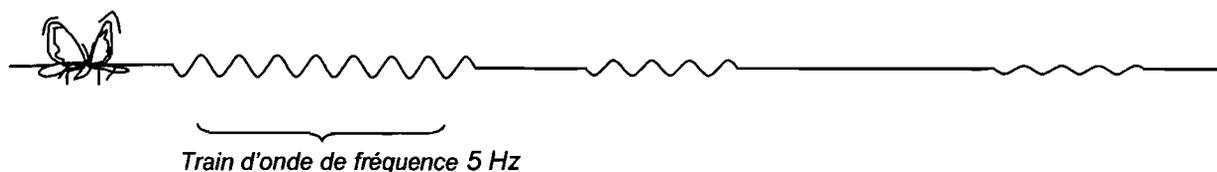


Figure 5

5. Déterminer la longueur d'onde de l'onde émise par le papillon en utilisant l'agrandissement à l'échelle 2 de la coupe de la surface de l'eau (figure 6).



Figure 6

6. Montrer que la célérité de cette onde est de $4,4 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$.
7. Un train d'ondes émis par le papillon arrive sur un obstacle constitué de deux galets émergeant de l'eau. Voir figure 7 (annexe page 10 à rendre avec la copie).
- Quel doit être l'ordre de grandeur de la distance entre les deux galets émergeant de l'eau pour que le gerris placé comme l'indique la figure 7 (annexe page 10), ait des chances de détecter le signal de détresse généré par le papillon ?
 - Quel nom donne-t-on à ce phénomène propre aux ondes ?
 - Compléter avec le maximum de précisions la figure 7 (annexe page 10) en représentant l'allure de la forme de l'onde après le passage de l'obstacle.

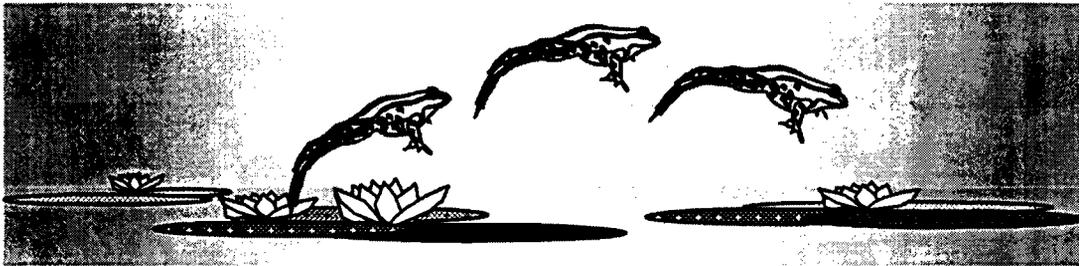
La concurrence est rude sur le plan d'eau entre trois gerris ...

Les extrémités de leurs pattes antérieures, situées près de leurs antennes (zone de détection), leur permettent de déterminer la direction et le sens de propagation de l'onde émise par une proie.

8. Le papillon se débat à une distance $d_1 = 6 \text{ cm}$ du gerris n° 1.
- L'onde générée par le papillon a mis 1 s pour parvenir au gerris n° 2.
- Le gerris n° 3 détecte cette même onde avec un retard de 1,5 s sur le gerris n° 2.
- Déterminer la distance d_2 entre le papillon et le gerris n° 2.
 - Déterminer la distance d_3 entre le papillon et le gerris n° 3.
 - Déterminer, sur la figure 8 (annexe page 10 à rendre avec la copie), la position du papillon à l'aide d'un compas.

Partie B : le saut de la grenouille

Etienne Jules Marey (Beaune 1830 – Paris 1904) physiologiste français, est connu pour ses études sur la démarche humaine. Il est l'inventeur de la chronophotographie. Cette technique permet d'étudier les mouvements rapides en réalisant à l'aide d'éclairs périodiques l'enregistrement, sur une même image, des positions et des attitudes d'un animal à des intervalles de temps réguliers.



Pour atteindre un nénuphar situé à 40 cm une grenouille effectue un saut avec une vitesse initiale $v_0 = 2 \text{ m.s}^{-1}$. Le vecteur vitesse initial fait un angle $\alpha_0 = 45^\circ$ avec la direction horizontale.

On prendra pour valeur de l'accélération de la pesanteur $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

L'analyse d'un des clichés à l'aide d'un logiciel informatique, permet d'obtenir l'enregistrement des positions successives du centre d'inertie de la grenouille. **La figure 9 de l'annexe page 11 à rendre avec la copie** reproduit ces positions à l'échelle 1/2.

La première position du centre d'inertie de la grenouille (G_0) sur le document correspond à l'origine du repère (point O), à la date choisie comme origine des temps. La durée entre deux positions successives est $\tau = 20 \text{ ms}$.

1. Exploitation du document

- Déterminer les valeurs v_9 et v_{11} des vecteurs vitesse instantanée du centre d'inertie de la grenouille aux points G_9 et G_{11} . Tracer sur la figure 9 (annexe page 11) les vecteurs \vec{v}_9 et \vec{v}_{11} (échelle 1 cm pour $0,5 \text{ m.s}^{-1}$).
- Construire sur la figure 9 (annexe page 11) le vecteur $\Delta \vec{v} = \vec{v}_{11} - \vec{v}_9$ avec pour origine le point G_{10} . Déterminer sa valeur en utilisant l'échelle précédente.
- En déduire la valeur a_{10} du vecteur accélération du centre d'inertie à l'instant t_{10} . Tracer sur la figure 9 (annexe page 11) le vecteur \vec{a}_{10} avec pour origine le point G_{10} (échelle 1 cm pour 5 m.s^{-2}).

2. Étude dynamique du mouvement

a) Les actions mécaniques dues à l'air étant négligées, utiliser la deuxième loi de Newton pour :

- déterminer les caractéristiques du vecteur accélération du centre d'inertie (G) de la grenouille au cours du saut ;
- montrer que les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du point G sont :

$$x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha_0 \cdot t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2}g \cdot t^2 + v_0 \cdot \sin \alpha_0 \cdot t$$

b) En déduire l'équation de la trajectoire du centre d'inertie de la grenouille. Ce résultat est-il conforme à l'allure de la trajectoire de l'enregistrement expérimental ?

c) Quelles sont les caractéristiques du vecteur vitesse du point G au sommet S de la trajectoire ? En déduire l'expression littérale de la date t_S à laquelle ce sommet est atteint. Calculer ensuite la hauteur maximale atteinte par la grenouille.

d) La grenouille, se déplace de nénuphar en nénuphar.

Quelle doit être la valeur de la vitesse initiale lors du saut pour que la grenouille puisse atteindre un nénuphar situé à 60 cm, l'angle α_0 entre le vecteur vitesse et la direction horizontale étant inchangé ?

EXERCICE II - COMMUNICATION ENTRE LES INSECTES : LES PHEROMONES (3 points)

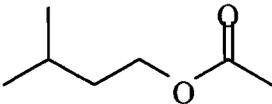
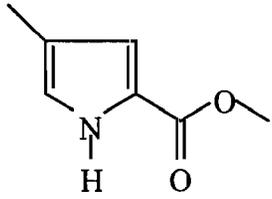
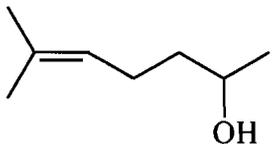
Le transfert d'informations par signaux chimiques entre individus, d'espèces différentes ou de même espèce est courant chez les êtres vivants.

Une **phéromone** est une substance (ou un mélange de substances) qui, après avoir été sécrétée en quantité très faible à l'extérieur par un individu (émetteur), est perçue par un individu de la même espèce (récepteur) chez lequel elle provoque une réaction comportementale spécifique, voire une modification physiologique.

Le mot phéromone vient des mots grecs *pherein* « transporter » et *hormân* « exciter ».

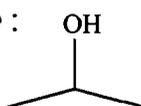
Certaines phéromones sont des signaux d'alarmes, d'autres permettent le marquage d'une piste, enfin certaines (attractives ou aphrodisiaques) attirent les insectes de sexe opposé en vue de la reproduction.

Quelques exemples de phéromones :

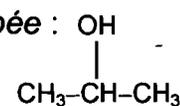
Phéromone d'alarme de l'abeille : molécule A : (C₇H₁₄O₂)	
Phéromone de piste de la fourmi coupeuse de feuilles : <i>Atta texana</i> molécule B : (C₇H₉O₂N)	
Phéromone sexuelle d'un insecte nuisible pour les conifères molécule C : (C₈H₁₆O)	

Rappel de l'écriture topologique d'une formule chimique : on ne représente pas les atomes de carbone et les atomes d'hydrogène liés à un atome de carbone.

Exemple : Formule topologique :



Formule semi-développée :



Masses molaires atomiques : $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Reproduire sur la copie les molécules A et C, entourer et nommer les groupes caractéristiques présents.
2. La phéromone d'alarme A, appelée éthanoate de 3-méthylbutyle, peut être synthétisée à partir de l'acide éthanoïque et d'un alcool D.

- a) Donner la formule semi-développée et le nom de l'alcool D.
- b) Écrire l'équation de la réaction associée à la transformation chimique de synthèse de la phéromone A, à partir de l'acide éthanoïque et de l'alcool D. Comment appelle-t-on cette réaction chimique ? Préciser ses caractéristiques.
- c) La même transformation est réalisée en présence d'acide sulfurique. Les affirmations suivantes qui décrivent le rôle de l'acide sulfurique sont-elles vraies ou fausses ? On ne demande pas de justification.

Affirmation 1	L'acide sulfurique est une espèce chimique qui modifie l'état d'équilibre du système.
Affirmation 2	L'acide sulfurique permet d'accroître le taux d'avancement final.
Affirmation 3	L'acide sulfurique augmente la vitesse de réaction sans apparaître dans l'équation de réaction.

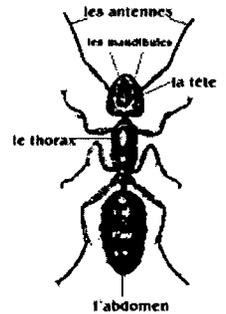
3. La synthèse de la phéromone A peut aussi être réalisée en remplaçant l'acide éthanoïque par de l'anhydride éthanoïque. Quels seront les effets de ce changement de réactif sur la transformation ?
4. On réalise l'hydrolyse basique (à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium), de la phéromone B de la fourmi coupeuse de feuilles. Cette phéromone sera notée $R-COOCH_3$.
Écrire l'équation de la réaction associée à cette transformation chimique.
Préciser les caractéristiques de cette réaction.

*Les phéromones peuvent être utilisées par l'homme pour piéger les insectes nuisibles en les attirant, soit loin des cultures que l'on veut protéger, soit vers des pièges très sélectifs. Ainsi il suffit de 10^{-15} g par litre de solution de la molécule C (appelée aussi sulcatol car libérée par le *Gnatotricus Sulcatus*) pour attirer les insectes vers des forêts non exploitées.*

5.
 - a) Calculer la concentration molaire de cette solution.
 - b) Au vu des renseignements fournis sur les phéromones dans cet exercice, citer deux avantages des phéromones utilisées comme insecticide par rapport aux insecticides classiques utilisés dans l'agriculture.

EXERCICE III - A PROPOS DE L'ACIDE FORMIQUE (4 points)

Pour se défendre, les fourmis utilisent deux moyens : leurs mandibules et la projection d'acide formique. Les mandibules servent à immobiliser l'ennemi tandis que l'acide formique brûle la victime. Une fourmi se sentant menacée se dresse sur ses deux pattes arrière et peut projeter sur l'ennemi un jet d'acide formique à plus de 30 centimètres grâce à son abdomen.



L'acide formique (ou acide méthanoïque) soluble dans l'eau a pour formule semi-développée HCOOH . On se propose d'étudier quelques propriétés d'une solution aqueuse de cet acide.

Données :

- Masses molaires atomiques : $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$
 $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$
 $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$
- Constante d'acidité à 25°C : $K_A(\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-) = 1,8 \times 10^{-4}$
- Conductivités molaires ioniques à 25°C (conditions de l'expérience) :
 $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = 35,0 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ $\lambda(\text{HCOO}^-) = 5,46 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$.

On rappelle l'expression de la conductivité σ d'une solution en fonction des concentrations molaires des espèces ioniques X_i dissoutes $\sigma = \sum \lambda_i.[X_i]$.

1. Dans une fiole jaugée de volume $V_0 = 100 \text{ mL}$, on introduit une masse m d'acide formique puis on complète cette fiole avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et on l'homogénéise. On dispose alors d'une solution S_0 d'acide formique de concentration molaire $C_0 = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$.
 - a) Calculer la masse m .
 - b) Écrire l'équation de la réaction associée à la transformation de l'acide formique en présence d'eau.
 - c) Compléter le **tableau 1** d'avancement joint en **annexe page 12 (à rendre avec la copie)** correspondant à cette transformation chimique, en fonction de C_0 , V_0 , x_{max} et x_{eq} . On note x_{eq} l'avancement à l'état d'équilibre et x_{max} l'avancement de la réaction supposée totale.
 - d) Exprimer le taux d'avancement final τ en fonction de la concentration en ions oxonium à l'équilibre $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ et de C_0 .
 - e) Donner l'expression du quotient de réaction à l'état d'équilibre $Q_{r,\text{eq}}$.

Montrer que ce quotient peut s'écrire sous la forme : $Q_{r,\text{eq}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}^2}{C_0 - [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}$.

2. Exprimer la conductivité σ de la solution d'acide formique à l'état d'équilibre en fonction des conductivités molaires ioniques des ions présents et de la concentration en ions oxonium à l'équilibre $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$.

3. La mesure de la conductivité de la solution S_0 donne $\sigma = 0,05 \text{ S.m}^{-1}$ à 25°C .
 - a) En utilisant les relations obtenues précédemment, compléter le **tableau 2 (annexe page 12)**.
 - b) Comparer la valeur expérimentale de $Q_{r,\text{éq}}$ avec la valeur de la constante K_A du couple $\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-$.

4. On réalise la même étude, en utilisant une solution S_1 d'acide formique de concentration $C_1 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Les résultats obtenus sont indiqués dans le **tableau 2 (annexe page 12)**.
En déduire l'influence de la concentration de la solution sur :
 - a) le taux d'avancement de la réaction ;
 - b) le quotient de réaction dans l'état d'équilibre.

EXERCICE I - ANNEXE
(A rendre avec la copie)

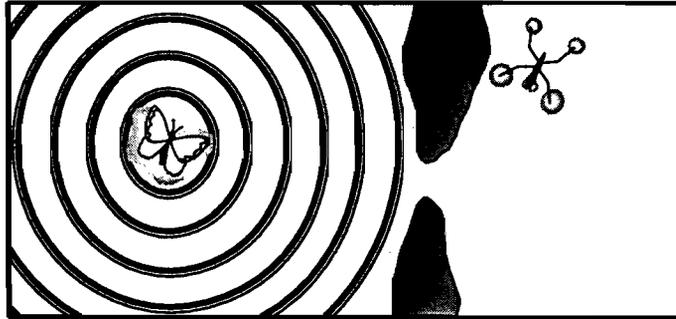


Figure 7

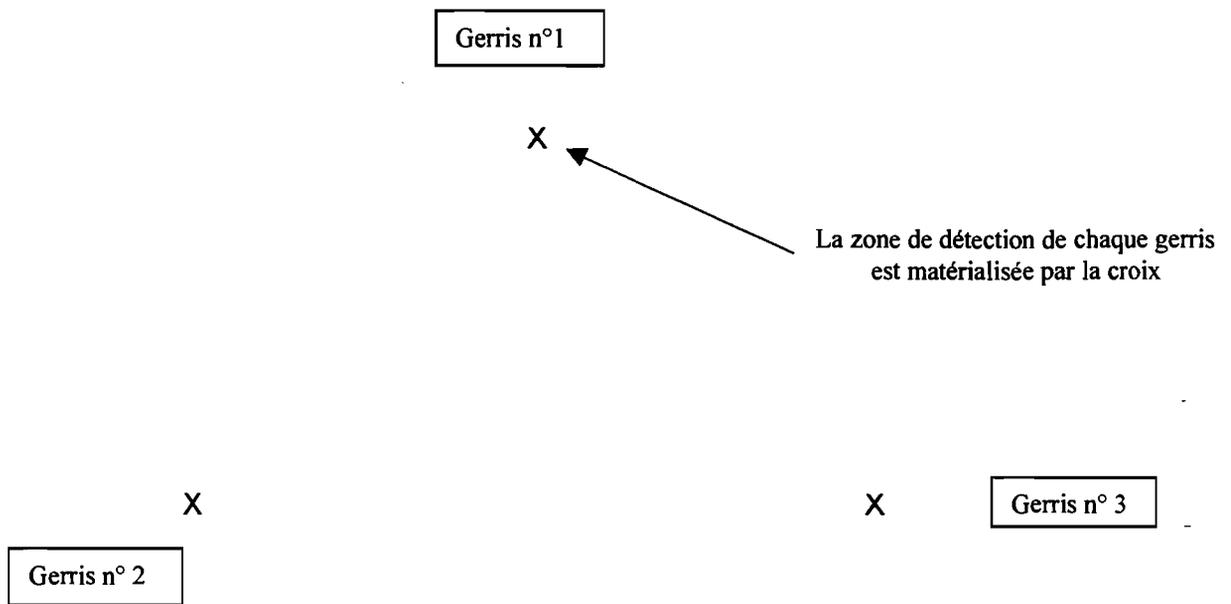


Figure 8

EXERCICE I – ANNEXE
(A rendre avec la copie)

Échelle : 1/2

$\tau = 20 \text{ ms} ; v_0 = 2 \text{ m.s}^{-1} ; \alpha_0 = 45^\circ$

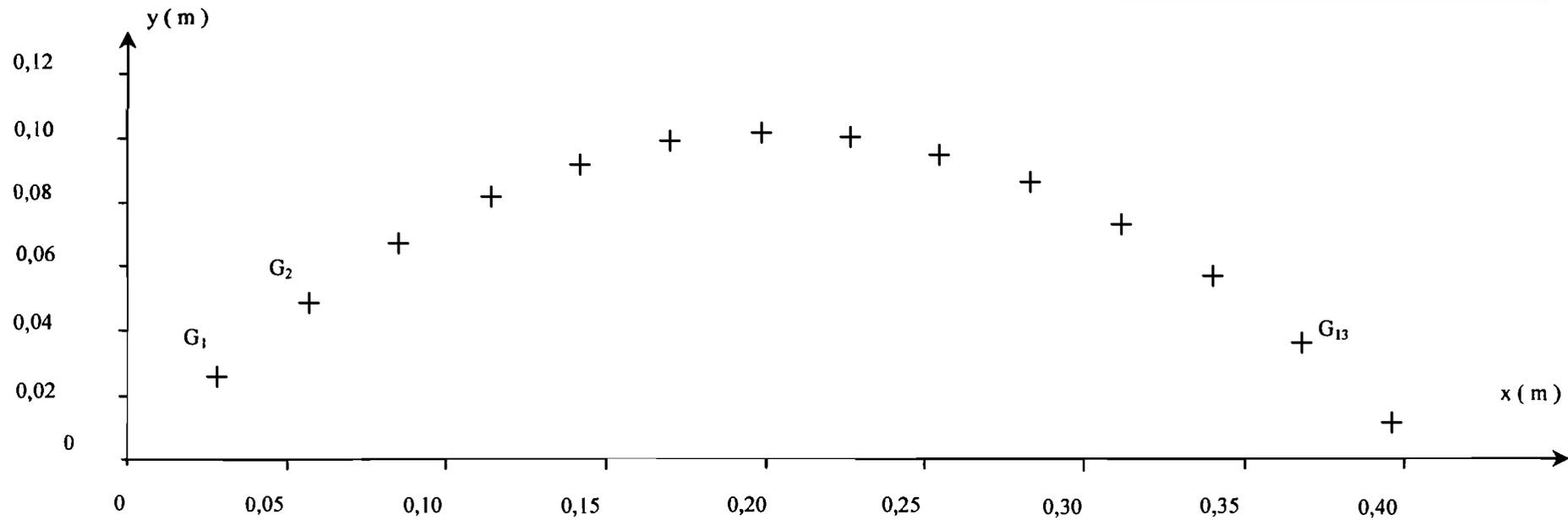


Figure 9

EXERCICE III – ANNEXES
(A rendre avec la copie)

Tableau 1

Équation de la Réaction					
État du système	Avancement en mol	Quantité de matière en mol			
État initial	0				
État final (si la transformation était totale)	x_{\max}				
État d'équilibre (transformation non totale)	$x_{\text{éq}}$				

Tableau 2

Solution	S_0	S_1
C_i (mol.L ⁻¹)	0,010	0,10
σ (S.m ⁻¹)	0,050	0,17
$[H_3O^+]_{\text{éq}}$ (mol.m ⁻³)		4,2
$[H_3O^+]_{\text{éq}}$ (mol.L ⁻¹)		$4,2 \cdot 10^{-3}$
τ (%)		4,2
$Q_{r,\text{éq}}$		$1,8 \cdot 10^{-4}$

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

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

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

PREVOIR UNE FEUILLE DE PAPIER MILLIMÈTRE POUR L'EXERCICE II

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

La page 10 est à rendre avec la copie après avoir été complétée.

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

- | | |
|-----------------------------|--------------|
| I. Chimie et spéléologie | (6,5 points) |
| II. Enquête sur un homicide | (5,5 points) |
| III. Le Grand Saut | (4 points) |

EXERCICE I : CHIMIE ET SPÉLÉOLOGIE (6,5 points)

Dans le cadre d'un projet pluridisciplinaire sur le thème de la spéléologie, des élèves de terminale doivent faire l'exploration d'une grotte où ils risquent de rencontrer des nappes de dioxyde de carbone CO_2 . A teneur élevée, ce gaz peut entraîner des évanouissements et même la mort. Le dioxyde de carbone est formé par action des eaux de ruissellement acides sur le carbonate de calcium CaCO_3 présent dans les roches calcaires. Le professeur de Chimie leur propose d'étudier cette réaction.

Données :

- température du laboratoire au moment de l'expérience : 25°C soit $T = 298 \text{ K}$;
- pression atmosphérique : $P_{\text{atm}} = 1,020 \times 10^5 \text{ Pa}$;
- loi des gaz parfaits : $P.V = n.R.T$;
- constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ SI}$;
- masses molaires atomiques, en g.mol^{-1} : $M(\text{C}) = 12$; $M(\text{H}) = 1$; $M(\text{O}) = 16$; $M(\text{Ca}) = 40$;
- densité d'un gaz par rapport à l'air : $d = \frac{M}{29}$, où M est la masse molaire du gaz.

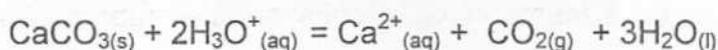
Dans un ballon, on réalise la réaction entre le carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(s)}$ et l'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$). Le dioxyde de carbone formé est recueilli, par déplacement d'eau, dans une éprouvette graduée.

Un élève verse dans le ballon un volume $V_S = 100 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. A la date $t = 0 \text{ s}$, il introduit rapidement dans le ballon $2,0 \text{ g}$ de carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(s)}$ tandis qu'un camarade déclenche un chronomètre. Les élèves relèvent les valeurs du volume V_{CO_2} de dioxyde de carbone dégagé en fonction du temps. Elles sont reportées dans le tableau ci-dessous. La pression du gaz est égale à la pression atmosphérique.

t(s)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
V_{CO_2} (mL)	0	29	49	63	72	79	84	89	93	97	100	103

t(s)	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440
V_{CO_2} (mL)	106	109	111	113	115	117	118	119	120	120	121

La réaction chimique étudiée peut être modélisée par l'équation :



1. Calculer la densité par rapport à l'air du dioxyde de carbone $\text{CO}_{2(g)}$. Dans quelles parties de la grotte ce gaz est-il susceptible de s'accumuler ?
2. Déterminer les quantités de matières initiales de chacun des réactifs.
3. Dresser le tableau d'avancement de la réaction. En déduire la valeur x_{max} de l'avancement maximum. Quel est le réactif limitant ?

- 4.
- Exprimer l'avancement x de la réaction à une date t en fonction de V_{CO_2} , T , P_{atm} et R . Calculer sa valeur numérique à la date $t = 20$ s.
 - Calculer le volume maximum de gaz susceptible d'être recueilli dans les conditions de l'expérience. La transformation est-elle totale ?
5. Les élèves ont calculé les valeurs de l'avancement x et reporté les résultats sur le graphe donné **en annexe page 11 (à rendre avec la copie)**.
- Donner l'expression de la vitesse volumique de réaction en fonction de l'avancement x et du volume V_s de solution. Comment varie la vitesse volumique au cours du temps ? Justifier à l'aide du graphe.
 - Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Déterminer graphiquement sa valeur sur **l'annexe page 11**.
6. La température de la grotte qui doit être explorée par les élèves est inférieure à 25°C .
- Quelle est l'effet de cet abaissement de température sur la vitesse volumique de réaction à la date $t = 0$ s ?
 - Tracer, sur **l'annexe page 11**, l'allure de l'évolution de l'avancement en fonction du temps dans ce cas.
7. La réaction précédente peut être suivie en mesurant la conductivité σ de la solution en fonction du temps.
- Faire l'inventaire des ions présents dans la solution. Quel est l'ion spectateur dont la concentration ne varie pas ?
 - On observe expérimentalement une diminution de la conductivité. Justifier ~~sans~~ calcul ce résultat connaissant les valeurs des conductivités molaires des ions à 25°C :

$$\begin{aligned}\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) &= 35,0 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1} ; \\ \lambda(\text{Ca}^{2+}) &= 12,0 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1} ; \\ \lambda(\text{Cl}^-) &= 7,5 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1} .\end{aligned}$$
 - Calculer la conductivité σ de la solution à l'instant de date $t = 0$ s.
 - Montrer que la conductivité est reliée à l'avancement x par la relation :

$$\sigma = 4,25 - 580 \cdot x$$
 - Calculer la conductivité de la solution pour la valeur maximale de l'avancement.

EXERCICE II - ENQUÊTE SUR UN HOMICIDE (5,5 points)

Agence de Presse - juin 2010

Une découverte exceptionnelle !

Les travaux de la future station balnéaire ont révélé un site d'une richesse inattendue qui suscite l'enthousiasme des plus grands spécialistes mondiaux de la paléanthropologie.

C'est en préparant les fondations du parc aquatique qu'a été exhumé, le 27 septembre dernier, le premier fragment fossile : un crâne pratiquement complet apparenté au genre HOMO, de l'espèce SAPIENS NEANDERTHAL. On l'a "baptisé" du nom d'ANDER.

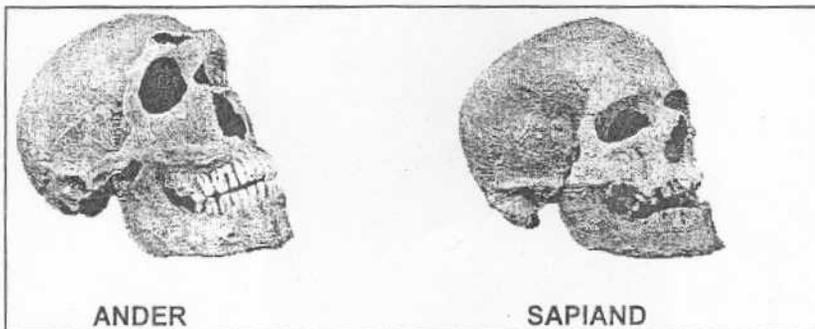
Les autorités ont suspendu les projets d'aménagement pour permettre l'étude de ce site. Depuis lors les équipes de fouille sont allées de surprise en surprise. On a exhumé le squelette d'ANDER mais aussi celui d'un autre fossile inattendu, SAPIAND : un HOMO de l'espèce SAPIENS SAPIENS.

On sait que ces deux espèces d'hominidés ont cohabité en Europe entre -60 000 ans et -30 000 ans mais la découverte de ces deux individus, dans un tel état de conservation, est exceptionnelle. De plus les deux fossiles sont séparés d'à peine deux mètres de distance, mais il est possible que des glissements de terrain (ou les travaux d'aménagement) les aient par hasard rapprochés.

Les spécialistes s'interrogent : ces deux individus se sont-ils réellement rencontrés ?

Et la question prend la dimension d'une enquête policière puisque ANDER présente manifestement les signes crâniens d'une mort violente !

SAPIAND a-t-il massacré ANDER ? L'enquête n'en est qu'à ses débuts !



Il semble que SAPIAND et ANDER aient bien vécu au même endroit. Y étaient-ils en même temps ? Pour répondre à cette question, on utilise la méthode de datation au carbone 14.

I – Étude du carbone 14

Dans la nature le carbone existe sous forme de deux noyaux isotopes, $^{12}_6\text{C}$ et $^{14}_6\text{C}$.

Dans la haute atmosphère, un neutron formé par l'action de rayons cosmiques bombarde un noyau d'azote 14 ($^{14}_7\text{N}$) qui se transforme en carbone 14 ($^{14}_6\text{C}$) radioactif β^- avec émission d'une autre particule.

1. Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondant à la formation de carbone 14 dans la haute atmosphère. Identifier la particule émise. Justifier.
2. Écrire l'équation de la désintégration β^- du carbone 14.
3. Le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du carbone 14 est de 5570 ans.
Qu'appelle-t-on temps de demi-vie ?
4. On appelle N_0 le nombre de noyaux radioactifs dans un échantillon à un instant pris comme origine des temps.

- a) Exprimer en fonction de N_0 le nombre de noyaux N de carbone 14 restant aux instants $t_{1/2}$, $2t_{1/2}$, $3t_{1/2}$, $4t_{1/2}$ et $5t_{1/2}$.
- b) Reporter sur une feuille de papier millimétré le nombre N de noyaux radioactifs aux instants précédents.

Tracer sommairement l'allure de la courbe traduisant l'évolution du nombre de noyaux radioactifs en fonction du temps.

Échelle : en abscisse $t_{1/2}$ est représenté par 2 cm ; en ordonnée N_0 est représenté par 10 cm.

5. L'équation correspondant à la représentation graphique de la question 4b est de la forme :

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (1)$$

- a) Établir la relation entre le temps de demi-vie et la constante radioactive λ .
- b) Calculer la valeur de la constante radioactive.

II - Application à la datation :

Tant que la matière est vivante, les échanges de l'organisme animal ou végétal impliquant le dioxyde de carbone atmosphérique font que le rapport $N(^{14}_6\text{C})/N(^{12}_6\text{C})$ est constant.

A la mort de l'être vivant, la fin de ces échanges entraîne la décroissance de ce rapport.

L'activité d'un échantillon $A(t)$ est le nombre de désintégrations qu'il produit par unité de temps soit $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$.

D'autre part, cette activité $A(t)$ est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs présents $N(t)$ soit $A(t) = \lambda \cdot N(t)$.

1. a) Établir l'équation différentielle donnant le nombre de noyaux $N(t)$ en fonction du temps.
 b) Vérifier que l'expression de $N(t)$ donnée par la relation (1) est solution de cette équation différentielle.
2. Les résultats de l'analyse des ossements d'ANDER et de SAPIAND par la méthode du carbone 14 sont consignés dans le tableau suivant :

Nature des échantillons sélectionnés	N / N_0
Ossements ANDER	$1,64 \times 10^{-2}$
Ossements SAPIAND	$1,87 \times 10^{-2}$

- a) A partir du résultat concernant ANDER, calculer l'âge de ses ossements.
 - b) Les données fournies par l'agence de presse en juin sont-elles en accord avec ce résultat ?
 - c) En utilisant la dernière ligne du tableau, répondre à la question posée par le journaliste : SAPIAND a-t-il pu massacrer ANDER ?
3. Une recherche sur Internet a donné l'information suivante à propos du carbone 14 : *"Pour obtenir une quinzaine de désintégrations par minute avec un matériau récent, il faut 1 g de carbone, c'est-à-dire 10 g de bois, de tissu ou de cuir, 20 g de coquillage ou 200 g d'os".*
 - a) Quelle est, en Becquerel, l'activité des 200 g d'os d'un être mort récemment ?
 - b) Quel est le nombre de noyaux radioactifs présents dans cet échantillon ?
 - c) Quel est le rapport $N(^{14}_6\text{C}) / N(^{12}_6\text{C})$ dans cet échantillon ?

Données :

La masse molaire atomique de l'élément carbone, constitué très majoritairement de carbone 12, est égale à $12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Le nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

EXERCICE III - LE GRAND SAUT (4 points)

Michel Fournier, parachutiste français de 58 ans, a le projet de franchir le mur du son en chute « libre ». Il veut réaliser cet exploit en sautant d'un ballon à une altitude de 40 000 mètres au-dessus du Canada.

Le document donné page 9 est extrait d'un site Internet. Il indique :

- les différentes phases du saut (le film du saut) ;
- les deux records du monde à battre (d'Andreyev et de Kitingier) ;
- les principales caractéristiques de l'air à différentes altitudes (masse volumique ; température et pression).

Dans cet exercice, on se propose de retrouver quelques prévisions quantitatives données dans le film du saut.

Les trois parties sont indépendantes.

PARTIE A : la montée en ballon

Le ballon qui doit permettre la montée dans la haute atmosphère est constitué d'une enveloppe à laquelle est attachée une nacelle pressurisée emportant le sauteur avec son équipement. Ce ballon est gonflé avec de l'hélium.

Données :

Masse totale de l'ensemble {ballon + nacelle + sauteur} : $m = 1,6 \times 10^3 \text{ kg}$

Volume total du ballon : $V_b = 4,0 \times 10^3 \text{ m}^3$

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

masse volumique de l'air : $\mu = 1234 \text{ g.m}^{-3}$

Comparer la valeur du poids de l'ensemble {ballon + nacelle + sauteur} au niveau du sol à celle de la poussée d'Archimède qui s'exerce sur le ballon. Conclure.

PARTIE B : Chute libre dans la haute atmosphère (stratosphère)

1. En utilisant le document page 9 indiquer brièvement et sans faire de calcul la raison pour laquelle on peut faire l'hypothèse d'une chute libre pour cette première partie du saut.
2. Dans cette première phase, on suppose la vitesse initiale nulle au moment du largage à l'altitude de 40 km. On considèrera que l'accélération de la pesanteur vaut alors $g = 9,7 \text{ m.s}^{-2}$.
Lorsque la vitesse du son est atteinte (1067 km.h^{-1}) :
 - a) Calculer la durée de chute depuis le largage.
 - b) Calculer la hauteur de chute et l'altitude atteinte.
 - c) Comparer ces résultats avec les données du document. Conclure.

PARTIE C : Chute dans la basse atmosphère (troposphère)

A partir de l'altitude de 10 km, le sauteur avec son équipement de masse 200 kg, pénètre dans les couches denses de l'atmosphère avec une vitesse initiale de $309 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Dans cette zone, la valeur de l'accélération de la pesanteur est $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

1. On admet que l'ensemble des forces exercées par l'air sur le sauteur peut se modéliser par une force de frottement dont la valeur f est reliée à la vitesse v par la relation :

$$f = k \cdot v^2 \quad \text{avec } k = 0,78 \text{ unités SI.}$$

A partir d'une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de la constante k dans le Système International.

2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse $v(t)$, au cours de la chute. On utilisera un axe vertical orienté vers le bas.
3. Pour déterminer l'évolution de la vitesse on utilise la méthode itérative d'Euler avec un pas de résolution $\Delta t = 0,5 \text{ s}$.

- a) Soient v_n la vitesse à l'instant t_n et v_{n+1} la vitesse à l'instant $t_{n+1} = t_n + \Delta t$. Montrer que l'équation différentielle précédente peut se mettre sous la forme :

$$v_{n+1} = v_n + A - B \cdot v_n^2$$

où $A = 4,9 \text{ SI}$ et $B = 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ SI}$.

Préciser les unités des constantes A et B .

- b) En utilisant le graphe (**figure 1**) représentant la vitesse v en fonction du temps t calculée avec la relation précédente, indiquer :
 - l'ordre de grandeur de la durée nécessaire pour atteindre la vitesse limite ;
 - la valeur de cette vitesse exprimée en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Comparer cette valeur à la prévision indiquée sur le film du saut.

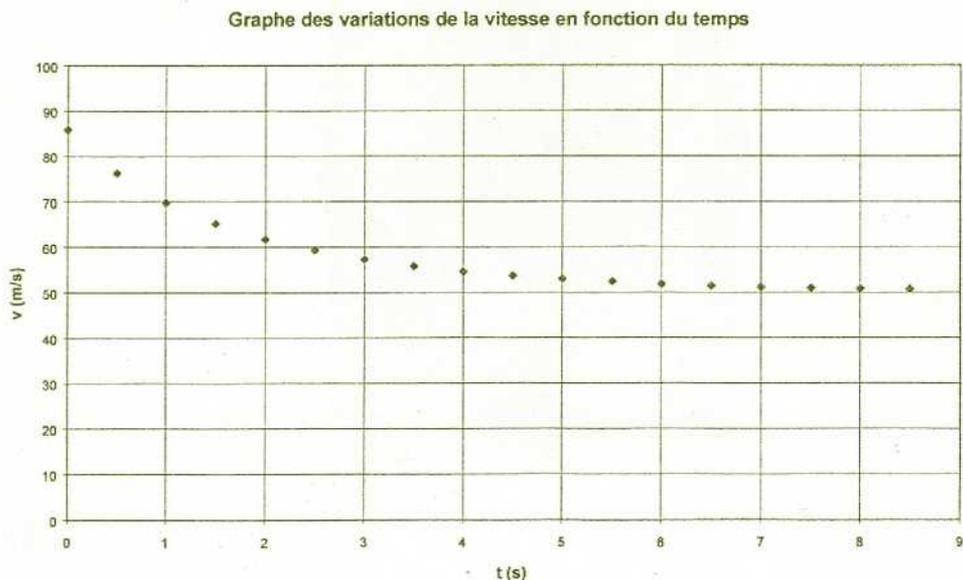
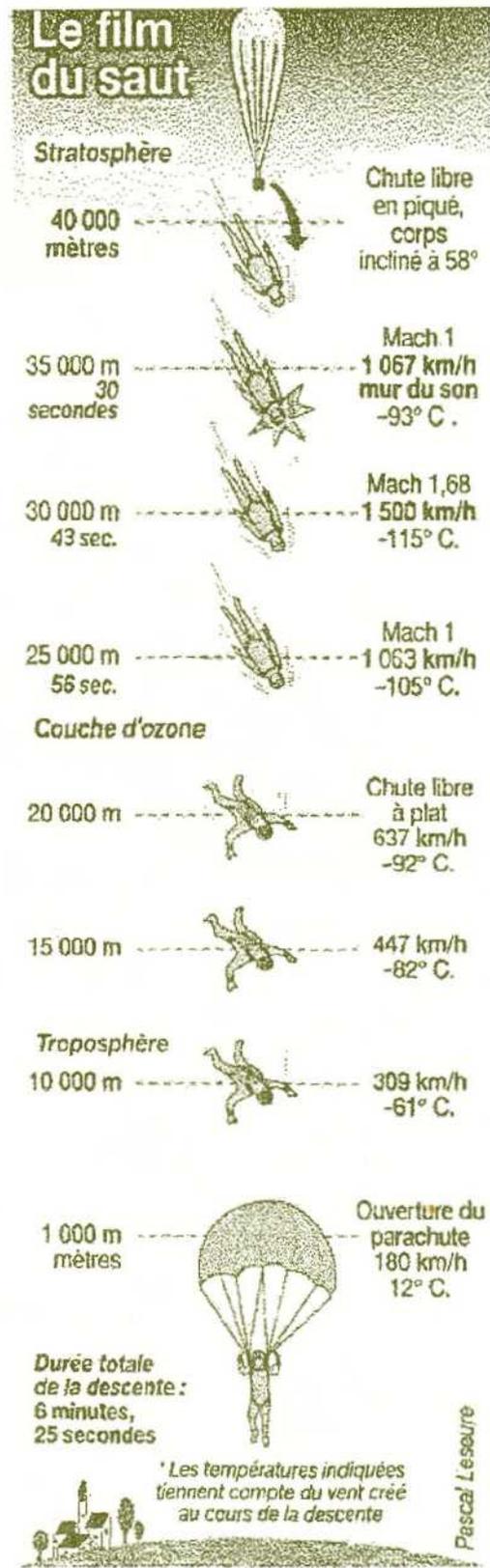
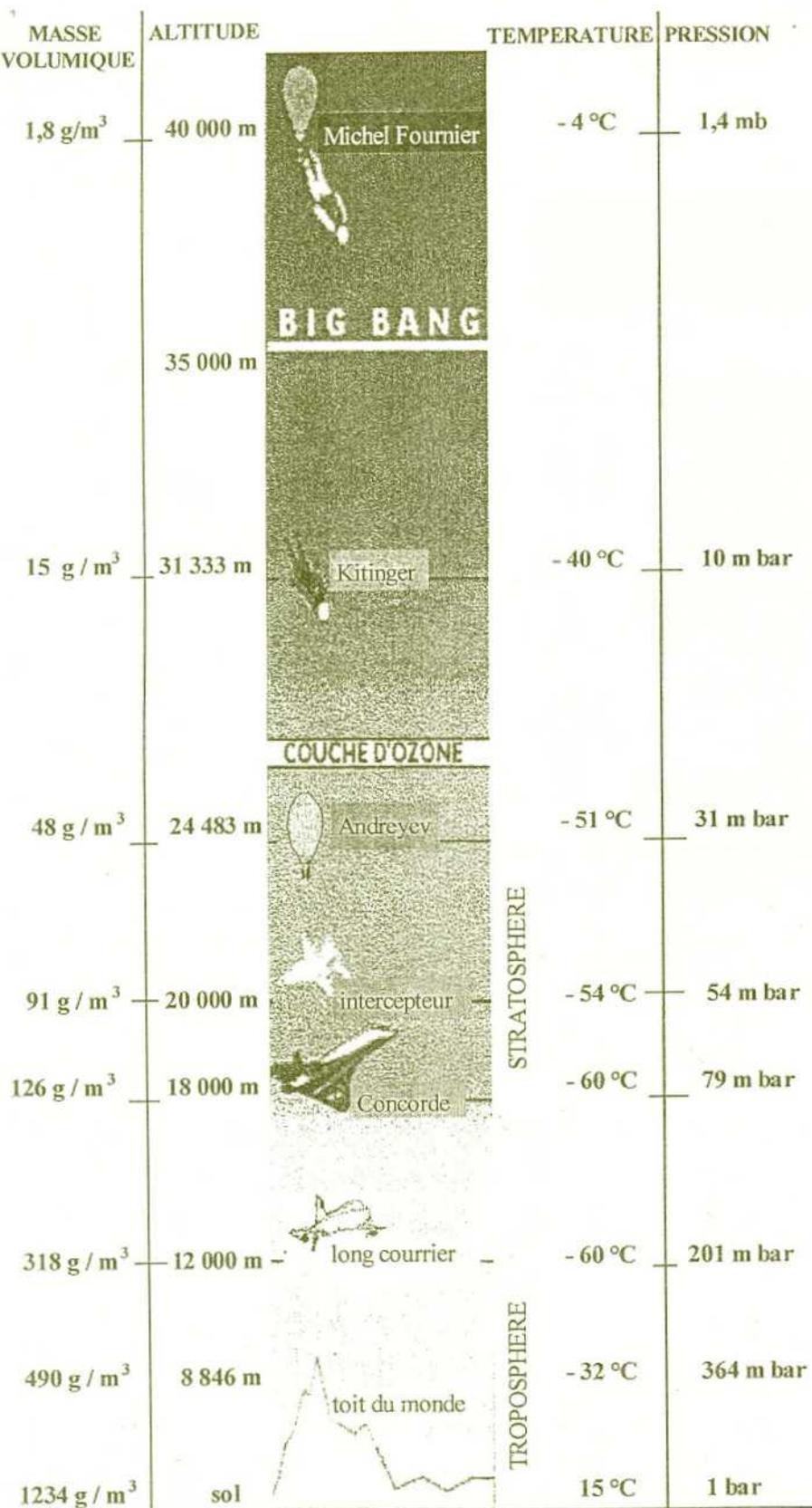
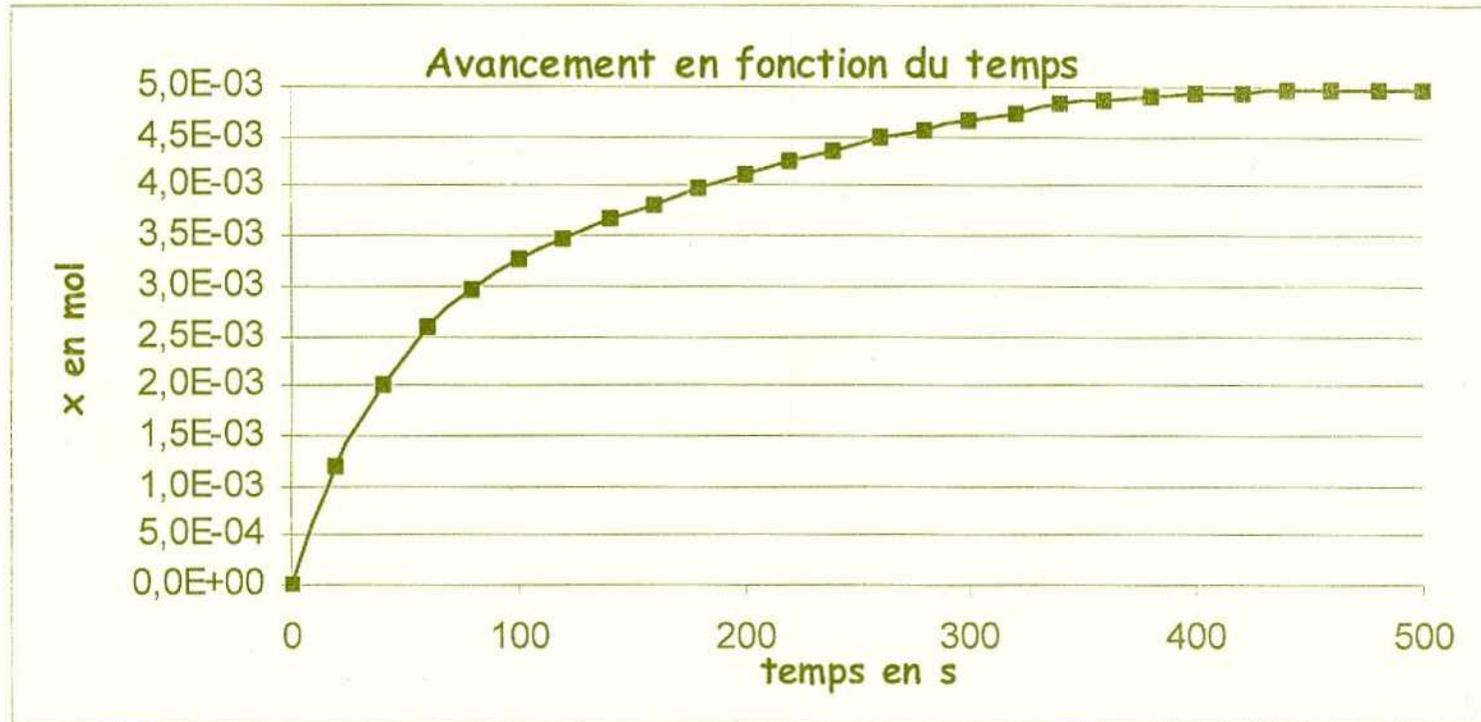


Figure 1

EXERCICE III : DOCUMENT



EXERCICE I : ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

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

- I. A propos de l'aspirine (4 points)**
- II. Mécanique du vol d'un ballon sonde (6,5 points)**
- III. Bizarre, bizarre... (5,5 points)**

EXERCICE I. À PROPOS DE L'ASPIRINE... (4 points)

L'aspirine reste le médicament le plus consommé au monde.

L'aspirine peut se présenter sous de multiples formes (comprimés simples ou effervescents, poudre soluble...), chacune renfermant de l'acide acétylsalicylique, principe actif. Par la suite, cet acide est noté AH et l'ion acétylsalicylate A^- .

L'exercice qui suit a pour but d'étudier le comportement de la molécule AH en solution aqueuse. La réaction entre la molécule AH et l'eau modélise la transformation étudiée.

Les parties 1. et 2. ont en commun le calcul de l'avancement final de cette réaction par deux techniques différentes dont la précision sera discutée dans la partie 3.

Données :

Conductivités molaires ioniques à 25 °C

Espèces chimiques	H_3O^+	HO^-	A^-
λ en $mS.m^2.mol^{-1}$	35,0	19,9	3,6

pK_A à 25 °C AH/A^- : 3,5 H_2O/HO^- : 14

Masse molaire moléculaire de l'acide acétylsalicylique AH : $M = 180 \text{ g.mol}^{-1}$

Par dissolution d'une masse précise d'acide acétylsalicylique pur, on prépare un volume $V_S = 500,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide acétylsalicylique, notée S, de concentration molaire en soluté apporté $c_S = 5,55 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

1. Étude de la transformation chimique par une mesure de pH

À 25 °C, la mesure du pH de la solution S à l'équilibre donne 2,9.

1.1. Déterminer, à l'équilibre, la concentration $[H_3O^+]_{\text{éq}}$ en ions oxonium dans la solution S préparée.

1.2. L'acide acétylsalicylique AH réagit avec l'eau.

Écrire l'équation de la réaction modélisant cette transformation chimique.

1.3. Déterminer l'avancement final x_f de la réaction (on pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système).

1.4. Déterminer l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

1.5. Déterminer le taux d'avancement final τ de la réaction.

La transformation étudiée est-elle totale ?

2. Détermination de la constante d'équilibre de la réaction par conductimétrie

À 25 °C, on mesure la conductivité σ de la solution S à l'aide d'un conductimètre.

On obtient $\sigma = 44 \text{ mS.m}^{-1}$.

La conductivité de la solution est liée à la concentration des ions qu'elle contient et à leur conductivité molaire ionique par la relation :

$$\sigma = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda_{\text{A}^-} \cdot [\text{A}^-] + \lambda_{\text{HO}^-} \cdot [\text{HO}^-]$$

Dans les conditions de l'expérience, on peut négliger la contribution des ions HO^- à la conductivité de la solution. La relation précédente devient :

$$\sigma = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} + \lambda_{\text{A}^-} \cdot [\text{A}^-]_{\text{eq}} \quad \text{relation (1)}$$

2.1. Exprimer l'avancement final x_f de la réaction entre l'acide AH et l'eau en fonction de σ , des conductivités molaires ioniques utiles et du volume V_S (on pourra s'aider du tableau descriptif de l'évolution du système comme à la question 1.3.).

2.2. En déduire la valeur de x_f .

2.3. Calculer les concentrations molaires à l'équilibre des espèces AH, A^- et H_3O^+ .

2.4. Donner l'expression de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction entre l'acide AH et l'eau, puis la calculer.

3. Précision des deux techniques utilisées : pH-métrie et conductimétrie.

Le pH-mètre utilisé donne une valeur de pH précise à 0,1 unité de pH près, et le conductimètre donne une valeur de conductivité précise à 1 mS.m^{-1} près.

La valeur du pH est donc comprise entre 2,8 et 3,0 et celle de la conductivité entre 43 mS.m^{-1} et 45 mS.m^{-1} .

Le tableau ci-dessous indique les valeurs de l'avancement final de la réaction calculées pour ces différentes valeurs de pH et de conductivité :

	$\text{pH} = 2,8$	$\text{pH} = 3,0$	$\sigma = 43 \text{ mS.m}^{-1}$	$\sigma = 45 \text{ mS.m}^{-1}$
x_f (en mol)	$7,9 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-4}$	$5,6 \times 10^{-4}$	$5,8 \times 10^{-4}$

Conclure brièvement sur la précision des deux techniques, sans procéder à un calcul d'erreur relative.

EXERCICE II. MÉCANIQUE DU VOL D'UN BALLON SONDE (6,5 points)

Un ballon sonde, en caoutchouc mince très élastique, est gonflé à l'hélium. Une nacelle attachée au ballon emporte du matériel scientifique afin d'étudier la composition de l'atmosphère.

En montant, le ballon grossit car la pression atmosphérique diminue. Sa paroi élastique finit par éclater à une altitude généralement comprise entre 20 et 30 kilomètres. Après l'éclatement, un petit parachute s'ouvre pour ramener la nacelle et son matériel scientifique au sol.

Il faut ensuite localiser la nacelle, puis la récupérer pour exploiter l'ensemble des expériences embarquées.

1. Mécanique du vol

L'objectif de cette partie est d'étudier la mécanique du vol du ballon sonde à faible altitude (sur les premières centaines de mètres). On peut alors considérer que l'accélération de la pesanteur g , le volume du ballon V_b et la masse volumique ρ de l'air restent constantes.

On modélisera la valeur f de la force de frottement de l'air sur le système étudié par l'expression : $f = K \cdot \rho \cdot v^2$ où K est une constante pour les altitudes considérées et v la vitesse du centre d'inertie du système {ballon + nacelle}.

On supposera qu'il n'y a pas de vent (le mouvement s'effectue dans la direction verticale) et que le volume de la nacelle est négligeable par rapport au volume du ballon.

Le système {ballon + nacelle} est étudié dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

1.1. Condition de décollage du ballon.

1.1.1. Établir le bilan des forces exercées sur le système {ballon + nacelle}, lorsque le ballon vient juste de décoller. Indiquer le sens et la direction de chaque force.

1.1.2. La poussée d'Archimède.

Donner l'expression littérale de la valeur F_A de la poussée d'Archimède.

1.1.3. Soit M la masse du système.

Appliquer au système la seconde loi de Newton (seule la relation vectorielle est demandée).

1.1.4. La vitesse initiale du ballon (juste après le décollage) étant considérée comme nulle, à quelle condition doit satisfaire le vecteur accélération pour que le ballon puisse s'élever ? En déduire une condition sur M (on projetera la relation obtenue à la question 1.1.3. **sur un axe vertical orienté vers le haut**).

1.1.5. En déduire la masse maximale de matériel scientifique que l'on peut embarquer dans la nacelle.

Données : $\rho = 1,22 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$V_b = 9,0 \text{ m}^3$$

Masse du ballon (enveloppe + hélium) : $m = 2,10 \text{ kg}$

Masse de la nacelle vide : $m' = 0,50 \text{ kg}$

1.2. Ascension du ballon.

1.2.1. À partir de la question 1.1.3. et en conservant l'axe défini à la question 1.1.4., montrer que l'équation différentielle régissant le mouvement du ballon peut se mettre sous la forme

$A \cdot v^2 + B = \frac{dv}{dt}$ et donner les expressions de A et B.

La masse de matériel embarqué étant de 2,0 kg, l'application numérique donne $A = -0,53 \text{ m}^{-1}$ et $B = 13,6 \text{ m.s}^{-2}$.

1.2.2. Une méthode de résolution numérique, la méthode d'Euler, permet de calculer de façon approchée la vitesse instantanée du ballon à différentes dates en utilisant la relation suivante :

$$v(t_{n+1}) = v(t_n) + \Delta v(t_n) \text{ avec } \Delta v(t_n) = a(t_n) \cdot \Delta t.$$

$t_{n+1} = t_n + \Delta t$ où Δt est le pas de résolution.

Par cette méthode on souhaite calculer la vitesse v_1 à l'instant de date $t_1 = 0,05 \text{ s}$ et la vitesse v_2 à l'instant de date $t_2 = 0,1 \text{ s}$, la vitesse initiale du ballon étant nulle. On prendra $\Delta t = 0,05 \text{ s}$.

En utilisant la méthode d'Euler, l'équation différentielle de la question 1.2.1. et les valeurs de A et B, recopier et compléter le tableau suivant :

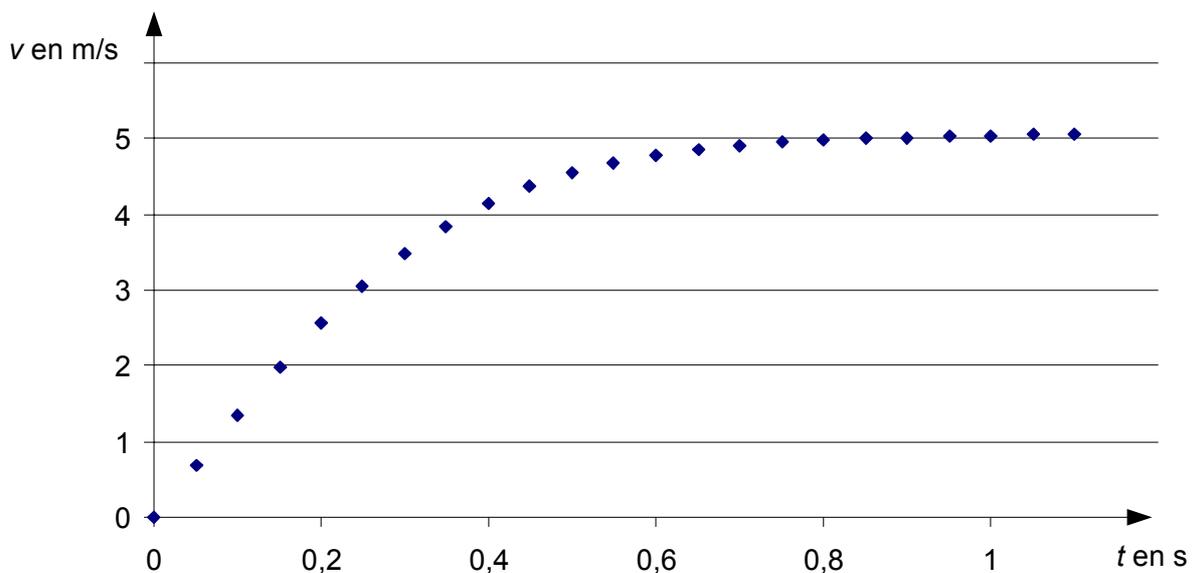
Date t en s	Valeur de la vitesse $v(t_n)$ en m.s^{-1}	Valeur de l'accélération $a(t_n)$ en m.s^{-2}	$\Delta v(t_n)$ en m.s^{-1}
$t_0 = 0,0$	0	13,6	
$t_1 = 0,05$			
$t_2 = 0,10$			

1.3. Vitesse limite du ballon.

1.3.1. Donner l'expression littérale de la vitesse limite v_ℓ du ballon en fonction de A et B.

1.3.2. Calculer cette vitesse limite.

1.3.3. La méthode d'Euler donne le graphique suivant :



Comparer la vitesse limite calculée au 1.3.2. à la valeur lue sur le graphique (le calcul de l'écart relatif n'est pas demandé).

2. Le poids et la poussée d'Archimède varient-ils avec l'altitude ?

Le tableau suivant donne quelques valeurs de grandeurs mesurées au voisinage de la Terre.

Altitude h (en m)	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
Accélération de la pesanteur g_h (en m.s^{-2})	9,8066	9,8036	9,8005	9,7974	9,7943	9,7912	9,7882	9,7851	9,7820	9,7789
Masse volumique de l'air ρ_h (en kg.m^{-3})	1,22	1,11	1,00	0,90	0,82	0,73	0,66	0,59	0,52	0,46

2.1. Le poids.

En calculant l'écart relatif $\frac{\Delta g}{g} = \left| \frac{g_{9000} - g_0}{g_0} \right|$, montrer que pour les altitudes figurant dans le tableau précédent, l'accélération de la pesanteur peut être considérée comme constante à moins de 1 % près.

On peut donc considérer que le poids est constant entre les altitudes 0 m et 9000 m.

2.2. La poussée d'Archimède.

En s'aidant de la phrase soulignée dans l'introduction de l'exercice et en considérant qualitativement l'évolution avec l'altitude de chaque paramètre intervenant dans la poussée d'Archimède (dont la valeur est notée F_A), choisir et justifier la conclusion qui convient parmi les propositions suivantes :

- F_A augmente.
- F_A reste constante.
- F_A diminue.
- On ne peut pas conclure.

EXERCICE III. BIZARRE, BIZARRE... (5,5 points)

Cet exercice est construit autour de deux phénomènes surprenants :

- en chimie avec la présentation de deux produits salissants qui peuvent, en s'alliant, donner un produit nettoyant ;

- en physique avec l'étude d'un dispositif permettant de produire une lumière visible à partir d'un rayonnement invisible.

Les parties 1. et 2. sont indépendantes.

1. Quand la cendre et le suif s'emmêlent...

Il y a quelques décennies, les femmes lavaient le linge au lavoir en utilisant un mélange de suif (graisse animale) et de cendre. On cherche à comprendre ici comment ces deux produits salissants permettent le nettoyage.

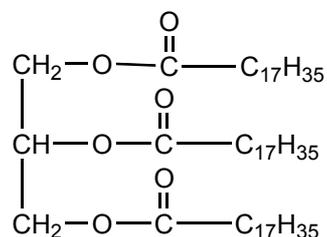
1.1. La cendre.

Les cendres étaient recueillies dans un pot et mélangées à de l'eau. La cendre de bois contient de la potasse KOH.

Sachant que la potasse contient des ions potassium K^+ , écrire l'équation traduisant la réaction associée à la dissolution de la potasse solide dans l'eau.

1.2. Le suif.

Le suif est composé majoritairement de tristéarate (ou octadécanoate) de glycéryle dont la formule est :



1.2.1. À quelle famille chimique appartient le tristéarate de glycéryle ? Recopier la formule et entourer les groupes caractéristiques (ou fonctionnels) correspondant à cette famille.

1.2.2. Donner la formule de l'acide (sans le nommer), ainsi que la formule et le nom de l'alcool nécessaires pour fabriquer le tristéarate de glycéryle. Comment se nomme cette réaction ?

1.3. Le mélange de suif et de cendre...

1.3.1. En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation chimique de la réaction modélisant la transformation lors du mélange de suif et de cendre.

1.3.2. Par cette réaction, on obtient un savon qui a des propriétés nettoyantes.

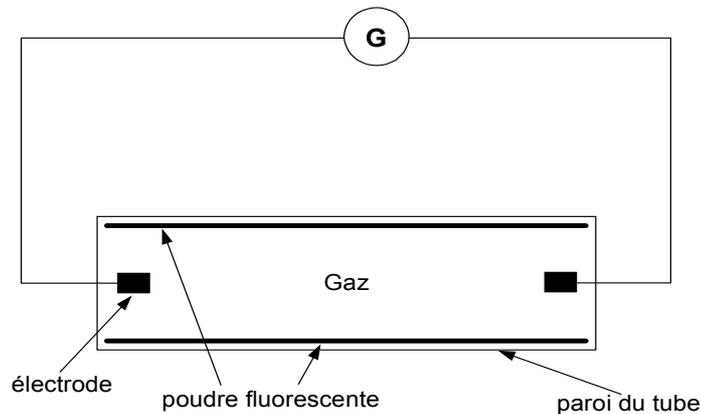
Ce produit possède une partie hydrophile et une partie lipophile.

Identifier la partie hydrophile de l'ion négatif contenu dans ce savon et préciser la définition du terme « hydrophile ».

2. Principe de fonctionnement d'un tube fluorescent.

Le tube fluorescent étudié est constitué d'un cylindre de verre qui contient un gaz à basse pression. La paroi intérieure du cylindre est recouverte d'une poudre fluorescente. Lorsque le tube est mis sous tension, une décharge électrique se produit : des électrons circulent dans le gaz entre les deux électrodes. Les électrons bombardent les atomes gazeux et leur cèdent de l'énergie.

Le schéma simplifié du circuit est donné ci-dessous :

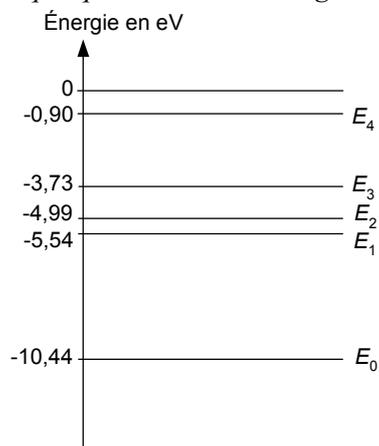


2.1. On donne **page 10/10** les spectres, dans le visible, des lumières émises par deux tubes fluorescents et deux lampes (une lampe à vapeur de mercure et une lampe à vapeur de sodium) vendus dans le commerce.

Quel est le gaz contenu dans les tubes 1 et 2 ? Justifier.

2.2. Étude du spectre du mercure.

Le diagramme ci-dessous représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure.



2.2.1. Comment désigne-t-on le niveau le plus bas E_0 sur le diagramme énergétique ?

2.2.2. Un électron cède une partie de son énergie à un atome de mercure. L'énergie de celui-ci passe du niveau E_0 au niveau E_1 .

Comment qualifie-t-on l'état dans lequel se trouve alors l'atome de mercure ?

2.2.3 Retour vers E_0 .

Lors de la transition du niveau E_1 vers le niveau E_0 , l'atome de mercure perd un quantum d'énergie.

On donne :

- la valeur de la constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ S.I. ;

- la valeur de la célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹.

On rappelle que : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}$ J.

2.2.3.a. Comment se manifeste cette perte d'énergie ?

2.2.3.b. Calculer la longueur d'onde $\lambda_{1 \rightarrow 0}$ correspondante dans le vide.

2.2.3.c. Après avoir rappelé les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible, dire dans quel domaine, ultra-violet (U.V.), visible ou infra-rouge (I.R.), se situe la radiation de longueur d'onde $\lambda_{1 \rightarrow 0}$.

2.3. Des U.V. à la lumière visible.

2.3.1. *Pour que la poudre produise de la lumière visible, elle doit être soumise à un rayonnement dont la longueur d'onde est comprise entre 200 nm et 300 nm. Elle émet alors de la lumière dont le spectre est continu.*

La vapeur de mercure contenue dans le tube permet-elle à la poudre déposée sur les parois du tube d'émettre de la lumière visible ? Justifier.

2.3.2. *Un éclairage confortable pour la restitution des couleurs correspond à de la lumière dont le spectre est continu et se rapproche de celui de la lumière solaire.*

En comparant soit les spectres des figures 2 et 3, soit les spectres des figures 1 et 3, donnés **page 10/10**, indiquer le rôle des poudres.

2.3.3. En comparant les spectres des figures 1 et 2, montrer que la nature de la poudre a une influence sur la couleur de la lumière émise.

SPECTRES À UTILISER POUR L'EXERCICE III

Ces représentations sont limitées aux rayonnements visibles

Intensité relative

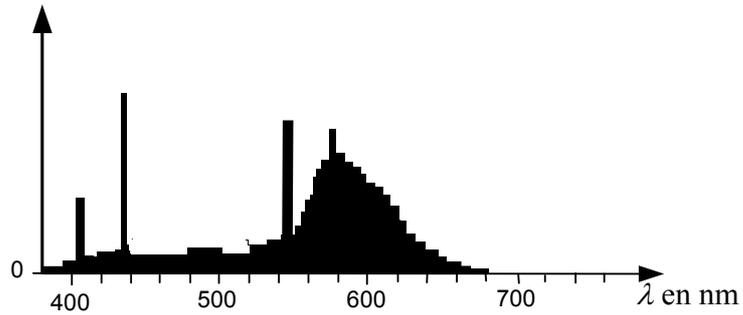


Figure 1 : tube fluorescent 1

Intensité relative

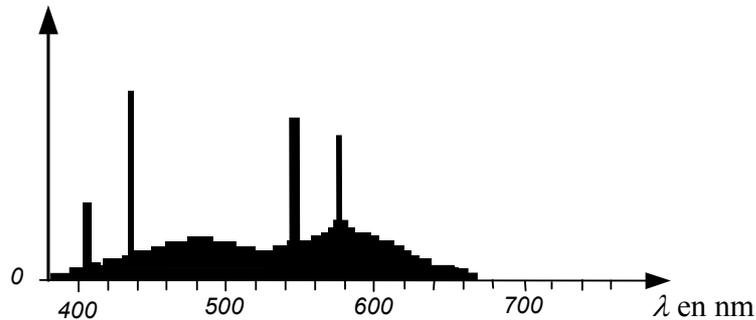


Figure 2 : tube fluorescent 2

Intensité relative

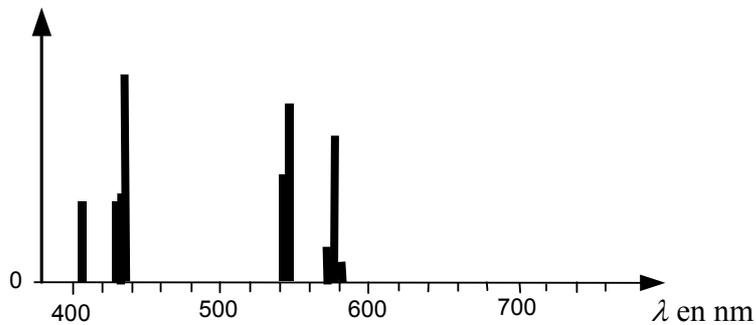


Figure 3 : lampe à vapeur de mercure

Intensité relative

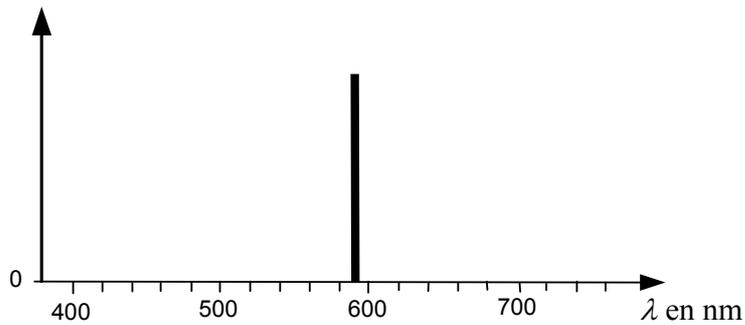


Figure 4 : lampe à vapeur de sodium

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE – Série S**

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

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

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

La page 9/10 est à rendre avec la copie après avoir été complétée.

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

- | | |
|---|--------------|
| I. Aïe j'ai une crampe ! | (6,5 points) |
| II. Bac à décantation à flux horizontal | (5,5 points) |
| III. Ondes en question | (4 points) |

EXERCICE I - AÏE ! J'AI UNE CRAMPE.... (6,5 points)

Lors du métabolisme basal de l'homme, l'énergie nécessaire provient de la transformation en milieu oxygéné du glucose en dioxyde de carbone et eau. Le dioxyde de carbone est transporté par le sang jusqu'aux poumons où il est alors éliminé par ventilation.

Lors d'un effort physique intense, les besoins énergétiques des muscles augmentent : le métabolisme basal augmente ainsi que la ventilation.

Dans certains cas, lorsque la ventilation est insuffisante, l'énergie nécessaire au fonctionnement du muscle devient insuffisante : la crampe apparaît. Il se forme, dans la cellule musculaire, de l'acide lactique qui, lorsqu'il passe dans le sang, provoque une diminution locale de son pH du fait de la création en abondance de dioxyde de carbone dissous dans le sang. Cette diminution du pH sanguin déclenche des ordres hypothalamiques qui vont amplifier la ventilation.

Le but de l'exercice est d'expliquer, de façon très simplifiée, les processus mis en jeu lors de l'apparition d'une crampe.

1 - pH du sang et maintien de sa valeur :

Le sang est constitué d'un liquide plasmatique (contenant entre autres les globules et les plaquettes), qui peut être assimilé à une solution aqueuse ionique dont le pH (d'une valeur voisine de 7,4) est quasiment constant et ne peut subir que de très faibles fluctuations. Dans le cas contraire, de fortes fluctuations nuiraient gravement à la santé.

Le maintien de la valeur du pH se fait par deux processus :

- Le premier met en œuvre un ensemble d'espèces chimiques régulatrices dont notamment le couple acide-base $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$ (couple dioxyde de carbone dissous/ ion hydrogénocarbonate) grâce à l'équilibre :
$$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{HCO}_3^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \text{ (réaction 1).}$$
- Le deuxième processus physico-chimique est la respiration.

A une température de 37°C, on donne :

- pH d'un sang artériel « normal » : 7,4
- $\text{pKa} (\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-) = \text{pKa}_1 = 6,1$

1.1

- Donner l'expression de la constante d'acidité Ka_1 associée au couple régulateur (réaction 1).
En déduire la relation entre le pH et le pKa_1 du couple $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$.
- Calculer alors la valeur du rapport $\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]}$ dans le sang artériel normal
- Lors d'un effort physique, la concentration en dioxyde de carbone dissous dans le sang, au voisinage du muscle, augmente. Comment devrait varier le pH du sang ?

Pour éviter cette variation du pH du sang, l'hémoglobine contenue dans ce dernier et la respiration interviennent pour éliminer l'excès de dioxyde de carbone.

Le transport des gaz dissous dans le sang peut être modélisé par l'équilibre :



où Hb représente l'hémoglobine du sang.

1.2 Répondre qualitativement aux questions suivantes :

- Au voisinage du poumon la quantité de O_2 dissous augmente. Dans quel sens est déplacé l'équilibre 2 ?
- Au voisinage du muscle la quantité de CO_2 dissous augmente. Dans quel sens est déplacé l'équilibre 2 ?
- Expliquer comment la respiration permet de maintenir constante la valeur du pH sanguin

2 - L'acide lactique :

L'acide lactique a pour formule $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$. Sa base conjuguée est l'ion lactate $\text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^-$.

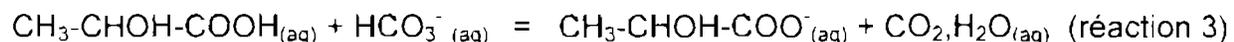
- Donner la formule développée de l'acide lactique ; entourer et nommer les différents groupes fonctionnels de la molécule.
- Donner la définition d'un acide selon Brønsted.
- Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.
- Dans la cellule musculaire, l'acide lactique est formé à partir de l'acide pyruvique de formule $\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$. La transformation produite est une oxydoréduction faisant intervenir le couple acide pyruvique / acide lactique.

Écrire la demi-équation électronique associée au couple.

S'agit-il d'une oxydation ou d'une réduction de l'acide pyruvique dans la cellule musculaire ?

3 - Variation locale du pH sanguin en l'absence des processus de maintien :

Lorsque l'acide lactique produit dans la cellule musculaire est en partie transféré dans le sang, il réagit avec les ions hydrogénocarbonate selon l'équation :



Données à 37°C :

- Pour le sang avant effort :
- $[\text{HCO}_3^-]_i = 2,7 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
 - $[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_i = 1,4 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
 - $\text{pKa} (\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-) = \text{pKa}_1 = 6,1$
 - $\text{pKa} (\text{acide lactique} / \text{ion lactate}) = \text{pKa}_2 = 3,6$

On considère un volume $V = 100 \text{ mL}$ de sang « après » effort dans lequel apparaît $n_0 = 3,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ d'acide lactique.

- 3.1 Calculer la constante d'équilibre K de la réaction 3.
- 3.2 En supposant la transformation totale, compléter le tableau d'évolution des espèces (tableau d'avancement) fourni en **annexe 1, page 9/10 (à rendre avec la copie)**.
- 3.3 Calculer alors pour le sang après effort : $[\text{HCO}_3^-]_f$ et $[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_f$.
- 3.4 En utilisant la relation établie au **1.1.a)** calculer le pH local du sang après effort.

EXERCICE II – PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN BAC A DECANTATION A FLUX HORIZONTAL (5,5 points)

1. Étude de la chute d'une particule dans un liquide visqueux :

On prépare un mélange homogène constitué d'un liquide de masse volumique $\rho_l = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ et de particules solides de forme sphérique de rayon $R = 2,0 \times 10^{-6} \text{ m}$, de masse volumique $\rho_s = 1,5 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ et de masse $m = 5,0 \times 10^{-14} \text{ kg}$.

On dépose, à la date $t = 0$, une fine couche (dont on néglige l'épaisseur) de ce mélange homogène à la surface d'un récipient contenant le même liquide, à l'état pur, que le mélange précédent.

A partir de cet instant, les particules, que l'on suppose initialement au repos, se déplacent verticalement vers le fond du récipient.

On suppose que la vitesse limite est suffisamment faible. Dans cette hypothèse, les particules sont soumises à leur poids \vec{P} , à la poussée d'Archimède $\vec{\Pi} = -\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_l \vec{g}$ et à

une force de frottement $\vec{F} = -f \cdot \vec{v}$ où f vaut $3,1 \times 10^{-12} \text{ kg.s}^{-1}$ et représente le coefficient de frottement.

On donne $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

Pour étudier le mouvement de la particule, on se place dans un repère unidimensionnel d'axe Oz vertical et dirigé vers le bas, d'origine O au niveau de la surface libre du liquide. (**voir annexe 2 page 9/10**).

1.1 En effectuant une analyse dimensionnelle, vérifier que l'unité du coefficient de frottement est bien le kg.s^{-1} .

1.2 Compléter l'**annexe 2** en faisant figurer les forces s'exerçant sur la particule pendant sa chute à l'instant t .

1.3 En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle relative

$$\text{à la vitesse de la particule est : } \frac{dv}{dt} + \frac{f}{m} \cdot v = g \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_s} \right).$$

1.4 En déduire que la valeur de la vitesse limite atteinte par les particules s'exprime par la

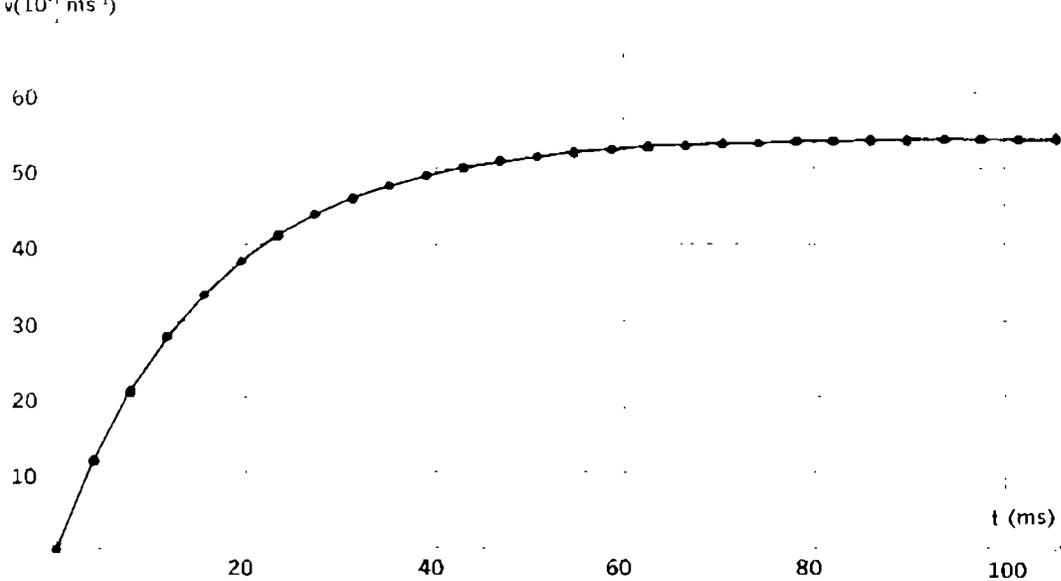
$$\text{relation } v_l = \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_s} \cdot \frac{m}{f} \cdot g. \text{ Calculer } v_l.$$

1.5 La solution de l'équation différentielle établie à la question 1.3 est de la forme :

$$v(t) = v_l \cdot \left(1 - e^{-\frac{f}{m}t} \right).$$

Déterminer la date t_1 à partir de laquelle la valeur de la vitesse vaudra 99 % de la valeur de la vitesse limite.

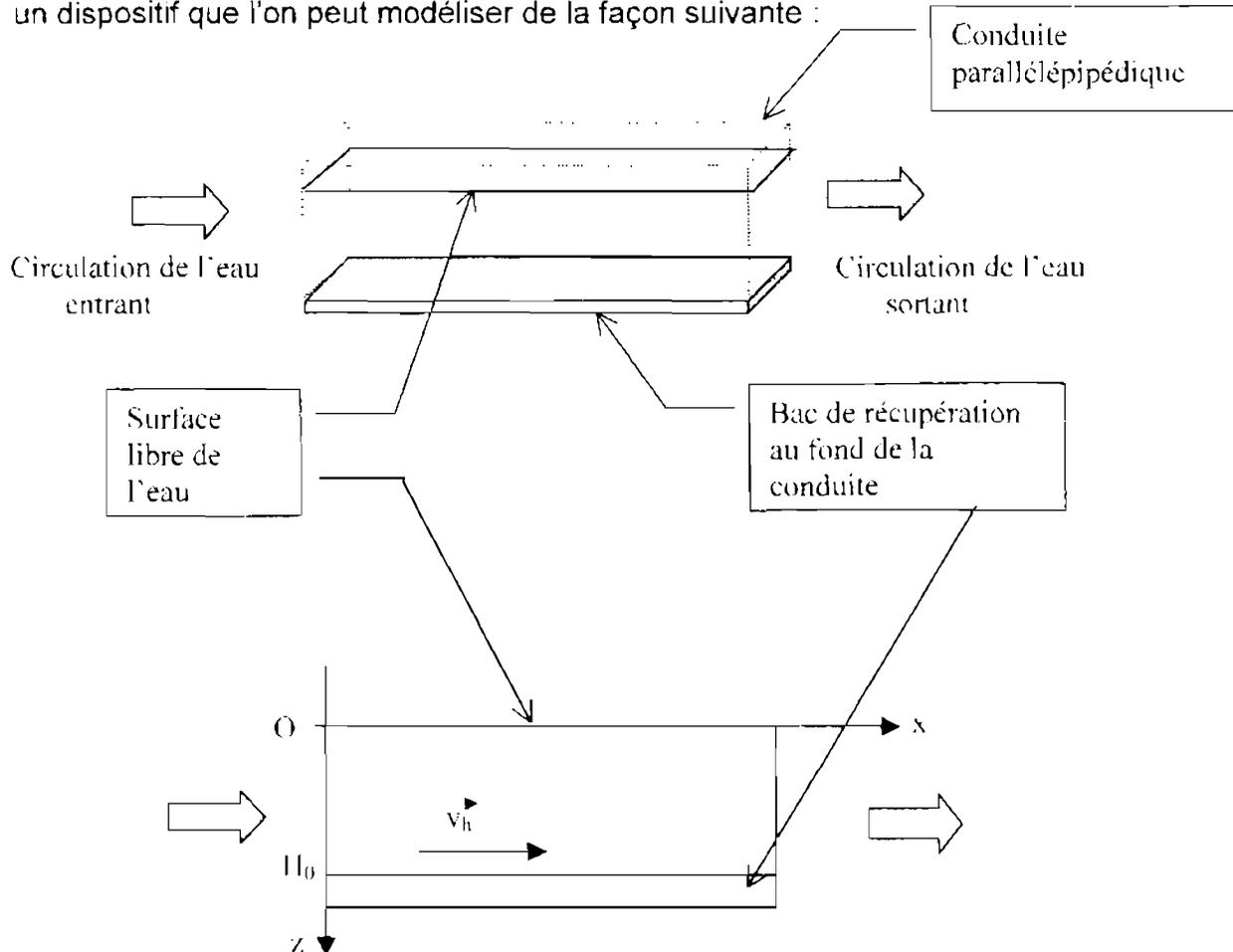
1.6 Une étude expérimentale a permis d'obtenir le graphe, donné ci-après, représentant les variations de la vitesse de la particule au cours du temps



- Déterminer par une méthode de votre choix le temps caractéristique τ_1 de l'évolution de la vitesse.
- Décrire et nommer les phases du mouvement de la particule entre les instants $t = 0$ et $t' = 100$ ms.

2. Application : modélisation simple d'un bac à décantation à flux horizontal.

Le principe d'un bac à décantation à flux horizontal consiste à faire circuler, à vitesse constante v_h , un courant d'eau contenant des particules de masses différentes dans un dispositif que l'on peut modéliser de la façon suivante :



En fonction des caractéristiques des particules, ces dernières vont tomber au fond du bac en des endroits différents. On peut donc, par ce procédé, séparer les particules de nature différente contenues dans l'eau.

On s'intéresse au mouvement d'une particule (identique à celle de la partie 1) initialement à la surface de l'eau, à la côte $z = 0$ et pénétrant dans le bac en $x = 0$.

- 2.1 En imaginant que la particule reste à la surface de l'eau, quel temps τ_2 mettrait-elle pour parcourir la longueur du bac $L = 1,0$ m, si la vitesse de circulation d'eau est constante et de valeur $v_h = 0,10$ m.s⁻¹ ?
- 2.2 En comparant les valeurs de τ_1 (déterminé à la question 1.6.a) et τ_2 , justifier que l'on puisse considérer que la vitesse de la particule dans la conduite est $\vec{v} = \vec{v}_h + \vec{v}_l$ (où v_l est la valeur de la vitesse limite atteinte en chute libre dans le fluide).
- 2.3 On déduit de l'étude précédente les grandeurs cinétiques données en **annexe 3, page 9/10 (à rendre avec la copie)**. Compléter la dernière ligne du tableau.
- 2.4 En déduire que la trajectoire $z = f(x)$ est une droite de coefficient directeur

$$\alpha = \frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_s} \cdot \frac{m \cdot g}{f \cdot v_h}$$

En réalité les particules ne sont pas toutes identiques et sont caractérisées par leur masse m .

- 2.5 Calculer la valeur de la masse m_c de la particule pour que cette dernière tombe dans le bac à récupération au point de coordonnées $x = L$ et $z = H_0 = 0,54$ m.
- 2.6 Dans quelle zone vont tomber les particules de masses m et de même masse volumique ρ_s :
 - si $m < m_c$?
 - si $m > m_c$?

Justifier votre réponse.

EXERCICE III – ONDES EN QUESTION – 4 points

Les questions sont indépendantes.

Répondre aux questions suivantes en **justifiant** toutes vos réponses :

Question 1

On excite l'extrémité d'une corde à une fréquence de 50 Hz. Les vibrations se propagent le long de la corde avec une célérité de 10 m.s^{-1} . Quelle est la longueur d'onde ?

Question 2

Un faisceau de lumière, parallèle monochromatique, de longueur d'onde λ , arrive sur une fente horizontale de largeur a (a est de l'ordre du dixième de millimètre). Quelle figure de diffraction parmi celles proposées dans l'annexe 4, schéma 1, page 10 observe-t-on sur l'écran situé à une distance D , grande devant a .

Question 3

- a) La fréquence d'une radiation lumineuse monochromatique, qui passe d'un milieu transparent à un autre milieu d'indice plus élevé, ne change pas.
- b) La longueur d'onde d'une radiation monochromatique qui passe d'un milieu transparent à un autre milieu d'indice plus élevé ne change pas.

Ces affirmations sont-elles vraies ou fausses ?

Question 4

La célérité du son dans l'air est $v = \sqrt{\frac{k \cdot T}{M}}$ où T est la température absolue (en Kelvin) et M la masse molaire du gaz ; k étant une constante.

- 4.1 La célérité du son diminue-t-elle quand la température augmente ?
- 4.2 La célérité du son varie-t-elle avec la fréquence ?
- 4.3 La célérité du son dans l'air est-elle de l'ordre de $1\,000 \text{ km.s}^{-1}$?

Question 5

Un pêcheur à la ligne est au bord d'un lac tranquille. Soudain un enfant vient perturber la surface de l'eau en jetant un caillou à quelques mètres du flotteur. Le flotteur se déplace-t-il à la célérité v de l'onde ?

Question 6

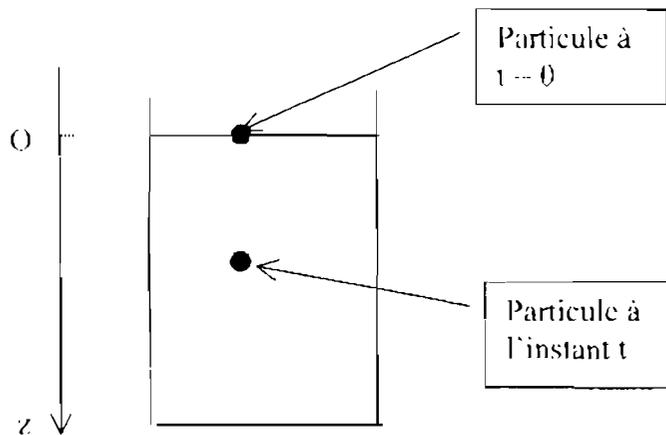
Deux ébranlements se propagent en sens contraire sur une corde tendue. On a représenté (annexe 4, schéma 2, page 10) plusieurs situations possibles après leur rencontre. Choisir celle qui est physiquement possible.

EXERCICE I : ANNEXE 1 (à rendre avec la copie)

L'acide lactique est noté AH, sa base conjuguée A

Avancement	$AH_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)} = A^-_{(aq)} + CO_2, H_2O_{(aq)}$		
Etat initial $x = 0$ $n(\text{mol})$	$n_0 = 3.10^{-4}$	0	
Etat intermédiaire x			
Etat final $x = x_{\text{max}}$			

EXERCICE II : ANNEXE 2 (à rendre avec la copie)

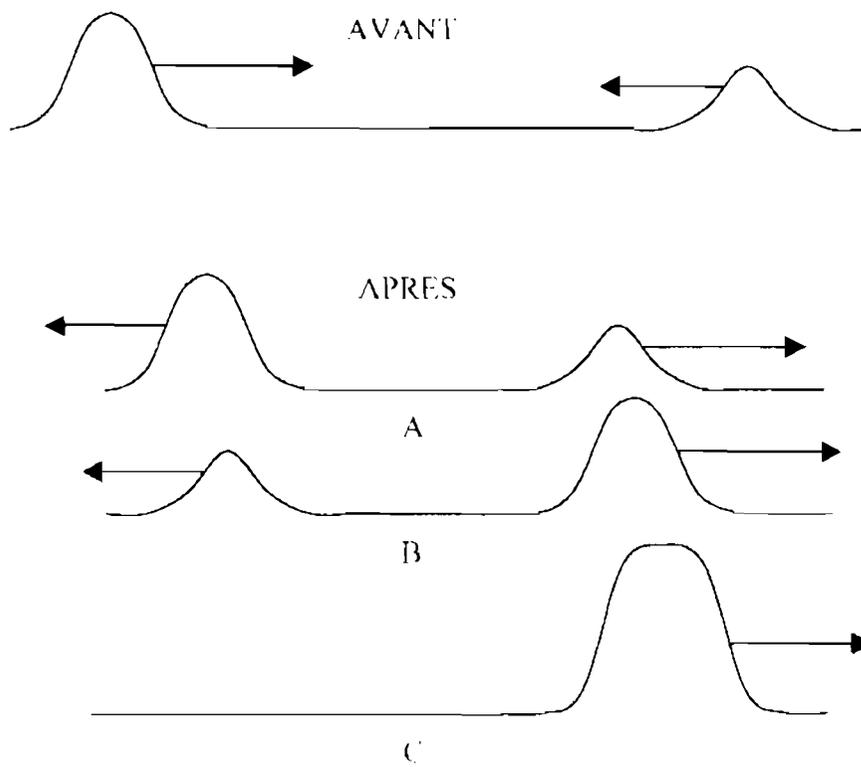


EXERCICE II : ANNEXE 3 (à rendre avec la copie)

	Projection selon Ox	Projection selon Oz
Accélération	$a_x(t) = 0$	$a_z(t) = 0$
vitesse	$v_x(t) = v_h$	$v_z(t) = v_l$
Position	$x(t) =$	$z(t) =$

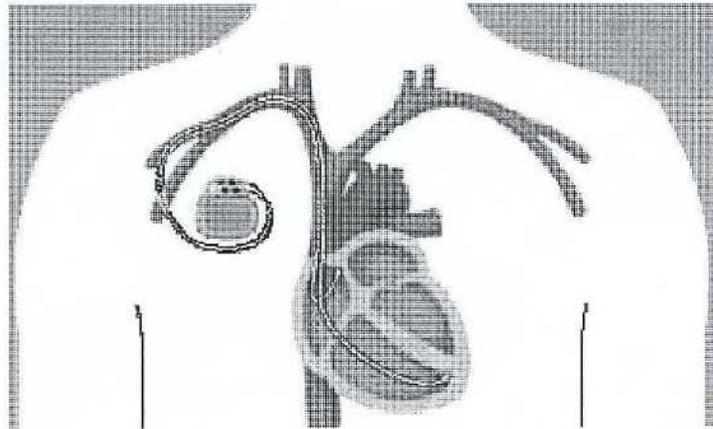
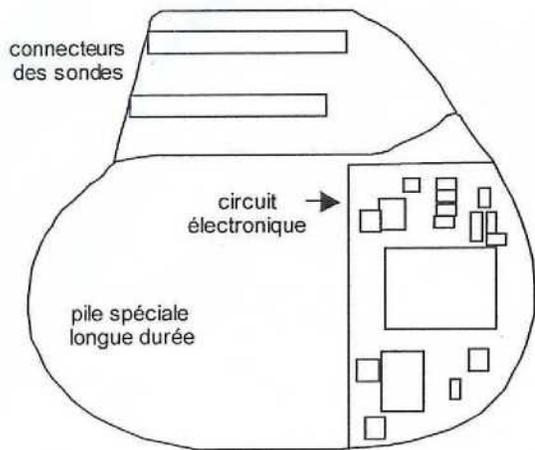


Schéma 2 Exercice III



Exercice 1 : Quelques usages des condensateurs (9 points)

I. Génération d'impulsions : le stimulateur cardiaque



Notre cœur se contracte plus de 100 000 fois par jour. Il bat 24 h sur 24 pendant toute notre vie, entre 60 et 80 fois par minute, grâce à un stimulateur naturel : le nœud sinusal.

Lorsque celui-ci ne remplit plus correctement son rôle, la chirurgie permet aujourd'hui d'implanter dans la cage thoracique un stimulateur cardiaque artificiel (appelé aussi pacemaker), qui va forcer le muscle cardiaque à battre régulièrement en lui envoyant de petites impulsions électriques par l'intermédiaire de sondes.

Le boîtier de celui-ci est de petite taille : 5 cm de large et 6 mm d'épaisseur. Sa masse est d'environ 30 g.

Ce pacemaker est en fait un générateur d'impulsions ; il peut être modélisé par le circuit électrique en dérivation, ci-contre, qui comprend un condensateur de capacité $C = 470 \text{ nF}$, un conducteur ohmique de résistance R , une pile spéciale et un transistor qui joue le rôle d'interrupteur, K .

La pile qui apparaît dans ce dispositif peut être modélisée par l'association en série d'une résistance r (ici très faible voire négligeable) et d'un générateur de tension idéal de force électromotrice E .

Quand l'interrupteur est en position (1) le condensateur se charge de façon quasi instantanée. Puis, quand l'interrupteur bascule en position (2), le condensateur se décharge lentement à travers le conducteur ohmique de résistance R , élevée, jusqu'à une valeur limite $u_{\text{limite}} = \frac{E}{e}$ avec $\ln e = 1$ où \ln représente le logarithme népérien.

A cet instant, le circuit de déclenchement envoie une impulsion électrique vers les sondes qui la transmettent au cœur : on obtient alors un battement !

Cette dernière opération terminée, l'interrupteur bascule à nouveau en position (1) et le condensateur se charge, etc...

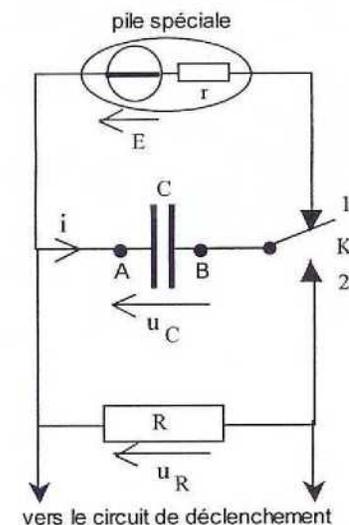


SCHÉMA 1

La tension u_C aux bornes du condensateur a alors au cours du temps l'allure indiquée sur la **courbe 1**, représentée sur l'annexe 1 page 10 à remettre avec la copie.

I. 1. Charge du condensateur

I.1.a. Quand l'interrupteur est en position (1), il se charge de façon quasi instantanée. Pourquoi ce phénomène est-il très rapide ?

I.1.b. Pour obtenir l'enregistrement de l'évolution temporelle de la tension u_C , on utilise un ordinateur muni d'une interface d'acquisition de données et d'un logiciel de saisie.

Reproduire le schéma 1 et indiquer où doivent être branchées la masse M de l'interface et la voie Y_A d'acquisition pour étudier les variations de la tension u_C aux bornes du condensateur.

I.1.c. Sur la courbe 1, colorier la (ou les) portion(s) qui correspondent à la tension u_C lors de la charge du condensateur. Justifier votre choix.

I.1.d. On considère que le condensateur est complètement chargé. Quelle est la valeur de l'intensité du courant qui circule alors dans le circuit ?

La force électromotrice E est la valeur de la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite pas de courant.

A partir de l'enregistrement $u_C = f(t)$, donner la valeur de E.

I. 2. Décharge du condensateur

I.2.a. En respectant les conventions d'orientations du schéma du circuit :

- préciser le signe de l'intensité i du courant lors de la décharge ;
- écrire la relation entre l'intensité i du courant et la tension u_R ;
- écrire la relation entre la charge q de l'armature A du condensateur et la tension u_C ;
- écrire la relation entre l'intensité i et la charge q ;
- écrire la relation entre les tensions u_R et u_C lors de la décharge.

I.2.b. En déduire que, lors de la décharge, l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C est de la forme :

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau} u_C = 0.$$

I.2.c. Donner l'expression littérale de la constante de temps τ . Montrer que cette grandeur a la même unité qu'une durée.

I.2.d. Déterminer graphiquement la valeur de τ par la méthode de son choix qui apparaîtra sur la figure de l'annexe à rendre avec la copie.

I.2.e. En déduire la valeur de R.

I. 3. Lien entre la décharge du condensateur et les battements du cœur

I.3.a. A l'instant t_1 , le circuit de déclenchement génère une impulsion électrique ; le condensateur n'est pas complètement déchargé.

Quelle est l'expression littérale de la tension u_C aux bornes du condensateur, à cet instant ?

Graphiquement la valeur de cette tension est 2,1 V. Est-ce en accord avec la valeur de E obtenue à la question I.1.d ?

I.3.b. Sachant qu'une solution générale de l'équation différentielle précédemment établie est de la forme : $u_c(t) = E e^{-\frac{t}{\tau}}$, montrez que $t_1 = \tau$.

I.3.c. En déduire la durée Δt qui doit séparer deux impulsions électriques consécutives.

I.3.d. Quel est alors le nombre de battements du cœur par minute ?

II. Stockage d'énergie : le flash électronique

L'énergie libérée en un temps très bref par l'éclair d'un flash est au préalable stockée dans un condensateur de grande capacité, chargé par quatre piles en série équivalentes à un générateur de f.e.m. $U = 6 \text{ V}$. Elles contiennent une énergie totale $E = 18 \text{ kJ}$, lorsqu'elles sont neuves.

On admettra que pour un fonctionnement optimal, la moitié de cette énergie est transférable au condensateur. Au-delà, les piles doivent être changées.

Le mode d'emploi du flash Minolta® 5400HS indique, pour une alimentation par quatre piles alcalines de type AA :

<i>Autonomie (en nombre d'éclairs)</i>	<i>Temps de recharge après un éclair en secondes</i>
100 à 3500	0,2 à 11

L'autonomie indique le nombre d'éclairs possible avant de changer les piles.

La durée de l'éclair peut être limitée par un circuit électronique, ce qui explique les fourchettes de données.

Les indications en gras correspondent à des éclairs d'intensité lumineuse et de durée maximales, résultant de la décharge complète du condensateur.

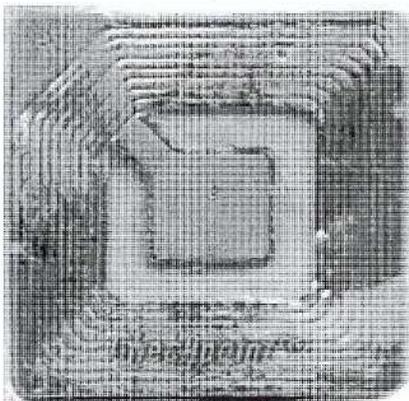
II.1. En utilisant les données du mode d'emploi, calculer la valeur de l'énergie libérée par un éclair d'intensité lumineuse et de durée maximales.

II.2. En déduire la capacité C du condensateur qui a été chargé sous la tension constante $U = 6 \text{ V}$.

II.3. En utilisant les données du mode d'emploi, donner un ordre de grandeur de la constante de temps du circuit de charge.

II.4. En déduire l'ordre de grandeur de la résistance à travers laquelle s'est chargé le condensateur.

III. Oscillations électriques : le détecteur de fraude



La photo ci-contre montre un circuit électrique collé sous l'étiquette du boîtier d'un logiciel.

C'est un oscillateur électrique du type LC, dont la période propre vaut $T_0 = 2 \pi \sqrt{LC}$.

Si le boîtier est tombé « par mégarde » dans le sac du client au lieu de passer par la caisse du magasin, ce circuit va se retrouver entre les portiques de sécurité à la sortie. Ces portiques contiennent des bobines émettant en permanence une onde radio de faible intensité mais de haute fréquence $N = 10 \text{ MHz}$, exactement égale à la fréquence propre du petit oscillateur.

Dans ces conditions, le circuit capte l'énergie émise, se met à osciller, et émet à son tour une onde qui vient perturber l'onde des portiques. La détection de cette perturbation déclenche une alarme.

Question : L'inductance de la bobine vaut $L = 0,5 \mu\text{H}$. En déduire la capacité C du condensateur.

Exercice 2 : QROC : A propos de l'électrolyse (3 points)

Cet exercice est un QROC (questions à réponses ouvertes et courtes). A chaque affirmation, vous répondrez par VRAI ou FAUX. Toute réponse doit être accompagnée de justifications ou de commentaires brefs (définitions, calculs, exemples ou contre-exemples...).

I. Dans l'industrie monétaire, on cuivre une rondelle d'acier appelée flan pour obtenir certaines pièces de monnaie comme les pièces de 1, 2 et 5 centimes d'euros.

Après avoir subi plusieurs dégraissages chimiques et électrolytiques, suivis de différents rinçages, le cuivrage du « flan » s'effectue par électrolyse d'une solution de nitrate de cuivre (II) ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{NO}_3^{-}_{(\text{aq})}$).

I. 1. L'électrolyse est :

- I.1.a. une transformation chimique forcée ;
- I.1.b. une transformation chimique spontanée.

I. 2. La demi-équation électronique modélisant la réaction qui a lieu au niveau de la rondelle métallique est :

- I.2.a. $\text{Cu}_{(\text{s})} = \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^{-}$;
- I.2.b. $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^{-} = \text{Cu}_{(\text{s})}$;
- I.2.c. $\text{NO}_3^{-}_{(\text{aq})} + 4 \text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})} + 3 \text{e}^{-} = \text{NO}_{(\text{g})} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$.

I. 3. Cette rondelle est reliée :

- I.3.a. à la borne + du générateur de tension continue ;
- I.3.b. à la borne – du générateur de tension continue.

I. 4 Ce « flan » constitue donc :

- I.4.a. l'anode de l'électrolyseur ;
- I.4.b. la cathode de l'électrolyseur.

I. 5. Pour maintenir constante la concentration en ions cuivre II (Cu^{2+}) dans l'électrolyte,

- I.5.a. on place une électrode de cuivre à l'anode ;
- I.5.b. on place une électrode de cuivre à la cathode ;
- I.5.c. on rajoute de l'eau pure dans l'électrolyseur.

II. En fait, le cuivrage s'effectue, à 60°C, sur un tonneau dans lequel peut se trouver 80 kg de rondelles d'acier, soit environ 18000 rondelles.

Pour une pièce de 5 centimes d'euros, la surface totale (les deux faces incluses !) à cuivrer est d'environ 9,2 cm² et on souhaite que l'épaisseur du dépôt soit d'au moins 25 μm ± 5 μm.

Données :

- Masse volumique du cuivre : $\rho = 8960 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- Masses molaires atomiques : ----->
- Charge d'une mole d'électrons : $1F = 96500 \text{ C}$

{ $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

II.1. La masse de cuivre à déposer, sur une rondelle d'acier, est de :

II.1.a. 20,6 g;

II.1.b. $2,06 \times 10^{-4} \text{ kg}$;

II.1.c. 206 mg.

II.2. Pour le lot de 80 kg, il faut donc une quantité de cuivre d'environ :

II.2.a. $3,71 \times 10^2 \text{ kg}$;

II.2.b. 3,71 kg ;

II.2.c. 16,5 g.

II.3. La quantité d'électricité qui doit circuler pour réaliser ce dépôt est de :

II.3.a. $1,13 \times 10^7 \text{ C}$;

II.3.b. $1,13 \times 10^9 \text{ C}$;

II.3.c. $5,02 \times 10^4 \text{ C}$.

II.4. L'intensité du courant est constante et égale à 1200 A. La durée de l'opération est donc d'environ :

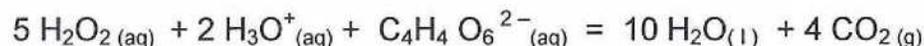
II.4.a. 15700 min ;

II.4.b. 157 min;

II.4.c. 41,8 s.

Exercice 3 : La catalyse homogène (4 points)

L'eau oxygénée est un antiseptique c'est à dire une substance qui, par oxydation, prévient l'infection des tissus vivants en détruisant les micro-organismes. Elle contient des molécules d'eau oxygénée, H_2O_2 , qui sont capables d'oxyder les ions tartrate de formule chimique, $C_4H_4O_6^{2-}$. L'équation chimique modélisant la réaction chimique qui a lieu entre ces deux entités chimiques est :



Dans tout l'exercice, elle sera considérée comme totale.

Afin de réaliser la transformation chimique correspondante, on mélange une solution d'eau oxygénée de concentration c_1 , de volume V_1 avec une solution de sel de Seignette contenant les ions tartrate de concentration c_2 et de volume V_2 , à la température de $20^\circ C$. Le mélange réactionnel est ensuite légèrement acidifié. On supposera que la transformation chimique a lieu à volume constant.

La durée de cette transformation chimique est de l'ordre de plusieurs semaines.

I. Étude cinétique de la transformation chimique

I.1. Tableau descriptif de l'évolution du système chimique

I.1. a. Un élève a obtenu le tableau descriptif d'évolution du système chimique suivant avec $n_1 < 5 n_2$:

Equation chimique		$5 H_2O_{2(aq)} + C_4H_4O_6^{2-}_{(aq)} + 2 H_3O^+_{(aq)} = 10 H_2O_{(l)} + 4 CO_{2(g)}$				
	Avancement (mol)	Quantités de matière (en mol)				
Etat initial	0	n_1	n_2	excès	excès	0
Etat intermédiaire	x	$n_1 - x$	$n_2 - x$	excès	excès	4 x
Etat final	$x_{max} = n_1$	0	$n_2 - n_1$	excès	excès	4 n_1

Des erreurs se sont glissées dans ce tableau. Quelles sont-elles ?

I.1. b. Pourquoi le milieu doit-il être légèrement acidifié ?

I.1.c. Donner l'allure de la courbe représentant la concentration en eau oxygénée en fonction du temps. Justifier votre choix.

I. 2. Étude de la vitesse volumique de réaction

I.2. a. Définir la vitesse volumique v de la réaction en fonction de l'avancement x .

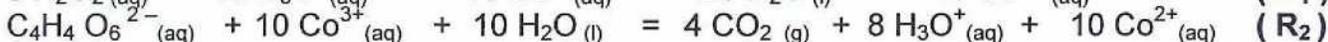
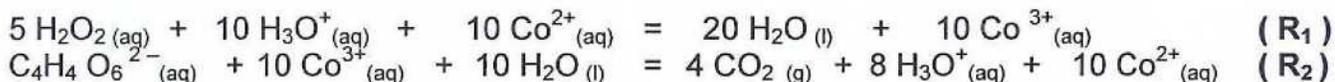
I.2. b. Montrer que l'expression de cette vitesse volumique, v , en fonction de la concentration en eau oxygénée $[H_2O_2]$ est : $v = - \frac{1}{5} \frac{d[H_2O_2]}{dt}$.

I.2. c. Comment cette vitesse évolue-t-elle au cours du temps ? Justifier graphiquement sans calcul. Pourquoi subit-elle une telle évolution ?

Catalyse homogène

La réaction chimique précédente est extrêmement lente. Pour pouvoir réaliser l'oxydation des ions tartrate par l'eau oxygénée de façon instantanée, on peut la catalyser par les ions cobalt II, Co^{2+} qui donnent une couleur rose aux solutions.

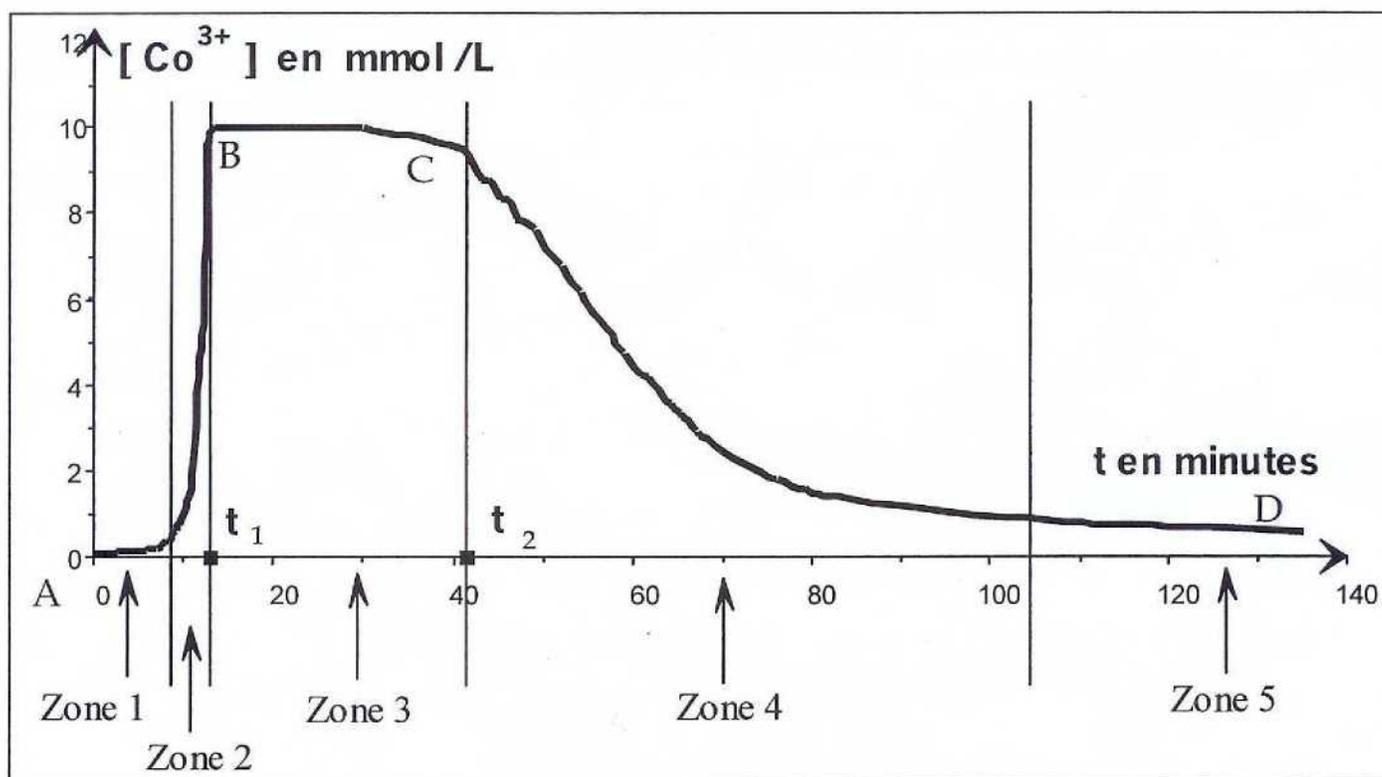
Ce catalyseur permet aux réactifs (molécule d'eau oxygénée et ion tartrate) de parvenir aux produits par un chemin énergétiquement moins exigeant. Ce chemin peut être modélisé par deux réactions chimiques rapides dont les équations sont :



En fait les ions cobalt II et cobalt III agissent sous forme d'un complexe tartrique non représenté ici.

Le mélange réactionnel étudié comporte 60 mL d'une solution de sel de Seignette (contenant les ions tartrate) à $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$, 10 mL d'une solution d'eau oxygénée à 11 mol.L^{-1} et 5,0 mL d'une solution de chlorure de cobalt II à $0,15 \text{ mol.L}^{-1}$.

L'évolution temporelle de la concentration en ions cobalt III, $\text{Co}^{3+}(\text{aq})$ présents dans le mélange réactionnel précédent est représentée sur la courbe suivante :



Courbe 1 :

Donnée :

- Les ions cobalt III, Co^{3+} donnent une couleur verte aux solutions.

II.1. Étude de la courbe 1

II.1. a. Quelle est la méthode physique la plus adaptée pour le suivi temporel de la concentration en ions cobalt III $\text{Co}^{3+}(\text{aq})$ présents dans le mélange réactionnel ? Justifier.

II.1. b. Dans les zones 2 et 4, le mélange réactionnel a une couleur verdâtre. Quelle est la couleur du mélange réactionnel dans les zones 1, 3 et 5 ? Justifier.

II.1. c. Parmi les réactions chimiques proposées (R1 et R2) quelle est celle qui a lieu dans la zone 2 ? Dans la zone 3 ? Dans la zone 4 ? Justifier vos choix.

II.2. Vitesse de réaction

Exposer succinctement la méthode permettant de déterminer la vitesse volumique de réaction, v , à un instant t_3 ($t_3 > t_2$) à partir de la courbe 1, sachant que $v = -\frac{1}{10} \frac{d[\text{Co}^{3+}]}{dt}$ (la valeur de v n'est pas demandée)

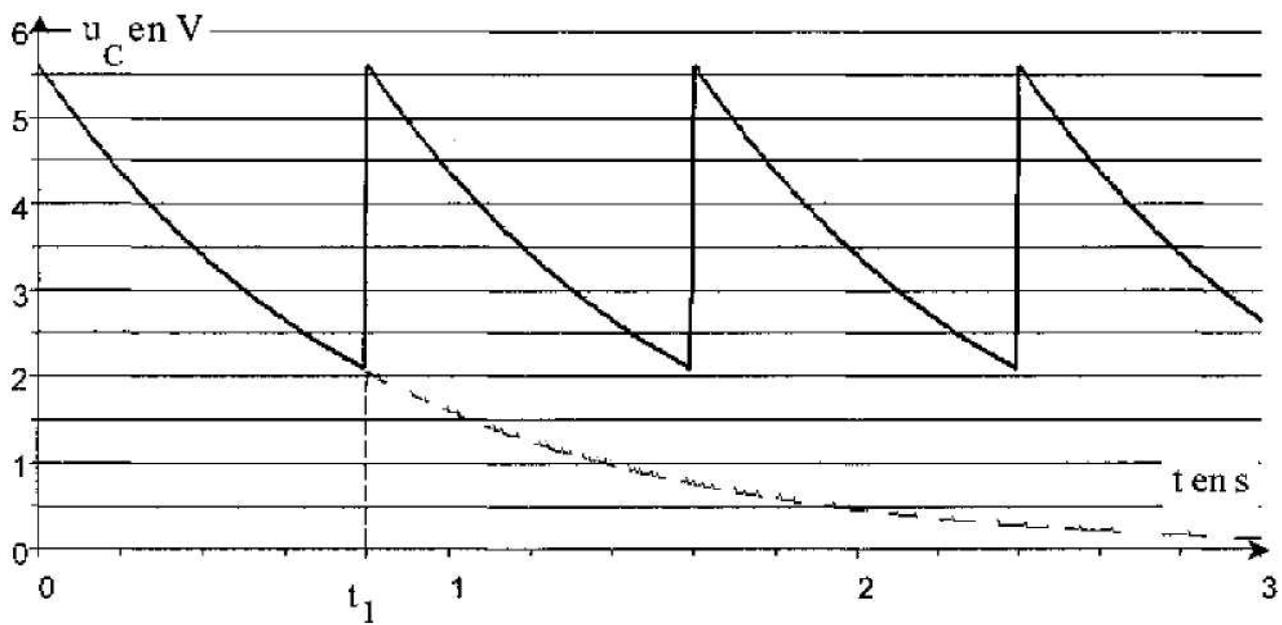
II.3. Rôle du catalyseur

II.3. a. Une des propriétés du catalyseur est qu'il ne doit pas figurer dans l'équation chimique de la réaction d'oxydation des ions tartrate par l'eau oxygénée. Comment la courbe 1 met-elle en évidence cette propriété ?

II.3. b. La quantité de matière finale de dioxyde de carbone obtenu est-elle plus grande, plus petite, inchangée avec la présence du catalyseur ? Justifier.

II.3. c. Pourquoi peut-on parler de catalyse homogène ?

À remettre avec la copie



Courbe 1
Pour l'exercice 1, 1

Obligatoire

SESSION 2004

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

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

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte 1 exercice de PHYSIQUE et 2 exercices de CHIMIE présentés sur 12 pages numérotées de 1 à 12, y compris celle-ci.

Ce sujet comporte quatre annexes.

Le candidat doit traiter les 3 exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Brouillard et vitesse
- II. Durée de fonctionnement d'une pile cuivre-aluminium
- III. Contrôle de qualité sur l'aspirine synthétisée au laboratoire

Exercice n°1 (9,5 points)

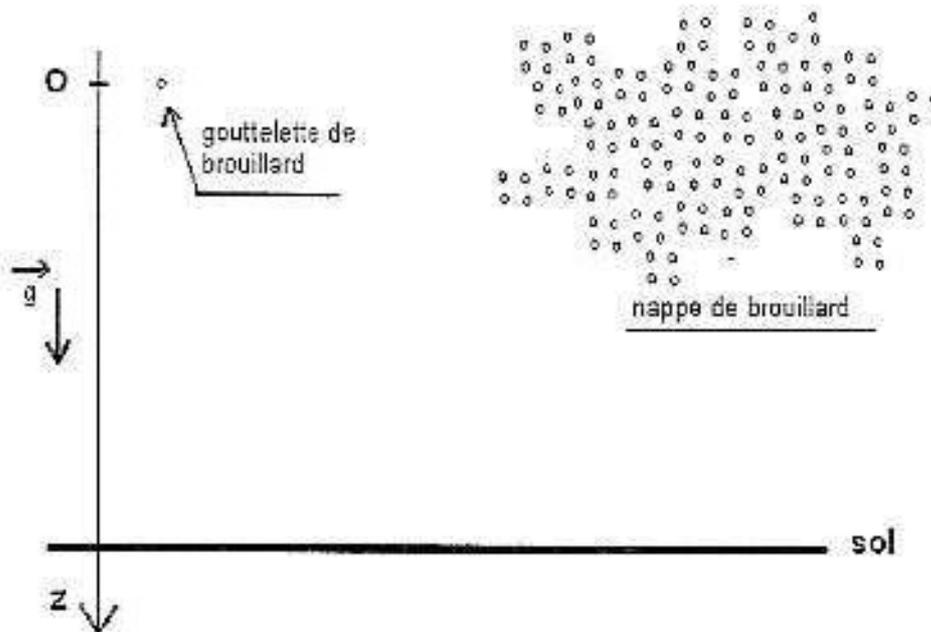
BROUILLARD ET VITESSE

Le brouillard est un phénomène qui réduit la visibilité à quelques dizaines de mètres. Il se compose de très fines gouttelettes d'eau.

Les brouillards se forment lorsque de l'air humide rencontre une zone froide. L'air devient alors saturé en vapeur d'eau et celle-ci se condense pour former de très petites gouttelettes en suspension dans l'air. C'est le même principe qui est à la base de la formation des nuages. Le brouillard est une forme de nuage qui touche le sol.

1. MODÈLE SIMPLE

Les gouttelettes qui se forment lors de cette condensation au voisinage du sol sont de très petites dimensions (indiscernables à l'œil nu) ; nous allons considérer l'évolution d'une goutte de brouillard sphérique, de rayon r , de masse m , située à une altitude h par rapport au sol et soumise au seul champ de pesanteur terrestre. On suppose la goutte immobile au début de l'étude, et on oriente l'espace par un axe vertical descendant, repéré (Oz) , dont l'origine est la position occupée par la goutte à cet instant initial.



Données : $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ volume d'une sphère : $V = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$ $\rho_{\text{eau}} = 1.0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

- 1.1. Quelle propriété présente le champ de pesanteur terrestre dans un volume comparable à celui d'une nappe de brouillard ? (ordre de grandeur : le km^3)
- 1.2. Nommer et énoncer la loi qui, appliquée au centre d'inertie de la goutte, permet d'exprimer son vecteur accélération.
- 1.3. Établir l'équation horaire du centre d'inertie de la goutte de brouillard dans ces conditions.
- 1.4. Calculer la vitesse de la goutte lorsqu'elle atteint le sol, en prenant $h = 10 \text{ m}$.

2. FROTTEMENTS

En réalité, une observation minutieuse du brouillard à proximité du sol permet d'estimer la vitesse constante de ses gouttelettes ; on obtient : $v_L = 2,30 \times 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$.

Pour nous rapprocher des conditions réelles, envisageons d'autres forces agissant sur la goutte de brouillard.

- 2.1. Donner l'expression de la poussée d'Archimède s'exerçant sur cette goutte en fonction de ρ_{air} , de V_g (volume de la goutte) et de g , la masse volumique de l'air étant $\rho_{\text{air}} = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$.
- 2.2. Exprimer le poids de la goutte de brouillard en fonction de ρ_{eau} , de V_g et de g et comparer cette expression à celle obtenue à la question précédente. Conclure.
- 2.3. On envisage l'existence d'une force de frottement fluide exercée par l'air sur la goutte pendant son déplacement, elle est exprimée sous la forme : $\vec{f} = -k.\vec{v}$

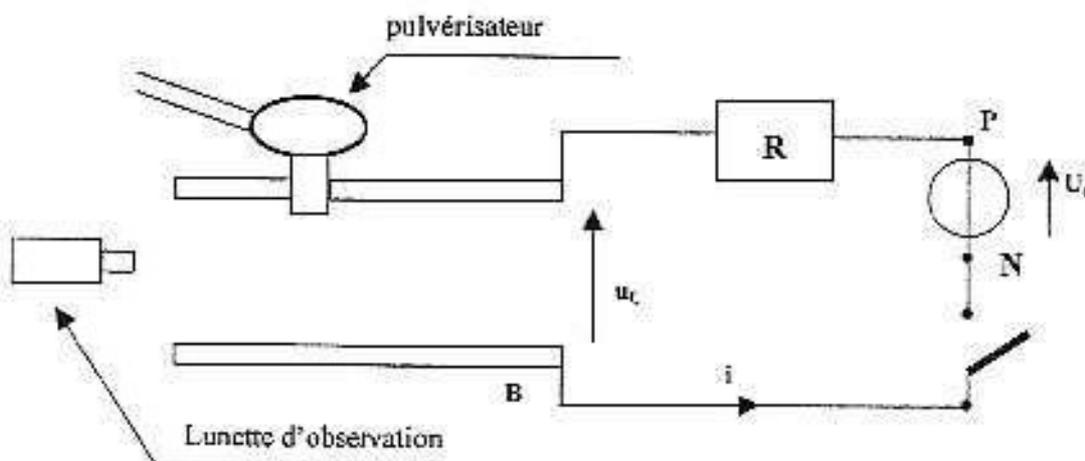
- 2.3.1. Établir alors l'équation différentielle à laquelle obéit le centre d'inertie de la goutte de brouillard, dans son mouvement selon l'axe Oz , et la mettre sous la forme :

$$\frac{dv}{dt} = a.v + b \quad (1)$$

- 2.3.2. Identifier les constantes a et b et les exprimer en fonction des données de l'énoncé.
- 2.3.3. Exprimer la vitesse limite atteinte par la goutte, v_L , à partir de l'équation différentielle précédente dans le cas où l'accélération du centre d'inertie de la goutte s'annule, en fonction de m , g et k .
- 2.3.4. En utilisant l'expression obtenue, rechercher par analyse dimensionnelle, l'unité du coefficient k qui intervient dans l'expression de la force de frottement.

3. BROUILLARD SIMULÉ.

Pour en savoir un peu plus à propos du brouillard, on utilise le dispositif suivant : une lunette permet d'observer finement une zone située entre les deux armatures horizontales A et B d'un condensateur plan ; l'armature supérieure est percée d'un orifice qui permet à l'opérateur de pulvériser un brouillard de fines gouttelettes entre les deux armatures.



Le générateur délivre une tension positive constante de valeur U_e entre ses bornes P et N.

La valeur de la résistance est R ; on note u_c la tension aux bornes du condensateur et u_R celle aux bornes du résistor ;

3.1. On ferme l'interrupteur à $t = 0$.

- 3.1.1. Sur le schéma de l'annexe 1, indiquer le signe de la charge qui apparaît sur chaque armature pour $t > 0$.
- 3.1.2. En considérant l'orientation choisie pour i , écrire la relation qui existe entre l'intensité du courant $i(t)$ et la charge acquise, notée q , par l'armature positive du condensateur.
- 3.1.3. La charge acquise par le condensateur est à tout moment proportionnelle à u_C : $q(t) = C \cdot u_C(t)$. En exploitant cette relation, établir l'expression liant $i(t)$ à $u_C(t)$.
- 3.1.4. En déduire l'équation différentielle (2) à laquelle obéit la tension $u_C(t)$.

3.2. La solution analytique de l'équation différentielle (2) prend la forme : $u_C(t) = U_C \cdot (1 - e^{-\frac{t}{R.C}})$.
Vérifier que cette solution satisfait à l'équation différentielle (2).

4. ANALOGIE MÉCANIQUE - ÉLECTRIQUE.

On constate que l'évolution temporelle du système électrique « condensateur » est analogue à celle du système mécanique « goutte de brouillard ». En effet, l'équation différentielle (1) peut également être résolue analytiquement ; elle conduit alors à la solution suivante :

$$v(t) = v_L \cdot (1 - e^{-\frac{kt}{m}})$$

4.1. Identifier, parmi les propositions suivantes, en s'appuyant sur l'allure des courbes $v = f(t)$ et $u_C = f(t)$ données en annexe 2, le régime d'évolution commun aux deux systèmes étudiés.

- a) régime **divergent** : la valeur de la grandeur physique étudiée tend à augmenter (en valeur absolue) au cours du temps.
- b) régime **convergent** : la valeur de la grandeur physique étudiée tend vers une valeur limite constante ; l'évolution du système présente alors deux phases distinctes : un régime transitoire et un régime établi ou permanent.
- c) régime **périodique** : la valeur de la grandeur physique étudiée se répète de manière identique à intervalles de temps égaux.

4.2. Rappeler l'expression de la constante de temps τ pour un circuit RC et réécrire l'expression de $u_C(t)$ en fonction de τ .

4.3. En comparant les expressions de $v(t)$ et $u_C(t)$, identifier et donner l'expression de la constante de temps pour le système de la goutte de brouillard.

5. BROUILLARD STABILISÉ.

Lorsque la tension aux bornes du condensateur est U_c , toute particule porteuse d'une charge électrique q , est soumise à une force électrique, \vec{F}_e , de direction perpendiculaire aux armatures vérifiant l'expression

$$F_e = q \cdot \frac{U_c}{d}, \text{ « } d \text{ » étant la distance séparant les 2 armatures A et B.}$$

On pulvérise à présent entre les plaques du condensateur un brouillard de fines gouttelettes.

Au cours de cette opération celles-ci acquièrent, par frottement, une charge électrique « q » négative.

La lunette permet d'observer les gouttelettes dans leur mouvement de chute.

Pour une tension $U_c = 1,0 \cdot 10^3$ V, il est possible de les immobiliser.

5.1. Montrer que dans ces conditions les seules forces à prendre en compte sont le poids et la force électrique.

5.2. À l'aide de la première loi de Newton, écrire la relation vectorielle entre ces deux forces et les représenter sur le schéma de l'annexe 1.

5.3. Établir l'expression littérale de la valeur absolue de la charge $|q|$.

En déduire sa valeur, sachant que $d = 0,10$ m et que le micromètre intégré à la lunette a permis de déterminer le rayon moyen des gouttelettes, soit $r = 5,4 \cdot 10^{-6}$ m.

On rappelle les données de l'énoncé :

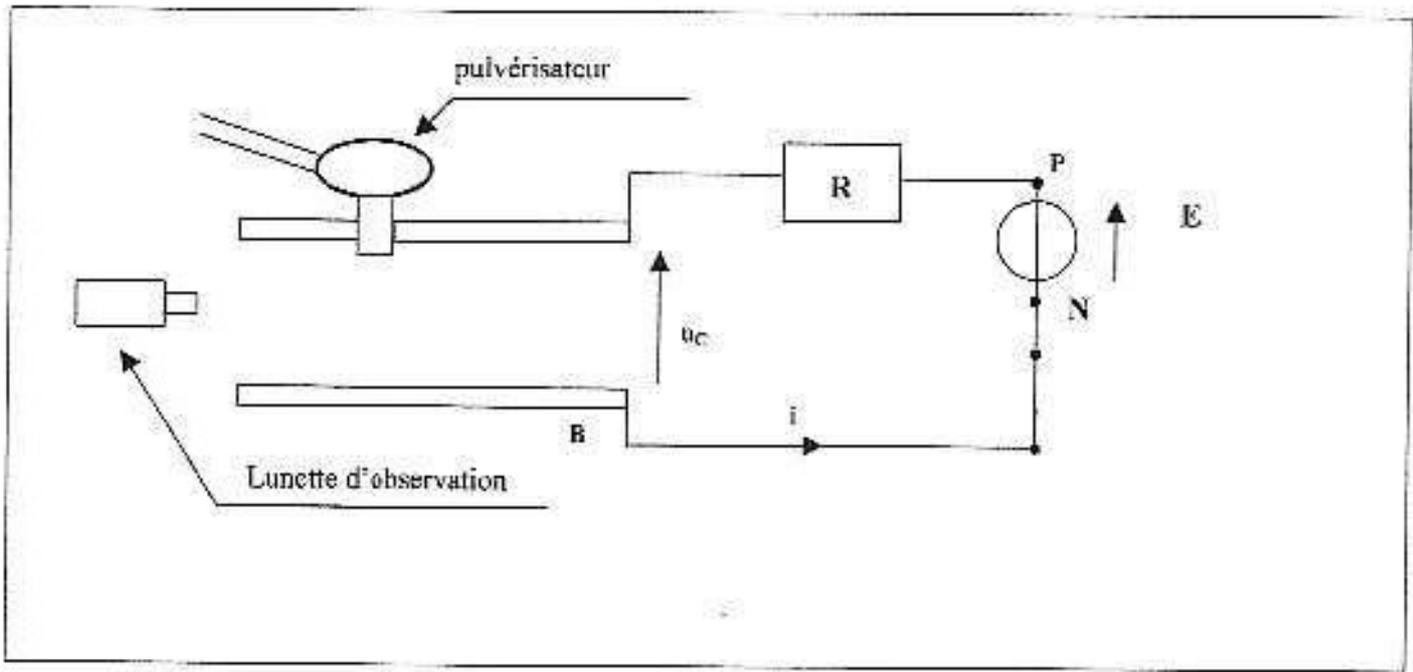
$$g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1} \quad \text{volume d'une sphère : } V = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \quad \rho_{\text{eau}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

5.4. D'après le sens de la force électrique, déterminer le signe des charges Q_A et Q_B portées par les armatures A et B du condensateur. Ce résultat est-il cohérent avec celui de la question 3 ?

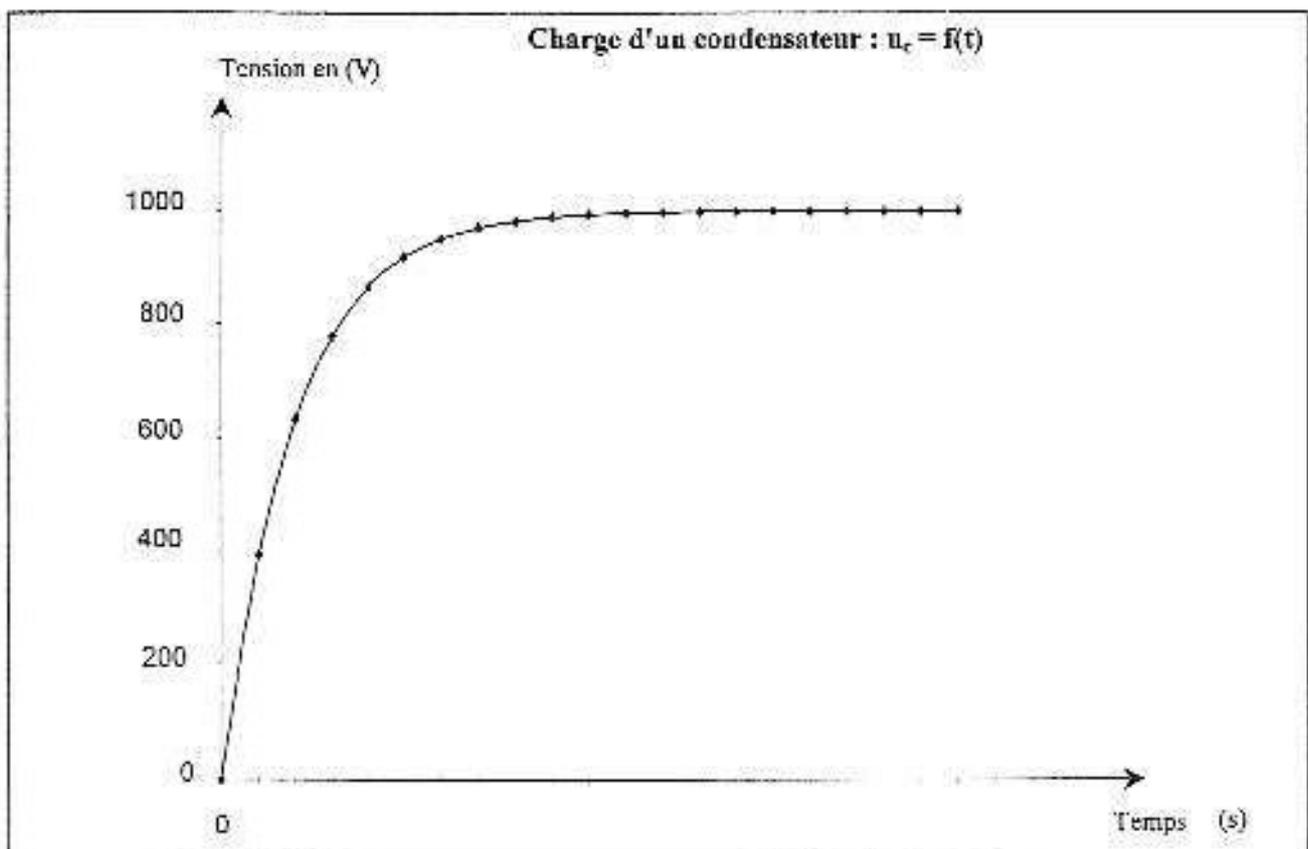
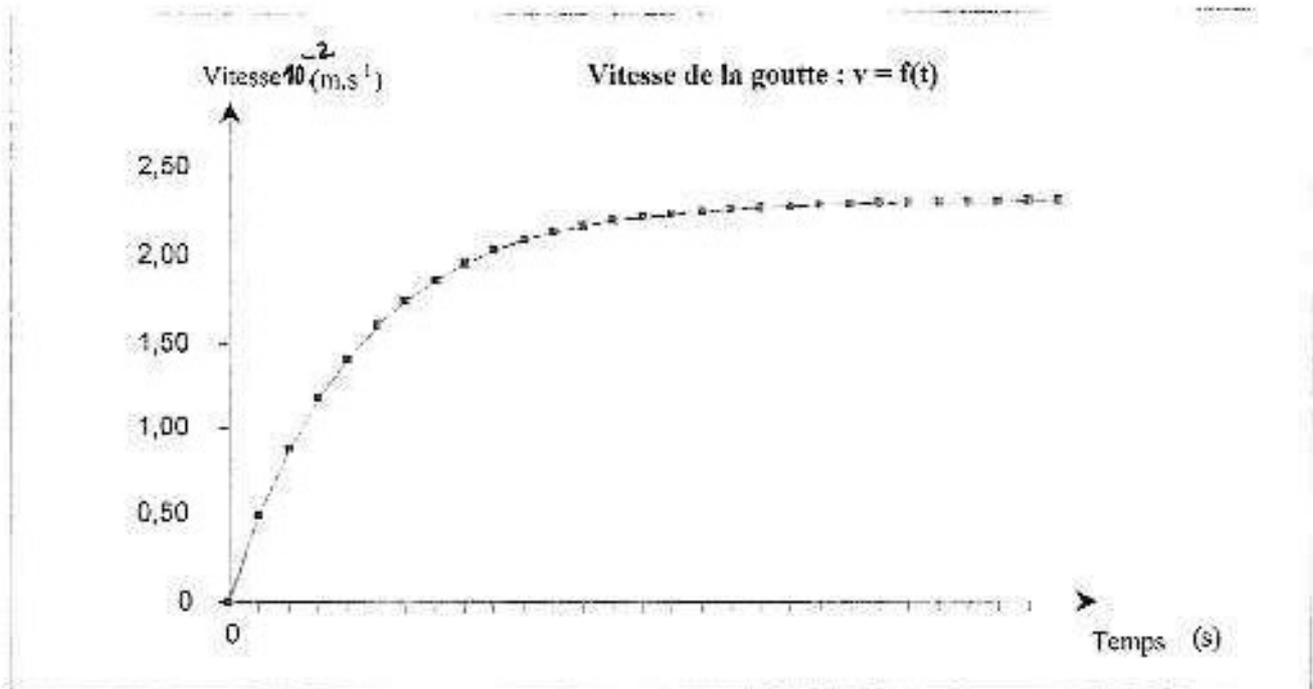
dans ce cadre	Académie :		Session :	
	Examen :		Epreuve :	
	NOM (en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)			
	Prénoms :		N° du candidat :	
	Né(e) le		<input type="text"/> (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)	
Examen :		Epreuve :		
Ne rien Ecrire			Session :	

ANNEXE 1 à rendre avec la copie

Schéma à compléter :



ANNEXE 2

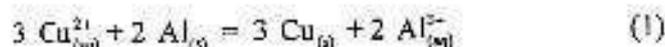


DURÉE DE FONCTIONNEMENT D'UNE PILE CUIVRE-ALUMINIUM

Une pile est composée de deux demi-piles reliées par un pont salin (papier filtre imbibé d'une solution de chlorure de potassium). La première demi-pile est constituée d'une lame d'aluminium de masse $m_1 = 1,0$ g qui plonge dans 50 mL de solution de sulfate d'aluminium ($2 \text{Al}_{(aq)}^{3+} + 3 \text{SO}_4^{2-}$) de concentration en ion aluminium $[\text{Al}_{(aq)}^{3+}] = 5,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. La seconde est constituée d'une lame de cuivre de masse $m_2 = 8,9$ g qui plonge dans 50 mL de solution de sulfate de cuivre ($\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$) de concentration $[\text{Cu}_{(aq)}^{2+}] = 5,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On associe à cette pile un ampèremètre et une résistance en série.

1. Réaliser le schéma annoté de la pile.
2. L'ampèremètre indique que le courant circule de la plaque de cuivre vers la plaque d'aluminium à l'extérieur de la pile. Préciser, en la justifiant, la polarité de la pile. Compléter votre schéma en indiquant cette polarité.
3. L'équation d'oxydoréduction de fonctionnement de la pile est :



Écrire les équations des réactions se produisant à chaque électrode.

4. La constante d'équilibre associée à l'équation (1) est $K = 10^{200}$.
 - 4.1. Déterminer le quotient initial de réaction du système ainsi constitué.
 - 4.2. Le sens d'évolution du système étudié est-il cohérent ?
5. Étude de la pile en fonctionnement.
 - 5.1. Déterminer les quantités de matière initiales en moles des réactifs de l'équation chimique (1). Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système (voir annexe 3, à rendre avec la copie). En déduire la valeur de l'avancement maximal.
 - 5.2. Calculer la quantité maximale d'électricité que peut débiter cette pile.

Données : $F = 9,6 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Al}) = 27,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 Couples redox : $\text{Cu}_{(aq)}^{2+} / \text{Cu}_{(s)}$ et $\text{Al}_{(aq)}^{3+} / \text{Al}_{(s)}$

dans ce cadre	Académie :		Session :		
	Examen :		Epreuve		
	NOM (en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)				
	Prénoms :		N° du candidat :	<input type="text"/>	
	Né(e) le		le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel		
Ne rien écrire	Examen :		Epreuve :		Session :

ANNEXE 3 à rendre avec la copie

Tableau descriptif de l'évolution du système :

Equation		$3 \text{ Cu}_{(aq)}^{2+} + 2 \text{ Al}_{(s)} = 3 \text{ Cu}_{(s)} + 2 \text{ Al}_{(aq)}^{3+}$			
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0			$14 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$
En cours de transformation	x				

Exercice n°3 (4 points)

CONTRÔLE DE QUALITÉ SUR L'ASPIRINE SYNTHÉTISÉE AU LABORATOIRE

Des élèves souhaitent élaborer au laboratoire des comprimés d'aspirine équivalents à ceux du commerce. Ils comptent procéder en plusieurs étapes : synthèse de l'aspirine et purification, vérification de la pureté de l'aspirine, préparation des comprimés et dosage conductimétrique d'un échantillon.

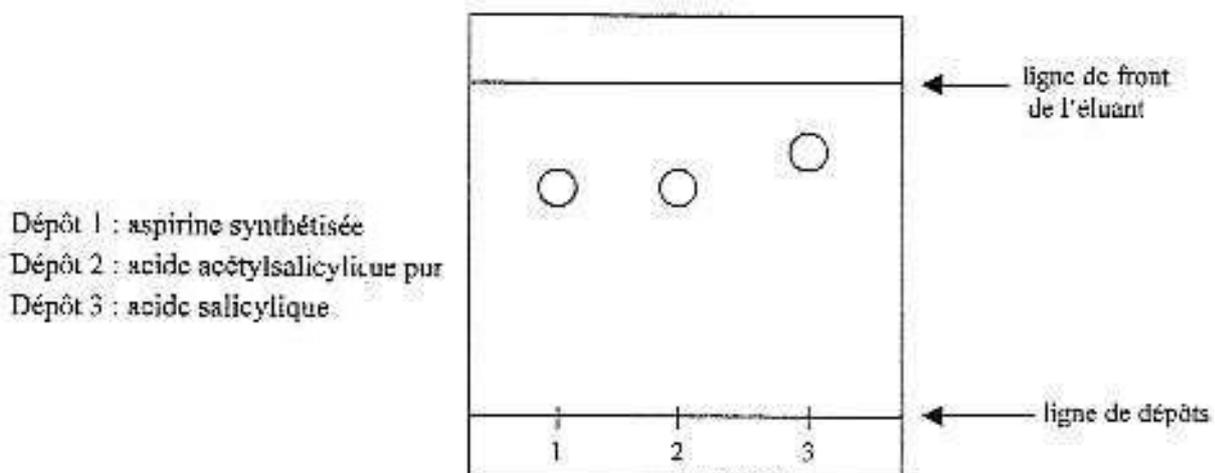
1. SYNTHÈSE DE L'ASPIRINE

Les élèves synthétisent l'acide acétylsalicylique (ou aspirine) par réaction de $m_1 = 10,00$ g d'acide salicylique avec $V_2 = 15,0$ mL d'anhydride éthanoïque de masse volumique $\rho_2 = 1,08$ g.mL⁻¹.

- 1.1. Écrire l'équation de la réaction. Donner ses caractéristiques.
- 1.2. La synthèse est réalisée en ajoutant quelques gouttes d'acide sulfurique au milieu réactionnel. Quel est son rôle ?
- 1.3. Calculer les quantités de matière initiales des réactifs (en mole).
- 1.4. Déterminer la masse maximale m_{\max} d'aspirine que les élèves peuvent fabriquer.
- 1.5. À la fin de la synthèse, les élèves purifient l'aspirine. Ils obtiennent une masse $m_{\text{exp}} = 9,80$ g. Calculer le rendement de la synthèse.

2. PURETÉ DE L'ASPIRINE SYNTHÉTISÉE

Les élèves réalisent ensuite une chromatographie sur couche mince de silice avec un éluant convenable. On obtient le chromatogramme suivant :



- 2.1. Calculer le rapport frontal de l'acide acétylsalicylique.
- 2.2. L'aspirine synthétisée par les élèves est-elle pure ? (Justifier votre réponse)

3. DOSAGE DE L'ASPIRINE SYNTHÉTISÉE

Les élèves préparent un comprimé à partir de $m_S = 0,32$ g d'acide acétylsalicylique synthétisé. Ils désirent vérifier la teneur en aspirine du comprimé par dosage conductimétrique.

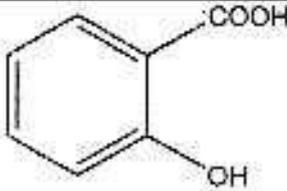
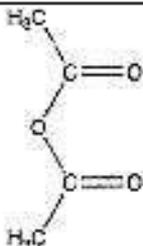
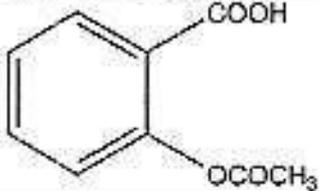
Pour cela, ils préparent une solution S en dissolvant le comprimé dans de l'eau distillée.

Le volume de la solution obtenue est $V = 250$ mL. Ils dosent $V_A = 100$ mL de cette solution avec une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}_{(aq)}^+ + \text{HO}_{(aq)}^-$) ou soude de concentration $C_B = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

À partir des résultats obtenus par dosage conductimétrique, les élèves tracent la courbe $G = f(V_B)$ donnée en annexe (G étant la conductance de la solution).

- 3.1. Écrire l'équation de la réaction acido-basique du dosage. L'acide acétylsalicylique est noté $\text{HA}_{(aq)}$ et l'ion acétylsalicylate $\text{A}_{(aq)}^-$.
- 3.2. Déterminer graphiquement le volume V_{BE} de soude versé à l'équivalence en expliquant votre méthode (voir annexe 4, à rendre avec la copie).
- 3.3. Calculer la concentration C_A en acide acétylsalicylique de la solution S (expliquer clairement votre démarche).
- 3.4. Déterminer la masse m_A d'aspirine contenue dans le comprimé. Ce résultat est-il attendu ?

Données :

Espèce chimique	Formule	Masse molaire ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
acide salicylique		138
anhydride éthanoïque		102
acide acétylsalicylique (aspirine)		180

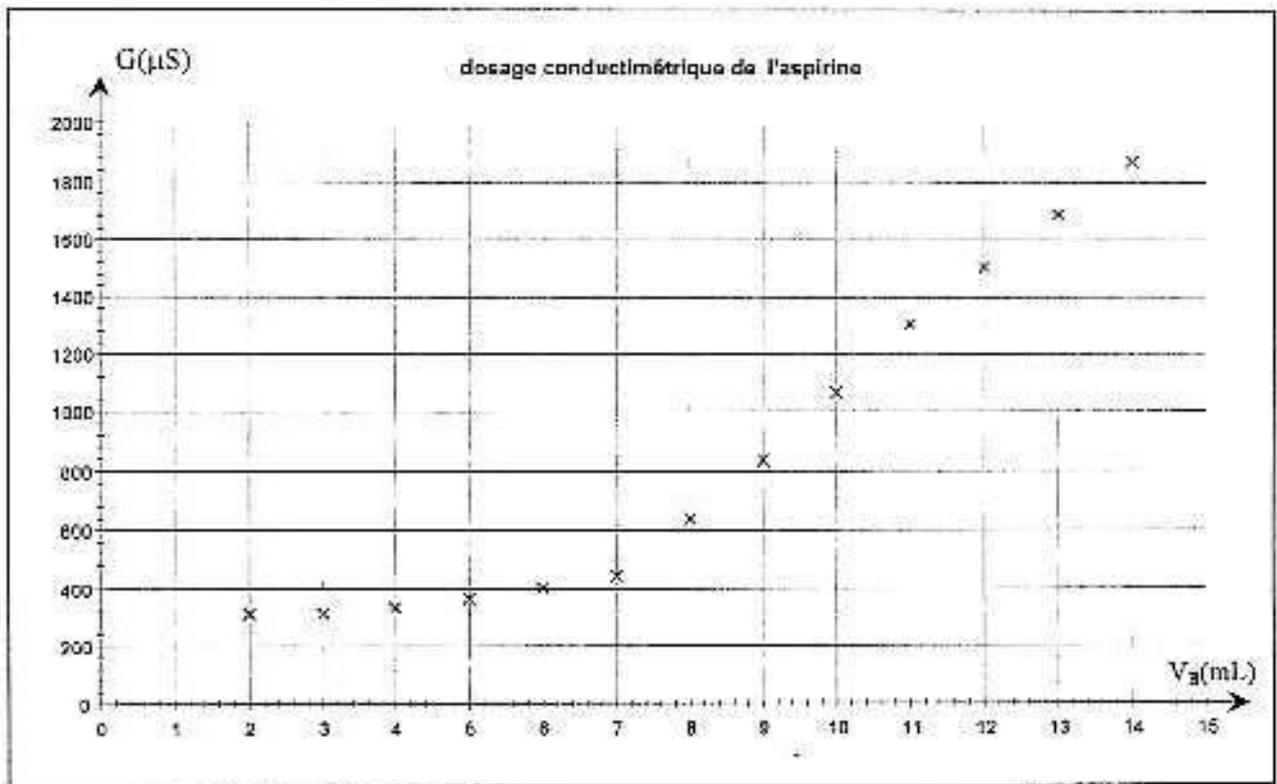
dans ce cadre

Académie :	Session :
Examen :	Epreuve :
NOM (en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)	
Prénoms :	N° du candidat : <input type="text"/>
Né(e) le	(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

Ne rien écrire

Examen :	Epreuve :	Session :
----------	-----------	-----------

ANNEXE 4 à rendre avec la copie



Exercice n° 1 (6,5 points)

PILE ET ÉLECTROLYSE AVEC LE CUIVRE

Données :

Masse molaire atomique du cuivre : $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Charge élémentaire de l'électron : $e = 1,6\cdot 10^{-19} \text{ C}$

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

Charge électrique d'une mole d'électrons : $F = 96500 \text{ C}$

1. PILE DE CONCENTRATION

On considère une pile constituée de deux électrodes de cuivre plongeant chacune dans des solutions de sulfate de cuivre de concentrations différentes.

Chaque solution a pour volume $V = 100 \text{ mL}$ et la concentration initiale des ions positifs est :

$$[\text{Cu}^{2+}]_1 = 1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ et } [\text{Cu}^{2+}]_2 = 1,0\cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}.$$

1.1. Équation des réactions

1.1.1. Écrire les demi-équations des réactions se produisant aux électrodes en accord avec la polarité donnée sur la figure 1.

1.1.2. Donner le nom de chaque demi-réaction.

1.1.3. Écrire l'équation de la réaction s'effectuant dans la pile. Pour la réaction considérée la constante d'équilibre vaut : $K = 1$

1.2. Évolution de la pile

1.2.1. Calculer la valeur du quotient réactionnel initial $Q_{r,i}$.

1.2.2. Cette valeur est-elle cohérente avec la polarité proposée ?

1.3. Étude de la pile

On fait débiter la pile dans un conducteur ohmique et un ampèremètre.

1.3.1. Compléter le schéma de la figure 1 en **annexe à rendre avec la copie**.

1.3.2. Sur le schéma, indiquer par des flèches le sens du courant et le sens de déplacement des électrons dans le circuit extérieur.

1.3.3. Que peut-on dire des concentrations finales quand l'état d'équilibre est atteint ?

2. DÉPÔT DE CUIVRE PAR ÉLECTROLYSE

2.1. On remplace une électrode de cuivre par une bague en métal conducteur que l'on veut recouvrir de cuivre.

2.1.1. Quel appareil est-il nécessaire de rajouter dans le montage précédent pour réaliser ce dépôt ?

2.1.2. Écrire les demi-équations aux électrodes en justifiant votre raisonnement.

2.1.3. En déduire le sens des électrons, le sens du courant et la polarité dans le montage puis compléter la figure 2 (en annexe à rendre avec la copie).

2.2. L'électrolyse fonctionne pendant une heure à une intensité constante $I = 400 \text{ mA}$.

2.2.1. Déterminer la quantité d'électricité correspondante notée Q .

2.2.2. En déduire la quantité de matière d'électrons, notée $n(e^-)$, qui a circulé pendant cette durée.

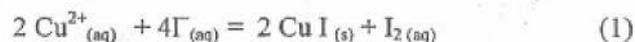
2.2.3. Quelle relation existe-t-il entre la quantité de cuivre qui a disparu $n_{\text{diss}}(\text{Cu}^{2+})$ et la quantité de matière $n(e^-)$ d'électrons qui a circulé ?

2.2.4. En déduire la quantité de matière de cuivre $n_{\text{dép}}(\text{Cu})$ déposée.

2.2.5. Quelle est la masse $m(\text{Cu})$ correspondante ?

3. DÉTERMINATION D'UNE CONCENTRATION EN IONS CUIVRE II

3.1. On considère la réaction de précipitation suivante :

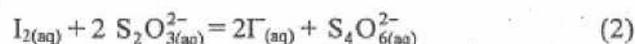


3.1.1. Compléter le tableau 1 d'avancement donné en annexe (les ions iodure sont introduits en excès)

On note n_0 la quantité initiale d'ions Cu^{2+} et n_1 la quantité de diiode formé.

3.1.2. Établir une relation entre n_0 et n_1 .

3.2. On dose la quantité n_1 de diiode précédemment formé par la réaction de dosage :



3.2.1. Comment repère-t-on l'équivalence ?

3.2.2. Quelle relation existe-t-il entre $n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ introduit à l'équivalence et n_1 quantité de diiode dosée ?
On pourra éventuellement s'aider d'un tableau d'avancement.

3.2.3. Le volume versé à l'équivalence est $V_{\text{éq}} = 10,0 \text{ mL}$. Sachant que la concentration des ions thiosulfate est $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, en déduire n_1 .

3.2.4. Calculer n_0 .

3.2.5. En déduire la concentration C_0 des ions cuivre dans les 100 mL de solution.

ANNEXE n° 1 à rendre avec la copie

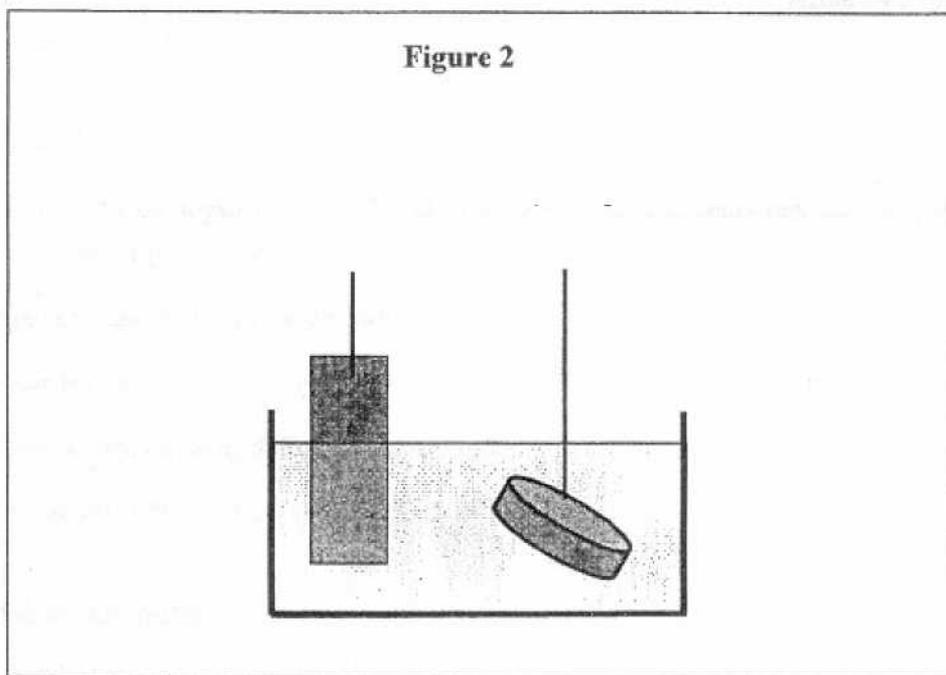
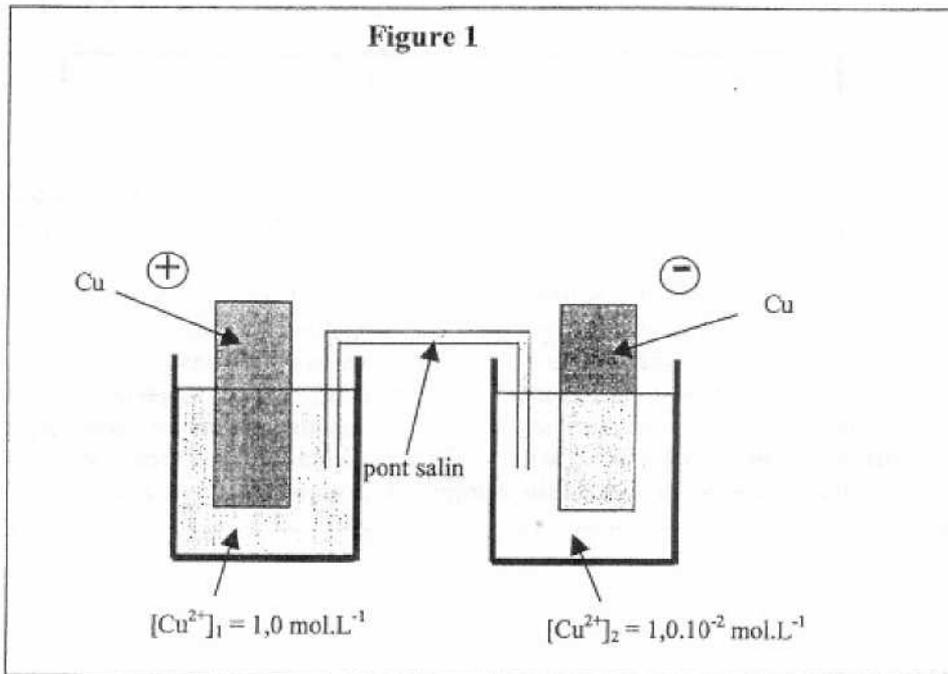


Tableau 1

Équation de la réaction		$2 \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$	$+ 4 \text{I}^{-}_{(\text{aq})}$	$=$	$2 \text{CuI}_{(\text{s})}$	$+ \text{I}_{2(\text{aq})}$
État initial	Avancement $x = 0$	n_0	excès		0	0
État intermédiaire	x					
État final	x_{max}					n_1

Exercice n° 2 (5,5 points)

DATATION AU CARBONE 14

Dans le cycle du carbone, l'élément carbone est présent sous forme de :

- deux isotopes stables : le carbone 12 (majoritaire), le carbone 13 (minoritaire)
- un isotope instable : le carbone 14 (très minoritaire).

Le temps de demi-vie du carbone 14 est de l'ordre de 5570 ans. Il est continuellement produit dans la haute atmosphère grâce à des réactions nucléaires entre les noyaux des atomes d'azote 14 de l'air et des neutrons d'origine cosmique. Ces réactions maintiennent une teneur constante en carbone 14 dans l'atmosphère.

Le carbone 14 formé réagit rapidement avec le dioxygène de l'air pour former du dioxyde de carbone, CO₂. Tous les organismes vivants échangent du dioxyde de carbone avec l'atmosphère par la respiration et l'alimentation. Ils fixent le carbone 14 dans leurs tissus jusqu'à leur mort, à une teneur égale à celle de l'atmosphère. Après la mort, l'absorption et le rejet de dioxyde de carbone s'arrêtent.

Données :

Carbone 12 : $^{12}_6\text{C}$

Carbone 13 : $^{13}_6\text{C}$

Azote 14 : $^{14}_7\text{N}$

On donne : $\ln 2 = 0,69$

1. Étude du noyau.

- 1.1. Le symbole d'un noyau se note ^A_ZX . Donner le nom des grandeurs représentées par les lettres A et Z ainsi que leur signification.
- 1.2. Écrire le symbole de l'atome du carbone 14.
- 1.3. Donner la composition du noyau de l'atome de carbone 14.
- 1.4. En vous aidant du texte, définir le terme d'isotope.
- 1.5. Le noyau du carbone 14 est *radioactif*. Définir ce terme.

2. Les réactions nucléaires.

- 2.1. Le bombardement des noyaux d'atomes d'azote par les neutrons aboutit à la réaction nucléaire dont l'équation est la suivante : $^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^A_Z\text{Y}_1 + {}^1_1\text{H}$ (1)
 - 2.1.1. Énoncer les deux lois de conservation qui ont permis d'écrire l'équation (1).
 - 2.1.2. L'application des lois de conservation précédentes permet de déterminer la nature du noyau ${}^A_Z\text{Y}_1$. Quel élément est associé à Y₁ ?

2.2. La désintégration du noyau de carbone 14 conduit à l'émission d'un électron de symbole ${}_{-1}^0\text{e}$ et d'un noyau de symbole ${}^A_Z\text{Y}_2$.

2.2.1. Écrire l'équation de la réaction nucléaire correspondante.

2.2.2. La radioactivité d'une réaction nucléaire peut être de type α , β^+ ou β^- . Quelle est celle qui correspond à la désintégration du noyau de carbone 14 ?

2.2.3. Donner le nom de l'élément Y_2 (de symbole ${}^A_Z\text{Y}_2$).

3. La loi de décroissance radioactive.

3.1. Dans le texte on utilise l'expression : "temps de demi-vie du carbone 14". Donner la définition du terme temps de demi-vie (notée $t_{1/2}$).

3.2. La loi de décroissance radioactive en fonction du temps est du type : $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

3.2.1. Que représentent les grandeurs physiques $N(t)$, N_0 et λ ?

3.2.2. Sachant que $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$, déterminer l'unité de λ par une analyse dimensionnelle.

3.2.3. Calculer λ .

4. Datation au carbone 14.

En 1983 fut découverte l'épave d'un drakkar dans la vase du port de Roskilde (à l'ouest de Copenhague). Pour valider l'hypothèse indiquant que ce navire est d'origine viking, une datation au carbone 14 est réalisée sur un échantillon de bois prélevé sur sa coque.

L'activité A mesurée pour cet échantillon est de 12,0 désintégrations par minute et par gramme de carbone. Or l'activité pour 1 gramme de carbone participant au cycle du dioxyde de carbone de l'atmosphère est égale à $A_0 = 13,6$ désintégrations par minute.

4.1. Justifier la variation d'activité d'un échantillon de bois au cours du temps.

4.2. Sachant que la loi de décroissance de l'activité en fonction du temps s'écrit : $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$

4.2.1. Exprimer le temps t en fonction des autres grandeurs physiques $A(t)$, A_0 et λ .

4.2.2. Calculer t .

4.2.3. Le temps t correspond au temps écoulé entre la date de fabrication du bateau et la date de découverte de l'épave. Déterminer l'année de construction du bateau ?

4.2.4. La période Viking s'étend du VIII^{ème} siècle et XI^{ème} siècle (entre 700 et 1000 ans). L'hypothèse faite précédemment est-elle vérifiée ?

Exercice n° 3 (4 points)

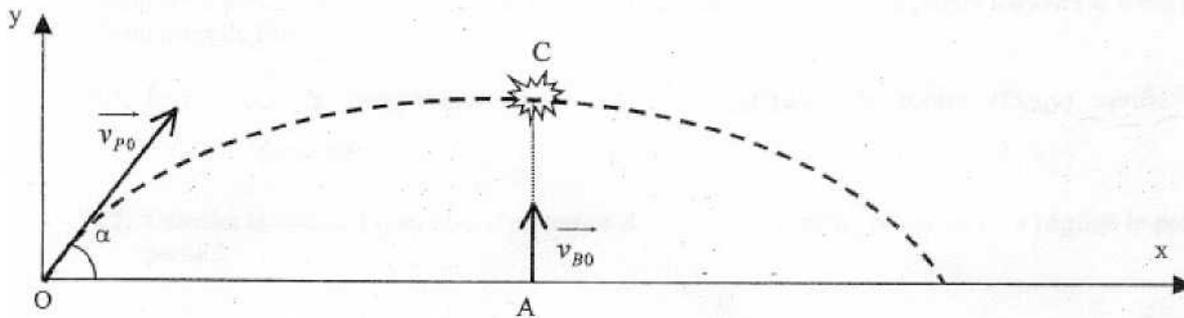
TIR AU PIGEON D'ARGILE

On étudie le mouvement d'un pigeon d'argile lancé pour servir de cible à un tireur de ball-trap.

Le pigeon d'argile de masse $m_p = 0,10$ kg assimilé à un point matériel M est lancé avec un vecteur vitesse \vec{v}_{p0} de valeur $\|\vec{v}_{p0}\| = 30$ m.s⁻¹ faisant un angle α de 45° par rapport à l'horizontale. Le participant situé en A tire verticalement une balle de masse $m_B = 0,020$ kg avec un fusil . La vitesse initiale de la balle est $\|\vec{v}_{B0}\| = 500$ m.s⁻¹, la balle, assimilée à un point matériel B, part du point A tel que $OA = 45$ m (Les vecteurs vitesse ne sont pas à l'échelle sur le schéma).

On donne $g = 10$ m.s⁻².

Attention : les temps correspondants à chaque mouvement sont notés différemment : t pour le pigeon d'argile et t' pour la balle de fusil .



1. Étude du mouvement du pigeon d'argile

On notera t le temps associé au mouvement du pigeon d'argile . A l'origine du mouvement $t = 0$

- 1.1. On négligera les frottements sur le pigeon d'argile. Établir l'expression \vec{a}_p de son accélération à partir du bilan des forces.
- 1.2. Donner les composantes de l'accélération \vec{a}_p dans le repère (O,x,y) .
- 1.3. Établir les composantes $v_{px}(t)$ et $v_{py}(t)$ du vecteur vitesse \vec{v}_p dans le repère (O,x,y) en fonction du temps t .
- 1.4. Établir les composantes $x_p(t)$ et $y_p(t)$ du vecteur position \vec{OM} dans le repère (O,x,y) en fonction du temps t .

2. Tir réussi

- 2.1. Quelle est l'abscisse x_C du point d'impact C du pigeon d'argile et de la balle.
- 2.2. Vérifier, à partir de l'abscisse x_C de l'impact, que le temps de "vol" du pigeon d'argile est $\Delta t = 2,1$ s.
- 2.3. On néglige toutes les forces s'exerçant sur la balle.
 - 2.3.1. Que peut-on dire de son accélération a_B ? Que peut-on dire de sa vitesse v_B ? Déterminer alors la vitesse v_B .
 - 2.3.2. Calculer $\Delta t'$ le temps de "vol" de la balle jusqu'à l'impact connaissant l'ordonnée du point de l'impact $y_C = 22$ m.
- 2.4. Comparer Δt et $\Delta t'$ et expliquer pourquoi le tireur peut viser directement le pigeon.

3. Discussion de l'effet du poids de la balle

Dans cette partie l'effet du poids de la balle n'est plus négligé mais on négligera toujours la force de frottement de l'air.

- 3.1. Établir que la composante de la vitesse $v_{By}(t')$ dans le repère (O,x,y) vérifie l'équation
$$v_{By}(t') = v_{B0} - g t'$$
- 3.2. Calculer la vitesse v_{By} au bout d'un temps $\Delta t' = 0,044$ s, justifier pourquoi on a négligé le poids dans la partie 2.

EXERCICE I : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE D'UNE BOBINE (6 points)

1 - Détermination expérimentale de l'inductance L de la bobine

On réalise le circuit électrique représenté ci-dessous (figure 1) comprenant un GBF, une bobine de résistance r et d'inductance L et une résistance $R = 1,0 \times 10^4 \Omega$ montés en série.

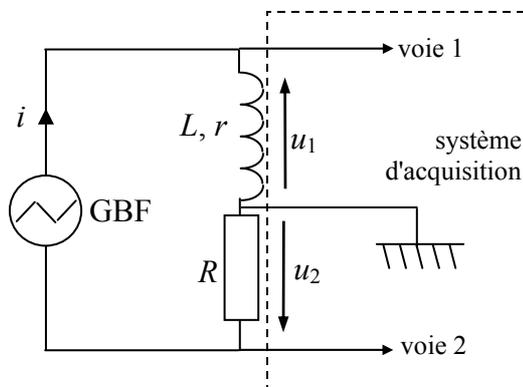


Figure 1

Le GBF délivre une tension alternative triangulaire (tension en dents de scie) de fréquence $f = 1,0 \text{ kHz}$.

Un système d'acquisition de données relié à un ordinateur permet d'afficher à l'écran les variations en fonction du temps de la tension $u_L(t)$ aux bornes de la bobine et de l'intensité $i(t)$ du courant qui circule dans le circuit (figure 2).

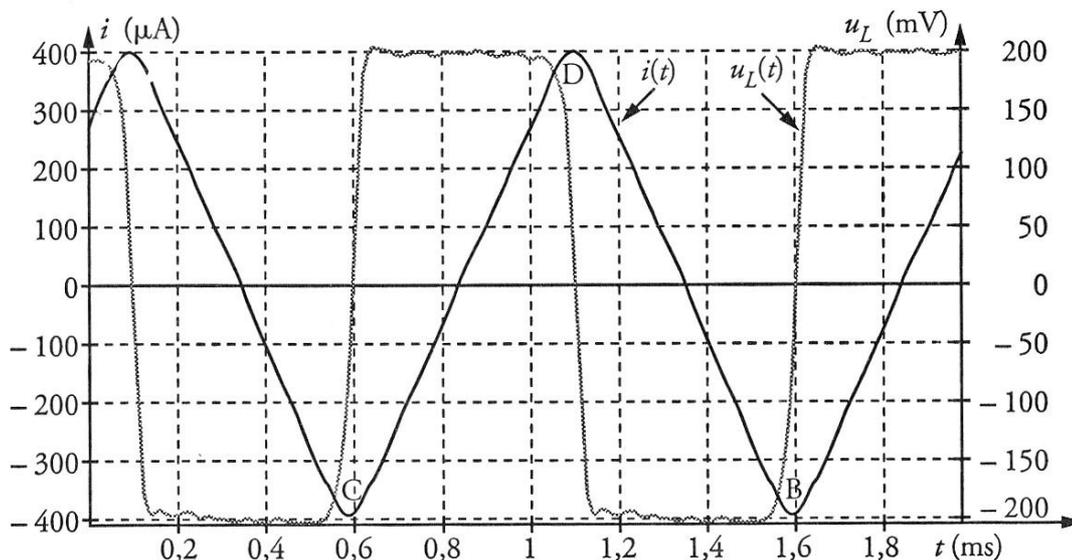


Figure 2

1.1. Vérifier à l'aide de la figure 2 que la fréquence du GBF est effectivement réglée sur $1,0 \text{ kHz}$.

1.2. Quelle est l'expression de la tension mesurée sur la voie 2 du système d'acquisition ? En déduire les opérations que devra effectuer le logiciel de traitement des données pour afficher l'intensité à l'écran.

1.3. Exprimer la tension u_L aux bornes de la bobine en fonction des caractéristiques de la bobine, de l'intensité i du courant et de sa dérivée $\frac{di}{dt}$.

1.4.1. Sur la figure 2, la représentation graphique de la fonction $i(t)$ montre qu'en réalité, les crêtes de l'intensité sont arrondies. Dans ces conditions, la tangente au sommet est horizontale.

En déduire une expression simplifiée de u_L quand l'intensité dans le circuit est extrême.

1.4.2. En mesurant u_L sur la figure 2 quand l'intensité du courant est extrême, à $t = 1,6$ ms par exemple, montrer que $r \ll R$.

1.5. On néglige dans la suite le terme faisant intervenir r dans l'expression de u_L ainsi que les arrondis des crêtes de l'intensité.

À partir de la demi-période comprise entre les points C et D de la figure 2, mesurer u_L , calculer $\frac{di}{dt}$ et en déduire la valeur de L.

1.6. Le constructeur indique $r = 12 \Omega$.

Calculer alors u_L à la même date qu'à la question 1.4.2. et montrer que la valeur obtenue est en accord avec la mesure effectuée à la question 1.4.2.

2 - Constante de temps d'un circuit RL

La bobine est maintenant montée en série avec une résistance $R' = 100 \Omega$ aux bornes d'un générateur idéal de tension de f.e.m. $E = 6,5$ V (figure 3).

Le système d'acquisition permet de suivre l'évolution de l'intensité du courant dans le circuit en fonction du temps. La fermeture de l'interrupteur à l'instant $t = 0$ déclenche l'acquisition. L'enregistrement obtenu est représenté sur la figure 4.

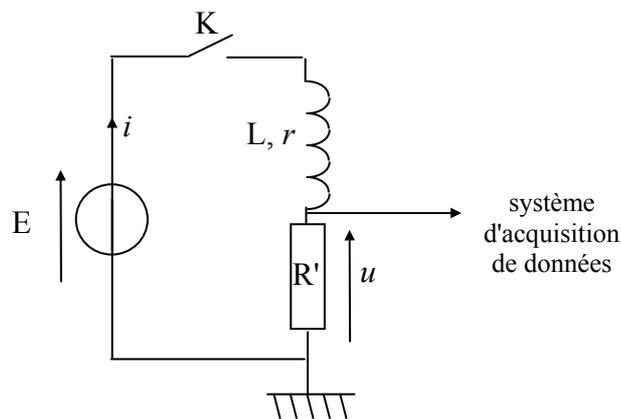


Figure 3

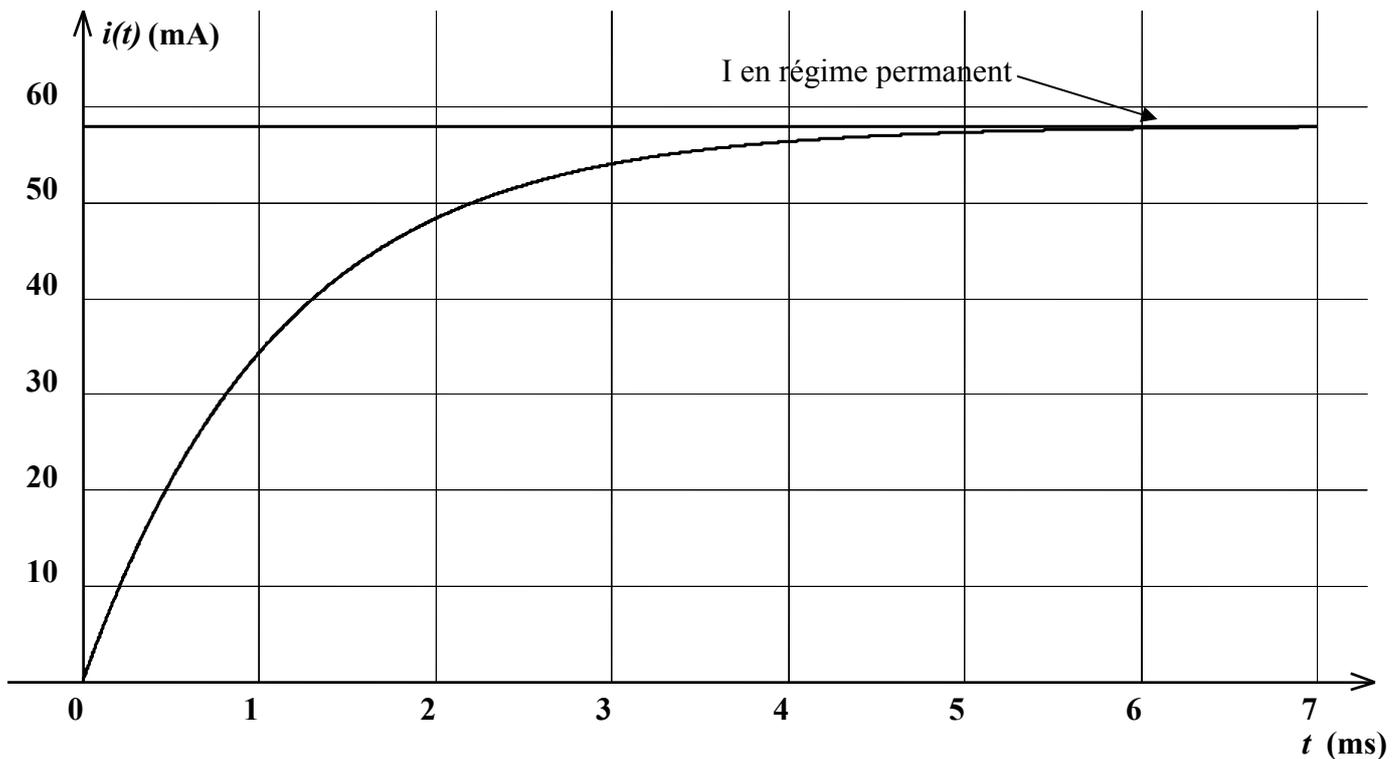


Figure 4

2.1. Établir l'expression donnant l'intensité du courant en régime permanent en fonction des caractéristiques du circuit.

2.2. Vérifier que la valeur de l'intensité du courant en régime permanent obtenue sur le graphe de la figure 4 est en accord avec les données de l'énoncé.

2.3.1. Rappeler l'expression de la constante de temps d'un dipôle RL.

2.3.2. Déterminer graphiquement sa valeur en faisant figurer la méthode utilisée sur la **figure 5 en annexe à rendre avec la copie**.

2.4. La résistance R' est en réalité une résistance réglable. On lui donne maintenant la valeur 150Ω .

2.4.1. Calculer la nouvelle intensité du courant en régime permanent.

2.4.2. Calculer la constante de temps du nouveau dipôle RL.

2.4.3. Représenter avec soin la courbe représentant l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps $i = f(t)$ sur la **figure 5 en annexe, à rendre avec la copie**.

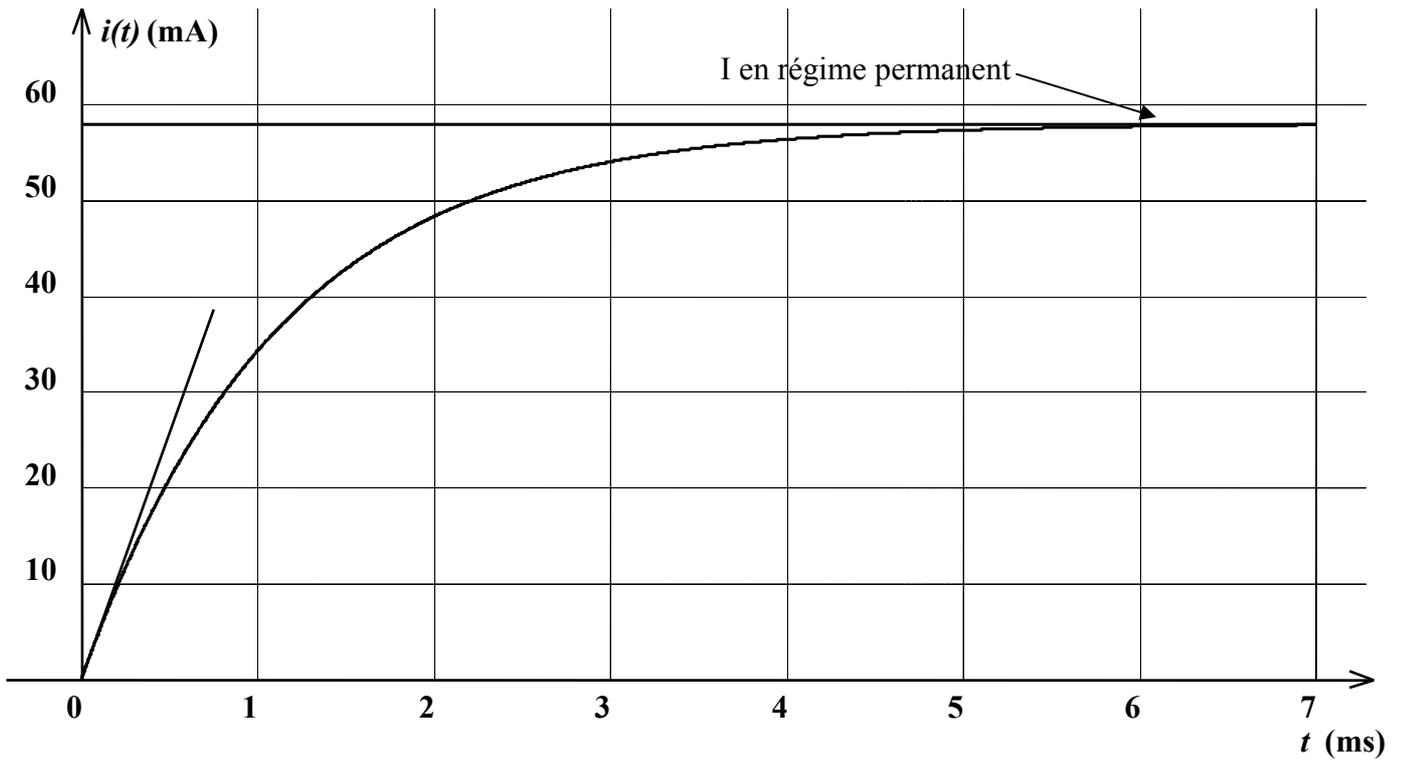


Figure 5

EXERCICE II : SUIVI D'UNE RÉACTION LENTE (6 Points)

On étudie la réaction d'oxydation de l'acide oxalique HOOC-COOH (solution incolore) par l'ion permanganate MnO_4^- (aq) en milieu acide (solution de couleur violette).

Le suivi de la réaction est réalisé par un enregistrement spectrophotométrique.

1. PREPARATION DE LA SOLUTION DE PERMANGANATE DE POTASSIUM

On dispose d'une solution mère de concentration :

$$c_0 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

et du matériel suivant :

- bechers de 75 mL, 150 mL ;
- pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL, 20 mL ;
- éprouvette graduée de 50 mL, 125 mL ;
- fiole jaugée de 50 mL, 100 mL, 250 mL ;
- erlenmeyer de 250 mL.

Décrire, en précisant le matériel utilisé, le protocole à suivre pour préparer 50,0 mL de solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration $c_1 = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

2. REACTION D'OXYDOREDUCTION

La réaction met en jeu les deux couples suivants: MnO_4^- (aq) / Mn^{2+} (aq) et CO_2 (aq) / $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (aq) .

- 2.1. Écrire les deux demi-équations d'oxydoréduction de ces deux couples, puis l'équation de la réaction entre les ions permanganate et l'acide oxalique.
- 2.2. On mélange $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution aqueuse de permanganate de potassium de concentration molaire apportée c_1 , acidifiée par de l'acide sulfurique, à $V_2 = 20,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide oxalique de concentration molaire apportée $c_2 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
Quelle est, à l'instant $t = 0$, la quantité de matière n_{01} d'ions permanganate ?
- 2.3. Quelle est, à l'instant $t = 0$, la quantité de matière n_{02} d'acide oxalique ?
- 2.4. Calculer l'avancement maximal x_{max} . En déduire le réactif limitant.
- 2.5. Les ions Mn^{2+} (aq) ne colorent pas le milieu réactionnel.
Comment va évoluer la couleur du mélange lorsque la transformation se déroule ?

3. SUIVI SPECTROPHOTOMÉTRIQUE

La transformation chimique supposée totale étant lente, on peut suivre son évolution par spectrophotométrie. On mesure l'absorbance A du mélange réactionnel placé dans la cuve du spectrophotomètre.

- 3.1. Quelle est l'espèce chimique principalement responsable de l'absorbance A de la solution ?
- 3.2. Dans les conditions de l'expérience, la concentration des ions permanganate est proportionnelle à la valeur de l'absorbance A mesurée (**courbe 1**).

L'absorbance $A(t)$ et l'avancement de la réaction $x(t)$ sont reliés par la relation:

$$x(t) = (2 \times 10^{-5} - A(t) \times 10^{-5}) \text{ mol.}$$

Par des logiciels appropriés, on obtient la **courbe 2**. Les courbes sont données en annexe (**à rendre avec la copie**). Elles diffèrent par leurs allures de celles que l'on rencontre en général lors de la disparition d'un réactif dans une réaction lente.

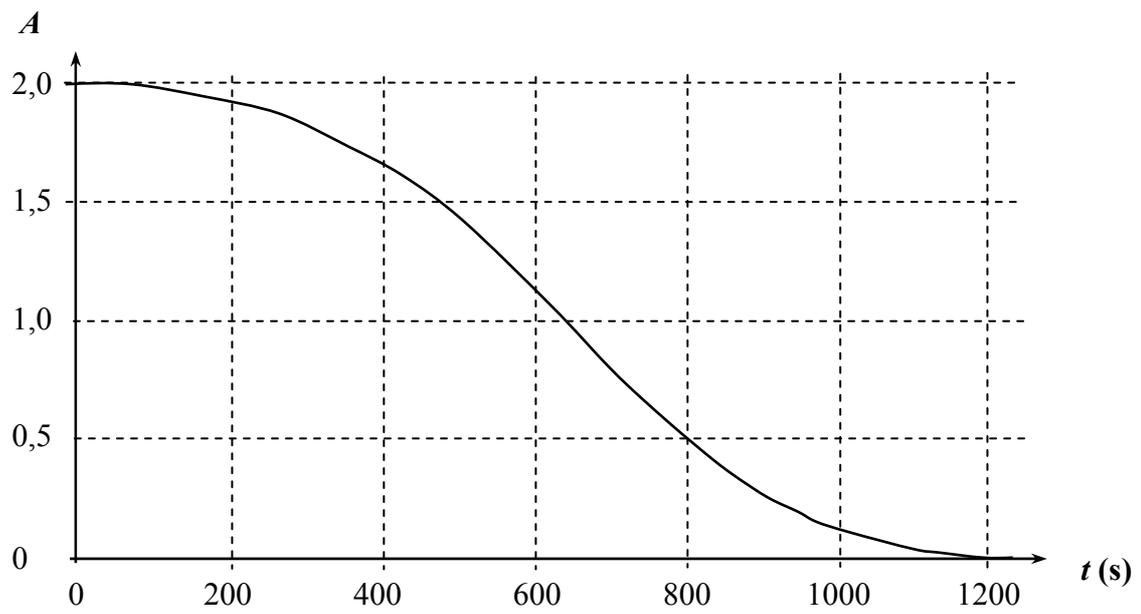
En quoi la courbe $A = f(t)$ permet-elle de retrouver le réactif limitant ?

- 3.3. Définir puis déterminer, en justifiant, le temps de demi-réaction.
- 3.4. Définir la vitesse volumique de réaction en fonction de $x(t)$.
- 3.5. Le volume restant constant, en comparant qualitativement les vitesses de réaction aux dates $t_1 = 100$ s, $t_2 = 600$ s et $t_3 = 1100$ s, dire comment évolue la vitesse au cours du temps.
- 3.6. On refait l'expérience en modifiant uniquement la concentration molaire apportée de la solution d'acide oxalique :

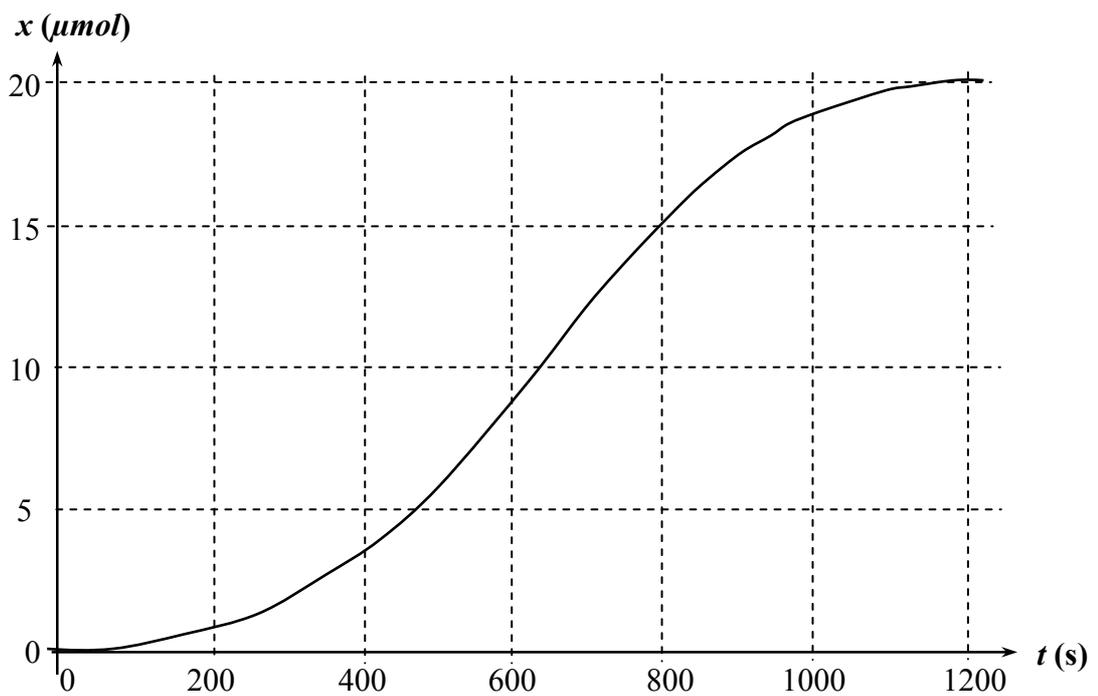
$$c_2 = 2,50 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

- 3.6.1. Calculer la nouvelle quantité de matière initiale d'acide oxalique.
- 3.6.2. En déduire le réactif limitant.
- 3.6.3. Quelle est l'absorbance finale ?

ANNEXE (À RENDRE AVEC LA COPIE)



Courbe 1. Absorbance en fonction du temps: $A = f(t)$

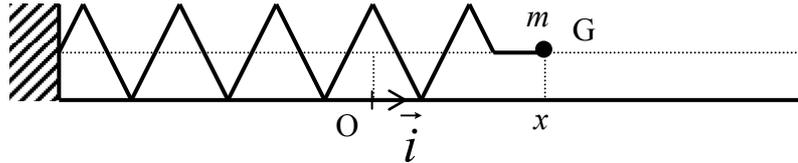


Courbe 2. Avancement en fonction du temps: $x = f(t)$

EXERCICE III : Énergies d'un système solide-ressort (4 points)

On dispose d'un système solide-ressort constitué d'un mobile de masse $m = 250 \text{ g}$ accroché à l'extrémité d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur $k = 10 \text{ N.m}^{-1}$.

Le mobile assimilé à son centre d'inertie G peut osciller horizontalement sur une tige parallèlement à l'axe Ox (**figure 1**). On étudie son mouvement dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Le point O coïncide avec la position de G lorsque le ressort est au repos.



I. Dans un premier temps, on néglige les frottements du mobile sur son rail de guidage.

1.a) Faire l'inventaire des forces exercées sur le mobile.

1.b) Reproduire la **figure 1** sur la copie et représenter les différents vecteurs forces sans souci d'échelle.

2. En appliquant la seconde loi de Newton au mobile, établir l'équation différentielle du mouvement.

3. Vérifier que $x = x_M \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi\right)$ est solution de cette équation différentielle quelles que soient les valeurs des constantes x_M et φ .

4. Le mobile est écarté de sa position d'équilibre et lâché à l'instant $t = 0 \text{ s}$, sans vitesse initiale, de la position $x_0 = + 2,0 \text{ cm}$, et $x_M > 0$.
Déterminer numériquement x_M et φ .

5. Calculer la période propre $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ du mouvement.

Figure 2

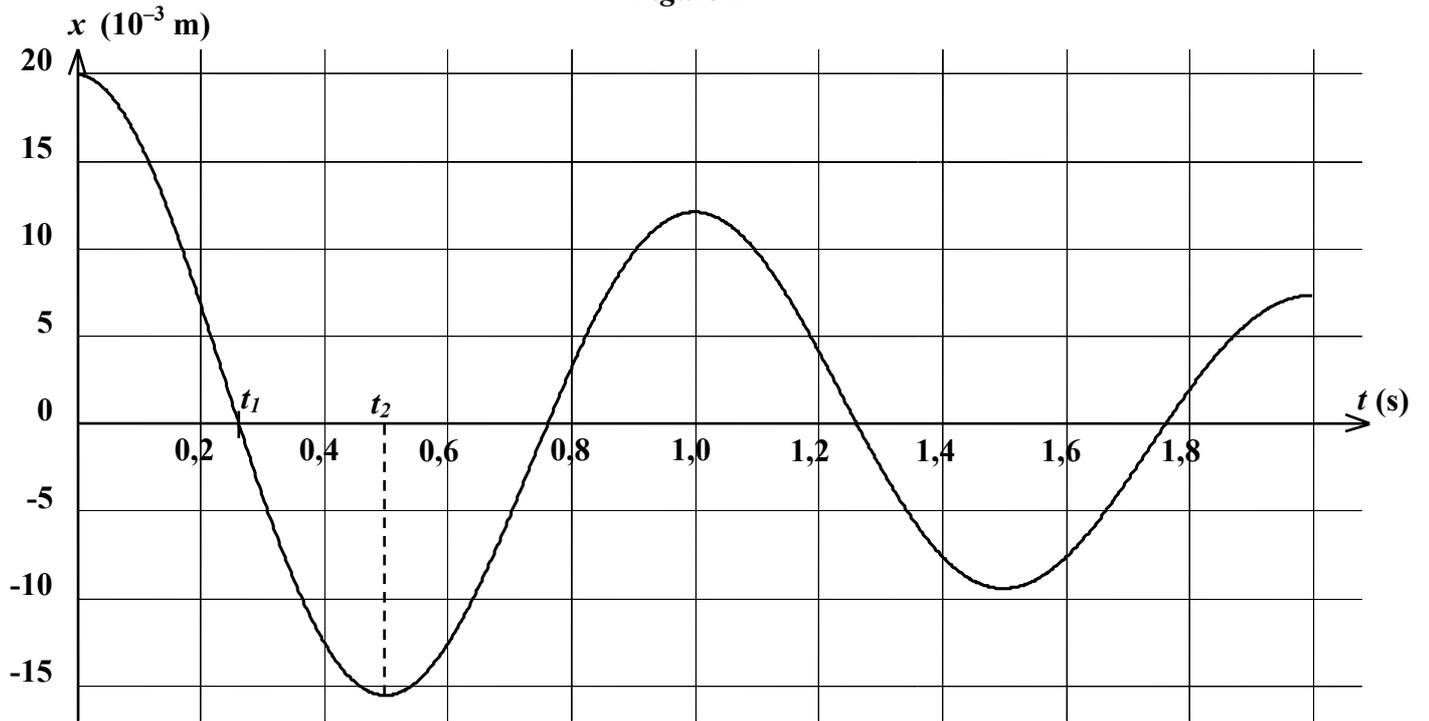
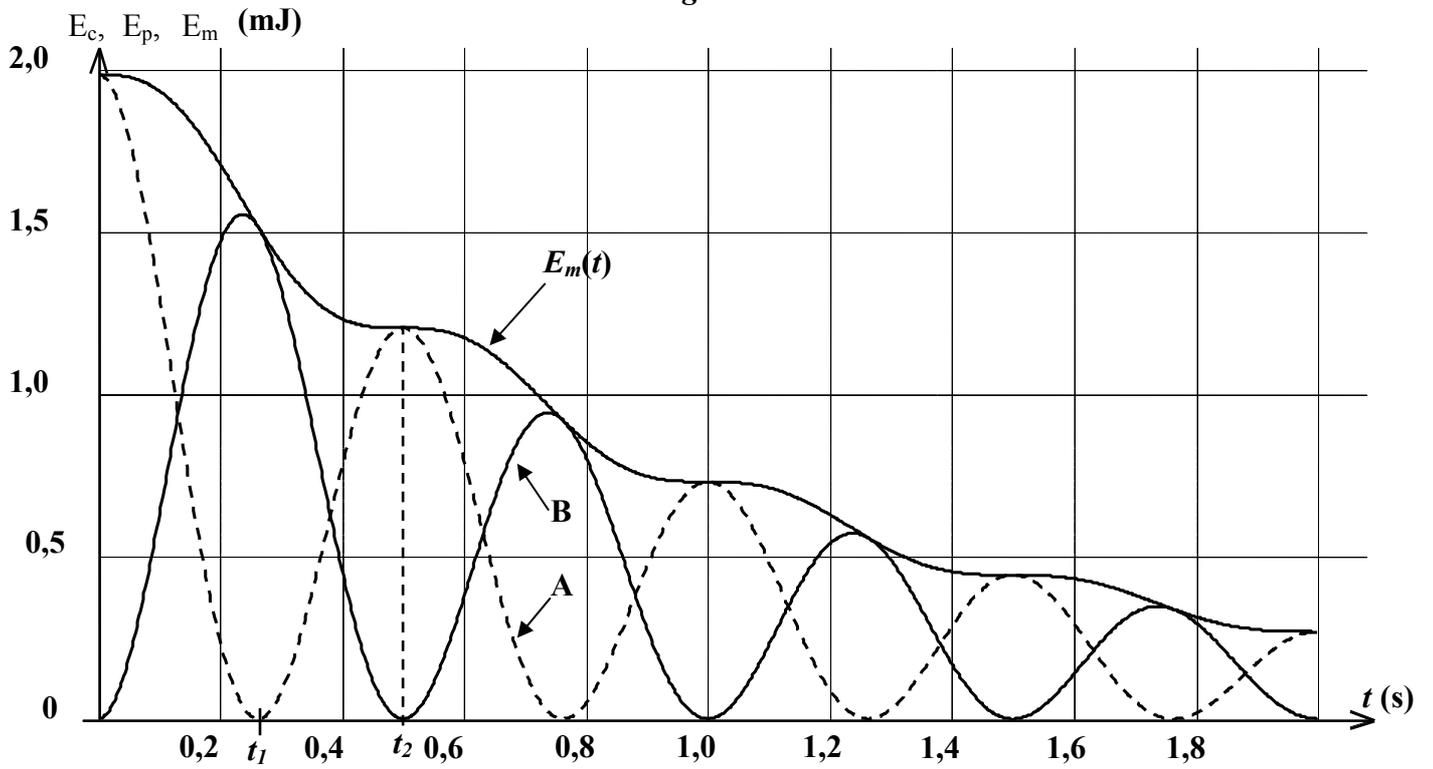


Figure 3



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices est autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci. **Le feuillet de l'annexe** (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, **EST À RENDRE AVEC LA COPIE**.

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

- I. Mal de tête (4 points)**
- II. Comment faire des ricochets sur l'eau ? (5 points)**
- III. Du chlore dans l'eau (7 points)**

EXERCICE I. MAL DE TÊTE (4 POINTS)

Sylvie a mal à la tête. Elle met un comprimé d'aspirine dans un grand verre d'eau. Après agitation, elle s'aperçoit que des particules restent en suspension. Ce mélange non homogène n'étant pas agréable à boire, elle le filtre et boit le filtrat. Son mal de tête persistant, elle se demande si elle a bien absorbé la totalité de l'aspirine contenue dans le comprimé, soit 500 mg.

Données :

La solubilité s , exprimée en g.L^{-1} , d'une espèce A est la masse maximale de cette espèce que l'on peut dissoudre dans un litre de solution à une température donnée.

La solution est saturée quand la valeur de la masse de soluté A introduite dans un litre de solution, à une température donnée, est supérieure ou égale à la valeur de s à cette température.

La solubilité de l'acide acétylsalicylique dans l'eau à 20°C est : $s = 3,3 \text{ g.L}^{-1}$.

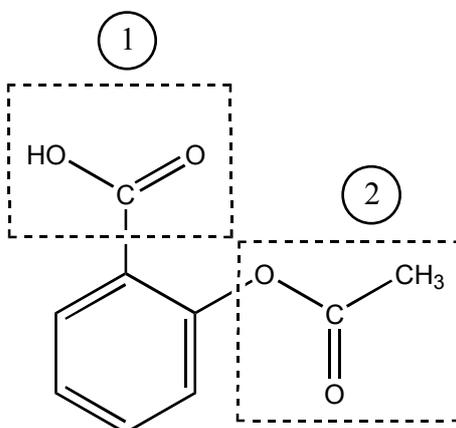
La masse molaire de l'acide acétylsalicylique est : $M = 180 \text{ g.mol}^{-1}$.

La transformation qui se produit lors du titrage est rapide et totale.

Les questions 1, 2, 3 et 4 sont indépendantes.

1. La molécule d'aspirine ou d'acide acétylsalicylique

La molécule d'aspirine ou d'acide acétylsalicylique a pour formule :



À quelle famille de composé correspond chacun des groupes caractéristiques (ou fonctionnels) notés 1 et 2 et encadrés dans la formule de l'acide acétylsalicylique ?

2. La masse d'aspirine absorbée par Sylvie

Mode opératoire :

Sylvie remet un comprimé d'aspirine dans le même grand verre d'eau distillée. Après agitation et filtration, elle récupère le filtrat qu'elle appelle solution S . Elle en prélève un volume $V = 10,0 \text{ mL}$ qu'elle dose à l'aide d'une solution aqueuse titrée d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration molaire en soluté apporté $c_B = 1,60 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Elle effectue ce titrage en présence d'un indicateur coloré approprié. Le volume de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence acido-basique est $V_{BE} = 11,5 \text{ mL}$.

On admettra que la température des solutions est 20°C .

2.1. Faire un schéma annoté du montage réalisé pour effectuer ce titrage.

2.2. En notant l'acide acétylsalicylique AH , écrire l'équation associée à la réaction chimique de titrage.

2.3. Donner la formule semi-développée de l'ion acétylsalicylate : base conjuguée de l'acide acétylsalicylique.

2.4. Après avoir rappelé la définition de l'équivalence, calculer la concentration molaire c_A en acide acétylsalicylique apporté de la solution S.

2.5. Sylvie calcule la masse d'aspirine absorbée.

2.5.1. Déduire de la concentration molaire c_A , la concentration massique c_m de la solution S (masse d'aspirine dissoute dans un litre de solution).

2.5.2. Montrer que la solution S est saturée.

2.5.3. On estime que le volume V_S de la solution S bu par Sylvie est égal à 100 mL.

A-t-elle bien absorbé 500 mg d'aspirine ?

2.6. Sylvie s'interroge : « Que se passerait-il si j'utilisais un volume d'eau plus petit ? »

Elle recommence donc l'expérience en utilisant un volume d'eau distillée deux fois plus petit pour la mise en solution du comprimé d'aspirine. Elle obtient, lors du titrage de 10,0 mL de filtrat, par la même solution de soude de concentration c_B , un volume équivalent V'_{BE} .

Choisir, parmi les propositions suivantes, celle qui convient, en justifiant le choix :

- proposition n°1 : $V'_{BE} = 5,75 \text{ mL}$;

- proposition n°2 : $V'_{BE} = 11,5 \text{ mL}$;

- proposition n°3 : $V'_{BE} = 23,0 \text{ mL}$.

3. Une autre transformation possible.

3.1. Le groupe caractéristique présent à la fois dans l'acide acétylsalicylique et dans sa base conjuguée réagit avec les ions hydroxyde HO^- .

Donner le nom de cette réaction chimique et écrire son équation dans le cas où les réactifs sont les ions hydroxyde et les ions acétylsalicylate.

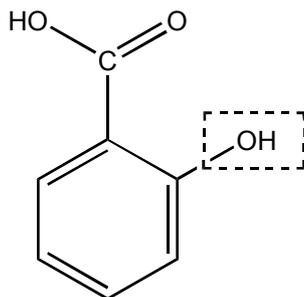
3.2. Lors du titrage de la solution S, on n'a pas tenu compte de cette transformation.

Donner un argument justifiant ce choix.

4. Et si on fabriquait de l'aspirine...

Au laboratoire, on peut fabriquer l'acide acétylsalicylique (ou aspirine) à partir de l'acide salicylique et d'un anhydride d'acide.

La molécule d'acide salicylique a pour formule :



Remarque : Dans cette molécule, le groupe encadré caractéristique de la fonction phénol réagit de la même manière qu'un alcool avec un anhydride d'acide.

4.1. Donner la formule chimique semi-développée de l'anhydride d'acide utilisé lors de la synthèse de l'aspirine.

4.2. Écrire l'équation associée à la réaction chimique entre l'acide salicylique et l'anhydride d'acide correspondant en utilisant les formules semi-développées.

4.3. Pourquoi utilise-t-on un anhydride d'acide plutôt qu'un acide carboxylique ?

EXERCICE II. COMMENT FAIRE DES RICOCHETS SUR L'EAU ? (5 POINTS)

Minutius Felix, au 3^{ème} siècle de notre ère écrit : « On choisit sur le rivage une pierre plate et ronde, polie par le mouvement des flots, on la tient horizontalement entre les doigts puis, en s'inclinant le plus près possible du sol, on l'envoie sur la surface de l'eau. La pierre, animée d'une certaine vitesse, glisse et nage à la surface ; lancée avec force, elle saute et bondit en rasant les flots. Le vainqueur est celui dont la pierre est allée le plus loin et a rebondi le plus grand nombre de fois. »

Le record du monde officiel, établi en 1992 par l'américain Jerdine Coleman Mc Ghee, est de 38 ricochets.

Actuellement, des chercheurs tentent de comprendre tous les aspects concernant les lancers de pierre permettant des ricochets.

D'après un article de « La Recherche »

Données :

La valeur du champ de pesanteur est $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

Le référentiel terrestre est considéré comme galiléen .

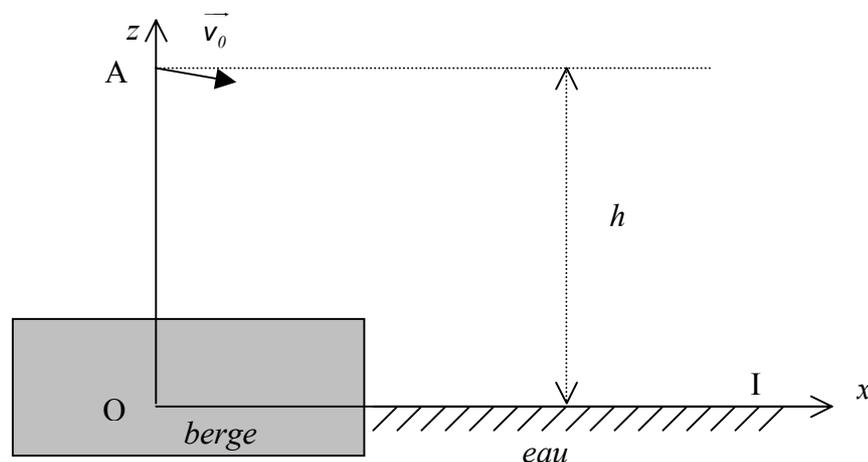
1. Objectif : record du monde...

La pierre utilisée, de masse $m = 0,10 \text{ kg}$, est lancée d'un point A situé à la hauteur h au-dessus de la surface de l'eau (voir figure n° 1). Le mouvement est filmé à l'aide d'un caméscope dont l'axe de visée est horizontal et perpendiculaire au plan de la trajectoire. L'objectif du caméscope est suffisamment éloigné de ce plan pour considérer que sa distance à la pierre est constante. On dispose une règle graduée dans ce plan. Un logiciel de traitement d'images permet de visionner le film image par image et de pointer les positions successives de coordonnées (x, z) du centre d'inertie G de la pierre en fonction du numéro de l'image, donc à différents instants de date t . On obtient les résultats donnés dans le tableau n°1 ci-dessous:

Tableau n°1

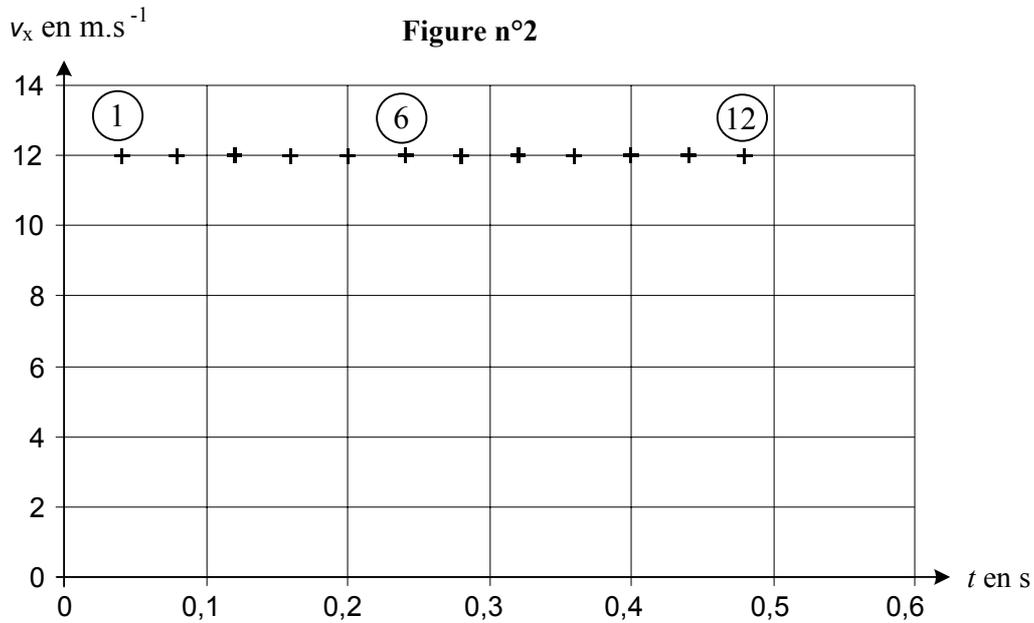
$x(m)$	$z(m)$	$n^\circ \text{ image}$	$t(s)$	$v_x (m.s^{-1})$	$v_z (m.s^{-1})$
0	1,75	0	0		
0,48	1,70	1	0,040	12	-1,4
0,96	1,64	2	0,080		
1,44	1,56	3	0,120	12	-2,2
1,92	1,46	4	0,160	12	-2,6
2,40	1,35	5	0,200	12	-3
2,88	1,22	6	0,240	12	-3,4
3,36	1,08	7	0,280	12	-3,8
...
5,76	0,12	12	0,480	12	-5.8

Figure n°1

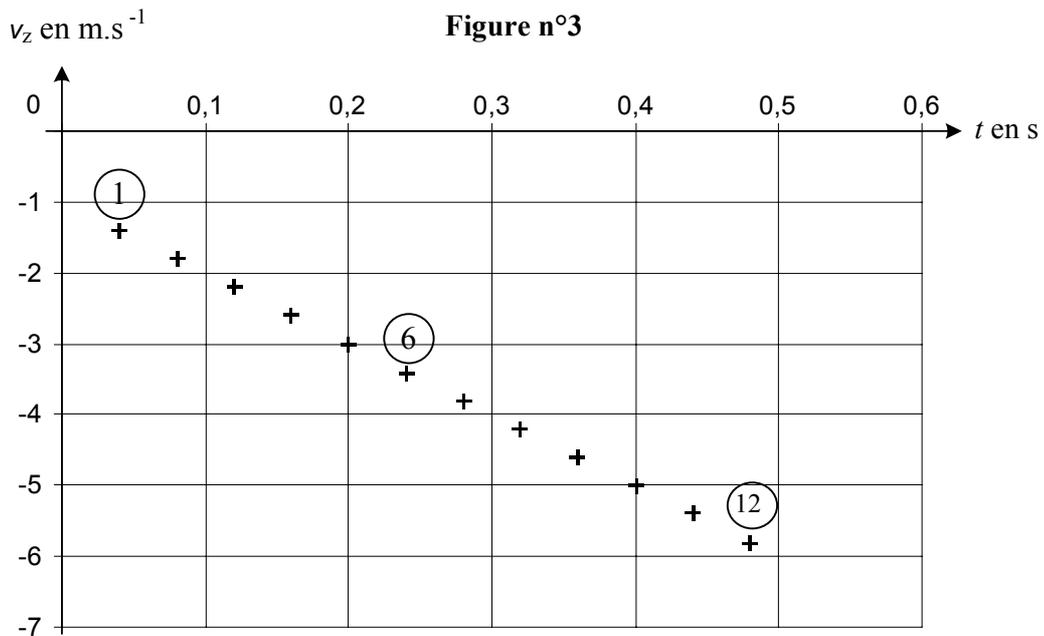


1.1. Sur ce film, une image montre la pierre quittant le point A de coordonnées : $x_0 = 0$ m et $z_0 = h = 1,75$ m. L'origine des dates est prise à cet instant. Le numéro de cette image est 0.
 À partir des valeurs du tableau, calculer les coordonnées v_x et v_z du vecteur vitesse à l'instant de date $t_2 = 0,080$ s.

1.2. On donne, sur la figure n°2, la représentation graphique de la coordonnée v_x en fonction de la date t .
 En déduire la valeur de v_{0x} , coordonnée du vecteur vitesse du point G sur l'axe horizontal à l'instant de date $t_0 = 0$ s.



1.3. La figure n°3 montre la représentation graphique de la coordonnée v_z en fonction de la date t .
 Déterminer graphiquement la valeur de v_{0z} à l'instant de date $t_0 = 0$ s.



1.4. Calculer la valeur v_0 de la vitesse initiale à l'instant de date $t_0 = 0$ s.

1.5. Étude énergétique

1.5.1. L'énergie cinétique de la pierre a pour expression $\frac{1}{2}mv^2$. La pierre touche l'eau à un

instant intermédiaire entre ceux des prises de vue n° 12 et n° 13. On admet que la vitesse v' de la pierre, juste avant qu'elle ne touche l'eau est pratiquement égale à celle qu'elle avait à la date t_{12} . À partir des figures n° 2 et n° 3, on trouve $v' = 13 \text{ m.s}^{-1}$.

Par une démarche identique, on peut déterminer la vitesse v'' de la pierre juste après le premier rebond. Cette vitesse est égale à $v'' = 11 \text{ m.s}^{-1}$.

Calculer la variation d'énergie mécanique ΔE de la pierre au cours de ce premier rebond en considérant que la pierre est au niveau de l'eau juste avant et juste après le rebond.

1.5.2. On choisit l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de l'eau.

Donner l'expression de l'énergie mécanique $E(A)$ de la pierre à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ dans le champ de pesanteur.

À partir des valeurs consignées dans le tableau n° 1, d'autres données de l'exercice et du résultat de la question 1.4., calculer l'énergie mécanique initiale $E(A)$.

1.5.3. On cherche à déterminer le nombre maximal N de rebonds que l'on peut espérer obtenir. Pour cela on admet que :

- l'énergie perdue par la pierre au cours de chaque choc avec l'eau sera toujours égale à la valeur absolue $|\Delta E|$ de ΔE ;

- si l'énergie de la pierre après le $N^{\text{ième}}$ rebond est inférieure à $|\Delta E|$, la pierre ne rebondit plus lors de son prochain choc avec l'eau.

L'énergie initiale de la pierre étant égale à $E(A)$, calculer N .

Remarque : La valeur trouvée pour N est très inférieure à celle du record du monde. Pour bien réussir un ricochet, il faut non seulement lancer la pierre avec une vitesse suffisamment élevée mais aussi la faire tourner le plus vite possible sur elle-même.

2. Du lancer au premier rebond

2.1. Nommer les 3 forces qui agissent sur la pierre au cours de son mouvement dans l'air après le lancement.

2.2. Le poids, force prépondérante.

2.2.1. En utilisant les figures n° 2 et n° 3, déterminer les coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération du centre d'inertie G de la pierre avant le premier rebond.

2.2.2. Vérifier que le vecteur accélération du point G est égal au vecteur champ de pesanteur \vec{g} aux incertitudes de lecture près.

2.2.3. En utilisant la deuxième loi de Newton, montrer que la valeur du poids est prépondérante devant celles des deux autres forces.

2.3. Dans ces conditions l'énergie mécanique de la pierre est constante entre le point A et le point I , point d'impact du caillou sur l'eau. On choisit à nouveau l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de l'eau.

En déduire la valeur de la vitesse de la pierre au point d'impact I et vérifier qu'elle est voisine de v' soit 13 m.s^{-1} .

3. Les ronds dans l'eau

Quelques secondes après l'impact du caillou, une onde mécanique à la surface de l'eau se propage. On observe ainsi des rides circulaires, centrées au point d'impact, dont le rayon augmente au cours du temps. Entre les images n° 60 et 80, le rayon d'une ride augmente de $0,24 \text{ m}$. La durée séparant deux images consécutives est $\Delta t = 40 \text{ ms}$.

3.1. Cette onde progressive est-elle longitudinale ou transversale ? Justifier.

3.2. Calculer la célérité de l'onde.

EXERCICE III. DU CHLORE DANS L'EAU (7 POINTS)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Du chlore dans les eaux souterraines

Il existe deux principaux isotopes stables du chlore (dont les nombres de masse sont 35 et 37) trouvés dans les proportions respectives de 3 pour 1 et qui donnent aux atomes en vrac une masse molaire atomique apparente de $35,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

Le chlore a 9 isotopes avec des nombres de masse s'étendant de 32 à 40. Seulement trois de ces isotopes existent à l'état naturel : le Cl-35 stable (75,77 %), le Cl-37 stable (24,23 %) et le Cl-36 radioactif. Le rapport du nombre de noyaux de Cl-36 au nombre total de noyaux de Cl présents dans l'environnement est de $7,0 \times 10^{-13}$ actuellement.

Le « chlore 36 » (Cl-36) se désintègre essentiellement en « argon 36 » (Ar-36). La demi-vie du Cl-36 est de 301×10^3 ans. Cette valeur le rend approprié pour dater géologiquement les eaux souterraines sur une durée de soixante mille à un million d'années.

D'après un article d'encyclopédie

Données :

- Relation entre le temps de demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$
- Relation entre l'activité A d'un échantillon et le nombre moyen de noyau N présent dans cet échantillon, à une date t donnée : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$
- $1 \text{ an} = 3,156 \times 10^7 \text{ s}$
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Masse molaire atomique du chlore : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$
- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Masse et numéro atomique (ou nombre de charge) de quelques particules et noyaux :

Particule ou noyau	proton	neutron	chlore 36	argon 36
Masse (10^{-27} kg)	1,672 62	1,674 92	59,711 28	X
Z	1	0	17	18

- 1.1. Dans l'article, l'auteur indique des valeurs 35 et 37 pour les isotopes stables du chlore. Que désignent plus précisément ces valeurs pour un noyau de chlore ?
- 1.2. Définir le terme « isotopes ».
- 1.3. Donner le symbole complet du noyau de « chlore 36 » et sa composition.
- 1.4. Calculer, en MeV, l'énergie de liaison E_{L1} d'un noyau de « chlore 36 ». Exprimer le résultat **final** avec quatre chiffres significatifs.
On rappelle que $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- 1.5. Le texte évoque la réaction de désintégration d'un noyau de « chlore 36 ». Écrire l'équation de cette réaction, en indiquant :
 - les lois utilisées ;
 - le type de radioactivité mise en jeu.
- 1.6. Donner la définition du temps de « demi-vie » $t_{1/2}$ du « chlore 36 ».

1.7. Constante radioactive

- 1.7.1. Déterminer, par analyse dimensionnelle, l'unité de la constante radioactive λ dans le système international.
- 1.7.2. Calculer la constante radioactive de l'isotope de « chlore 36 » en respectant l'unité de base du système international.

1.8. Une bouteille contient un volume $V = 1,5 \text{ L}$ d'eau minérale. Sa teneur en ions chlorure est indiquée sur l'étiquette et vaut $c_m = 13,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

- 1.8.1. Calculer la quantité d'ions chlorure, en mol, dans l'eau de cette bouteille.
- 1.8.2. On suppose que le rapport du nombre de noyaux de « chlore 36 » au nombre total de noyaux de chlore présents dans cette eau minérale est celui donné dans l'article.
Montrer que le nombre N de noyaux de « chlore 36 » présents dans cette bouteille est $N = 2,4 \times 10^8$.
- 1.8.3. En déduire la valeur de l'activité en « chlore 36 » de l'eau que contient cette bouteille.
- 1.8.4. En déduire la valeur du nombre de désintégrations de noyaux de « chlore 36 » par jour.

1.9. Datation d'une eau souterraine

*L'étude des isotopes radioactifs apporte des informations concernant la durée du transit souterrain d'une eau c'est-à-dire l'âge de la nappe phréatique. Les ions chlorures $\text{Cl}^- (\text{aq})$ sont presque toujours présents dans les eaux minérales naturelles et ne sont que rarement impliqués dans les interactions eaux - rochers. **Dans les eaux de surface, le « chlore 36 » est renouvelé et la teneur en « chlore 36 » peut être supposée constante, ce qui n'est pas le cas dans les eaux souterraines des nappes phréatiques. Le « chlore 36 », de demi vie $3,01 \times 10^5$ ans, est donc un traceur particulièrement adapté à l'étude des eaux souterraines anciennes.***

Pour dater des eaux plus récentes, on peut utiliser le « carbone 14 », de demi-vie $5,73 \times 10^3$ ans, présent dans les ions carbonates $\text{CO}_3^{2-} (\text{aq})$ dissous par exemple.

1.9.1. Loi de décroissance radioactive.

On considère un échantillon, de volume V donné, d'eau issue d'une nappe phréatique.

On note :

- N_0 le nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » présents dans cet échantillon à l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ de la constitution de la nappe.
- $N(t)$ le nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » dans l'eau extraite aujourd'hui de cette nappe et donc non renouvelée en « chlore 36 ».

Écrire la loi de décroissance radioactive liant $N(t)$, N_0 et $t_{1/2}$.

1.9.2. Datation d'une eau souterraine.

On admet que N_0 est égal au nombre moyen de noyaux de « chlore 36 » présents dans un échantillon de même volume V d'eau de surface.

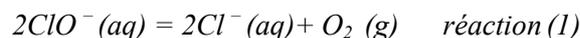
Déduire de la loi de décroissance écrite précédemment l'âge d'une nappe phréatique dont l'eau non renouvelée ne contient plus que 38 % du nombre de noyaux de « chlore 36 » trouvée dans les eaux de surface.

Pourquoi ne pas avoir utilisé le « carbone 14 » pour dater cette nappe phréatique ?

2. Du chlore dans l'eau de Javel

L'eau de Javel, produit courant et bon marché, est une solution aqueuse contenant entre autres des ions hypochlorite $\text{ClO}^- (\text{aq})$ et des ions chlorure $\text{Cl}^- (\text{aq})$. Outre ses propriétés désinfectantes (c'est un bactéricide puissant), l'eau de javel est utilisée pour son pouvoir « blanchissant », lié à l'action oxydante de l'ion hypochlorite sur de nombreux colorants.

L'eau de Javel se décompose lentement selon une transformation totale modélisée par la réaction d'équation :



On se propose d'étudier la décomposition d'une eau de Javel.

Pour suivre l'évolution de cette transformation, on dilue une solution commerciale S_0 afin d'obtenir un volume $V = 250 \text{ mL}$ d'une solution S_1 d'eau de Javel dix fois moins concentrée que S_0 . On verse $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ de la solution S_1 dans un ballon.

À l'instant de date $t_0 = 0 \text{ s}$ où l'on déclenche le chronomètre, on ajoute, sans variation de volume, une pointe de spatule de chlorure de cobalt dans la solution et on bouche le ballon. L'ion cobalt $\text{Co}^{2+}(\text{aq})$ est un catalyseur de la réaction (1).

Pour suivre l'évolution de la transformation qui se déroule, on mesure, avec un dispositif adapté, la pression p du gaz dans le ballon. On néglige la quantité de dioxygène dissoute dans l'eau par rapport à la quantité de dioxygène produite. La température T est maintenue constante et le volume V_0 occupé par le gaz dans le ballon est constant : $T = 296 \text{ K}$ et $V_0 = 275 \text{ mL}$.

$t(\text{min})$	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	8,0	11,0	13,0	...	145	427	1308	1757	1896
$p(t) (10^{-2} \text{ Pa})$	1020	1038	1038	1055	1063	1068	1078	1084	1086	...	1103	1108	1111	1112	1112

La verrerie mise à disposition est en partie la suivante :

- fioles jaugées de 50 mL, 100 mL, 200 mL, 250 mL, 500 mL ;
- pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- pipettes graduées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, 25 mL ;
- éprouvettes graduées de 10 mL, 20 mL, 250 mL, 500 mL.

2.1. Quels matériels, pris dans la verrerie mise à disposition, doit-on utiliser pour préparer S_1 ?

2.2. Avancement de la réaction

2.2.1. On note :

- n_1 la quantité initiale d'ions hypochlorite dans le volume V_1 de solution dans le ballon ;
- n_2 la quantité initiale d'ions chlorure dans ce même volume de solution ;
- n_3 la quantité initiale de dioxygène présent dans le ballon.

Compléter la dernière ligne du tableau d'évolution du système chimique, **DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE** (aucune application numérique n'est demandée).

2.2.2. En supposant que le dioxygène $\text{O}_2(\text{g})$ est un gaz parfait, on montre que l'expression de l'avancement $x(t)$ de la réaction à l'instant de date t en fonction de $p(t)$, $p(t_0 = 0)$, T et

$$V_0 \text{ est : } x(t) = \frac{[p(t) - p(t_0 = 0)] \cdot V_0}{R \cdot T} \text{ avec } R = 8,314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Calculer $x(t_1)$ à l'instant de date $t_1 = 11,0 \text{ min}$.

2.3. Exploitation des résultats

À partir des valeurs calculées de l'avancement x , on trace la courbe **DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**. Elle représente l'évolution, au cours du temps, de l'avancement x de la réaction qui se déroule dans le ballon.

2.3.1. Définir à l'instant de date t , par une relation littérale, la vitesse $v(t)$ de la réaction qui a lieu dans le ballon.

2.3.2. Comment évolue $v(t)$ au cours du temps ? Justifier la réponse, sans calcul, en utilisant le graphique.

2.3.3. Citer le facteur cinétique responsable de l'évolution de la vitesse $v(t)$ de la réaction au cours du temps.

2.3.4. Définir le temps de demi-réaction.

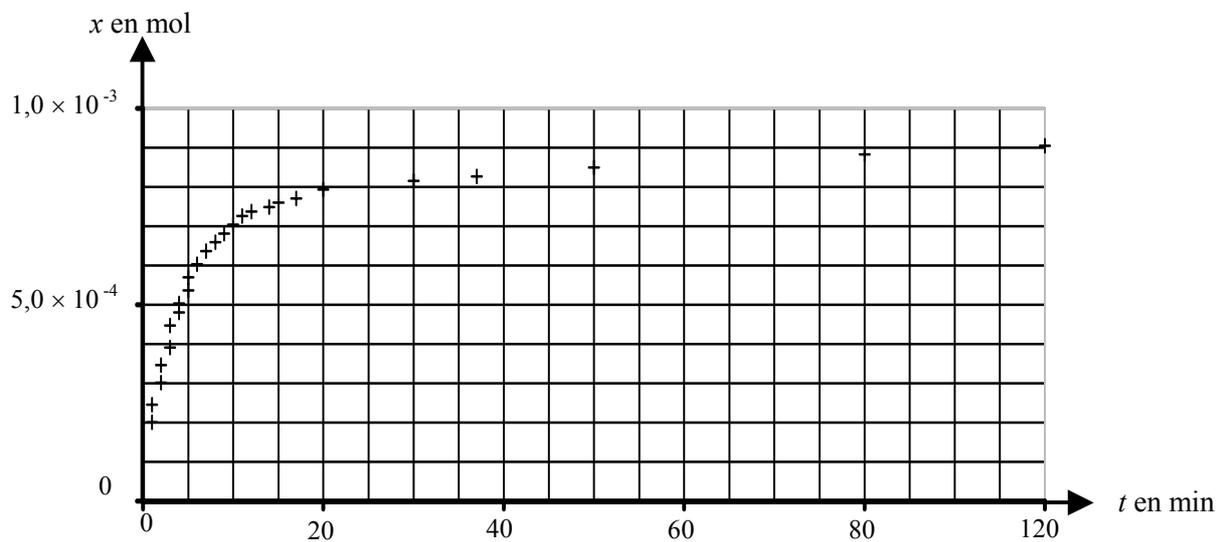
2.3.5. La valeur de l'avancement final déterminée expérimentalement est $x_f = 1,04 \times 10^{-3} \text{ mol}$. En utilisant cette valeur, déterminer graphiquement une valeur approchée du temps de demi-réaction. On fera apparaître clairement, sur la courbe **DE L'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**, la méthode utilisée.

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Tableau d'évolution

Équation de la réaction		$2\text{ClO}^- (\text{aq})$	$=$	$2\text{Cl}^- (\text{aq})$	$+$	$\text{O}_2 (\text{g})$
État du système	Avancement (mol)	$n_{\text{ClO}^-} (\text{mol})$		$n_{\text{Cl}^-} (\text{mol})$		$n_{\text{O}_2} (\text{mol})$
État initial	0	n_1		n_2		n_3
Au cours de la transformation	x					

Évolution au cours du temps de l'avancement d'une réaction de décomposition de l'eau de Javel



EXERCICE I. DÉTERMINATION DE LA VISCOSITÉ D'UNE HUILE MOTEUR (5,5 points)

Dans les moteurs à combustion, on minimise les frottements entre les pièces mécaniques en utilisant des huiles afin d'obtenir un frottement visqueux. Plus une huile est épaisse, plus sa viscosité est élevée.

On souhaite déterminer expérimentalement la viscosité d'une huile moteur. Pour cela on filme la chute verticale d'une balle dans cette huile moteur avec une caméra numérique.

L'exploitation du film avec un ordinateur permet de déterminer les valeurs de vitesse de la balle en fonction du temps.

On obtient le graphe donné dans l'annexe 1 qui est À RENDRE AVEC LA COPIE.

1. Validité de la modélisation de la force de frottement

Pour étudier le mouvement de la balle, on se place dans le référentiel du laboratoire. On prendra l'axe vertical Oz dirigé vers le bas.

Les caractéristiques de la balle sont : masse $m = 35,0 \text{ g}$; rayon $R = 2,00 \text{ cm}$; volume $V = 33,5 \text{ cm}^3$.
La masse volumique de l'huile est $\rho_{\text{huile}} = 0,910 \text{ g.cm}^{-3}$.

On suppose que la force de frottement s'exprime sous la forme $\vec{f} = -k \times \vec{v}_G$ où \vec{v}_G est la vitesse du centre d'inertie de la balle. On appellera v_G la composante de la vitesse suivant l'axe Oz.

1.1. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à la balle en chute libre verticale dans l'huile, puis les représenter sur un schéma.

1.2. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'équation différentielle du mouvement de la balle dans le référentiel du laboratoire.

1.3. Montrer que $\frac{dv_G}{dt}$ peut se mettre sous la forme : $\frac{dv_G}{dt} = A - B \times v_G$

avec $A = g \times (1 - \frac{\rho_{\text{huile}} \times V}{m})$ et $B = \frac{k}{m}$.

1.4. Vérifier que la constante $A = 1,27 \text{ S.I.}$ en précisant son unité. On donne la valeur du champ de pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

1.5. Le mouvement de chute de la balle présente deux régimes visibles sur la représentation graphique $v_G = f(t)$ donnée en annexe 1.

1.5.1. Séparer, sur le graphe en annexe 1, par un axe vertical les domaines des deux régimes. On précisera le domaine du régime permanent et le domaine du régime transitoire du mouvement de la balle.

1.5.2. Relever la valeur de la vitesse limite v_{lim} sur la représentation graphique $v_G = f(t)$.

1.5.3. Que vaut l'accélération de la balle quand celle-ci atteint la vitesse limite ?

1.6. Connaissant la constante A donnée en 1.4. et la constante $B = 7,5 \text{ s}^{-1}$, la méthode d'Euler permet d'estimer par le calcul la valeur de la vitesse de la balle en fonction du temps en utilisant les deux relations :

$$\frac{dv_G(t_i)}{dt} = A - B \times v_G(t_i)$$

$$v_G(t_{i+1}) = v_G(t_i) + \frac{dv_G(t_i)}{dt} \times \Delta t \quad \text{où } \Delta t \text{ est le pas d'itération.}$$

Nous obtenons le tableau de valeurs suivant :

t (s)	0	0,080	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56
$\frac{dv_G}{dt}$ (m.s ⁻²)	?	0,51	0,20	?	0,03	0,02	0,00	0,00
v_G (m.s ⁻¹)	0	0,102	0,143	?	0,165	0,167	0,169	0,169

1.6.1. Quel est le pas d'itération de la méthode d'Euler proposée ?

1.6.2. Que vaut l'accélération à l'instant $t = 0$ s ?

En utilisant la méthode d'Euler :

1.6.3. Calculer la valeur de la vitesse à l'instant $t = 0,24$ s.

1.6.4. En déduire la valeur de l'accélération à l'instant $t = 0,24$ s.

1.7. Placer sur la représentation $v_G = f(t)$ de l'**annexe 1** les valeurs des vitesses obtenues par la méthode d'Euler et tracer la courbe passant par ces points.

1.8. Sur quel paramètre peut-on agir pour améliorer la résolution de l'équation différentielle par la méthode d'Euler ?

En comparant la courbe obtenue par la méthode d'Euler et les points expérimentaux, la modélisation de la force de frottement de l'huile sur la balle $\vec{f} = -k \times \vec{v}_G$ est-elle valide ? Justifier votre réponse.

2. Détermination de la viscosité de l'huile moteur

Pour des vitesses faibles, la formule de Stokes permet de modéliser la force de frottement fluide \vec{f} agissant sur un corps sphérique en fonction de la viscosité η de l'huile, du rayon de la balle R et de la vitesse de déplacement \vec{v}_G de la balle telle que :

$$\vec{f} = -6 \pi \eta R \vec{v}_G \quad \text{avec } \eta \text{ en Pa.s, } R \text{ en m et } v_G \text{ en m.s}^{-1}.$$

2.1. En vous aidant de l'expression de B donnée à la question 1.3 et de l'hypothèse $\vec{f} = -k \times \vec{v}_G$, exprimer la viscosité η en fonction de B , m et R .

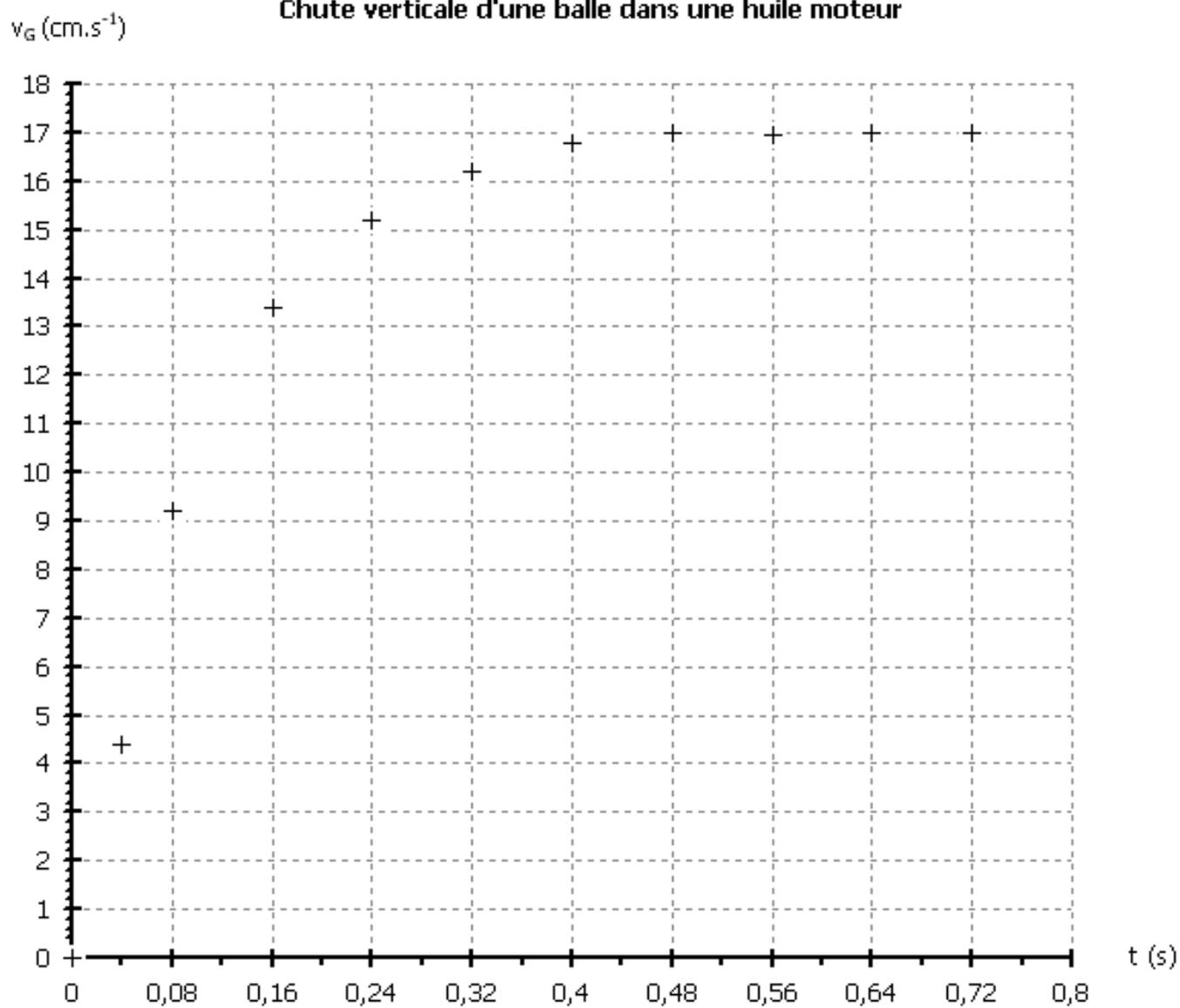
2.2. Calculer la viscosité η de l'huile étudiée.

2.3. À l'aide des valeurs de viscosité données ci-dessous, identifier l'huile de moteur étudiée.

	Huile moteur à 20°C		
	SAE 10	SAE 30	SAE 50
η (Pa.s)	0,088	0,290	0,700

ANNEXE 1

Chute verticale d'une balle dans une huile moteur



EXERCICE II. HYDROLYSE BASIQUE DES ESTERS (6,5 points)

1. Cinétique de la saponification du méthanoate d'éthyle

On étudie la cinétique de la réaction d'hydrolyse basique d'un ester, le méthanoate d'éthyle par la mesure de la conductance du mélange de méthanoate d'éthyle et de solution d'hydroxyde de sodium NaOH (ou soude) en fonction du temps.

Protocole expérimental :

On verse dans un becher une solution d'hydroxyde de sodium (ou soude) de concentration $C_0 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

On plonge la cellule conductimétrique dans la solution et on met en marche l'agitation.

On mesure la conductance initiale G_0 à un instant que l'on désigne par t_0 .

On ajoute alors rapidement le méthanoate d'éthyle, en quantité égale à celle de la soude initiale.

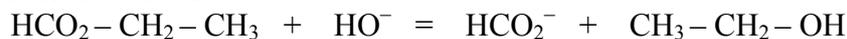
On mesure la conductance de la solution en fonction du temps. Les mesures sont reportées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Mesures des conductances et calculs de l'avancement en fonction du temps :

t (min)	0	3	6	9	12	15	45	Fin de réaction
G (mS)	?	2,16	1,97	1,84	1,75	1,68	1,20	1,05
Avancement x (mmol)	0	0,46	0,72	0,90	1,00	1,10	1,70	2,00

Données :

L'équation de la réaction étudiée est :



À un instant t la conductance du mélange est donnée par la relation :

$$G_t = k \times (\lambda_{\text{Na}^+} \times [\text{Na}^+] + \lambda_{\text{HO}^-} \times [\text{HO}^-] + \lambda_{\text{HCO}_2^-} \times [\text{HCO}_2^-])$$

avec k la constante de cellule, $k = \frac{S}{l} = 0,01 \text{ m}$ et λ la conductivité molaire ionique.

Les conductivités molaires ioniques de quelques ions à 25°C sont données dans le tableau ci-dessous :

ion	Na ⁺ _(aq)	HO ⁻ _(aq)	HCO ₂ ⁻ _(aq)
en S.m ² .mol ⁻¹	5,01.10 ⁻³	19,9.10 ⁻³	5,46.10 ⁻³

Remarques :

Le volume de méthanoate d'éthyle est négligeable devant le volume V d'hydroxyde de sodium.

Le volume du mélange est égal à 200 cm³ et la concentration $C_0 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

La solution d'hydroxyde de sodium étant nettement basique on négligera la présence des ions H₃O⁺ devant les autres ions du mélange réactionnel.

Questions :

Soient n_0 la quantité de matière initiale d'ions hydroxyde et d'ions sodium et n_0 la quantité de matière initiale de méthanoate d'éthyle.

1.1. On considère la solution d'hydroxyde de sodium de volume V à l'instant t_0 .

1.1.1. Donner la concentration des ions dans cette solution à cet instant.

1.1.2. Montrer que la conductance G_0 peut s'écrire : $G_0 = \frac{k}{V} \cdot n_0 \cdot (\lambda_{Na^+} + \lambda_{HO^-})$ (1)

1.1.3. En utilisant les unités conventionnelles du Système International, calculer la valeur de G_0 .

1.2. On note x , l'avancement de la réaction à un instant t . Compléter le tableau d'avancement qui figure sur l'annexe 2 en indiquant les quantités de matière en fonction de x . **L'annexe 2 est à rendre avec la copie.**

1.3. On étudie la conductance de la solution en fonction du temps.

1.3.1. Montrer que la conductance du mélange à un instant t en fonction des quantités de matière initiales et de l'avancement x peut s'écrire :

$$G_t = \frac{k}{V} [\lambda_{Na^+} \cdot n_0 + \lambda_{HO^-} \cdot (n_0 - x) + \lambda_{HCO_2^-} \cdot x] \quad (2)$$

On veut montrer que la mesure de la conductance G_t permet de connaître l'avancement x en établissant une relation simple entre G_t et x .

1.3.2. Simplifier l'expression (2) pour montrer qu'on peut écrire G_t sous la forme $G_t = a \cdot x + b$ (3), a et b étant des constantes qui contiennent les conductivités molaires ioniques et les quantités de matière initiales n_0 .

1.3.3. À quelle grandeur correspond le coefficient b ? Quel est le signe de la constante a ?

1.3.4. Quelle serait l'allure de la représentation graphique G_t en fonction de x (relation (3)) ?

1.4. La relation (3) a permis de calculer les valeurs de l'avancement x qui sont indiquées dans le tableau 1 précédent.

1.4.1. Tracer la courbe donnant les variations de x en fonction du temps.

On prendra comme échelle en abscisse 1 cm pour 3 min et en ordonnée 1 cm pour 0,20 mmol.

1.4.2. Donner la définition de la vitesse volumique de la réaction et préciser comment on la déterminerait à un instant t .

1.4.3. Comment varie la vitesse de la réaction étudiée ?

1.4.4. Définir le temps de demi-réaction. Évaluer graphiquement ce temps.

2. Quelques réactions de saponification

L'hydrolyse basique des esters est utilisée dans l'industrie pour préparer des alcools à partir des substances naturelles. Elle connaît aussi des applications dans le domaine médical mais la principale reste toutefois la fabrication des savons.

Le palmitate d'hexadécyle est le principal constituant du blanc de baleine (cire animale). Berthelot préparait l'alcool cétylique (hexadécanol) par saponification du blanc de baleine. Au cours de cette réaction, il se forme aussi le palmitate de sodium de formule $CH_3-(CH_2)_{14}-COONa$.

Certains fils de suture utilisés en chirurgie sont des polyesters de l'acide lactique. Leur hydrolyse dans l'organisme permet de les résorber sans danger car l'hydrolyse redonne l'acide lactique $CH_3-CH(OH)-CO_2H$.

Questions :

2.1. Reconnaître et nommer dans chacun des composés ci-dessous les fonctions organiques.

hexadécanol	acide lactique	palmitate d'hexadécyle
$C_{15}H_{31}CH_2OH$	$CH_3-CH(OH)-CO_2H$	$CH_3-(CH_2)_{14}-COO-(CH_2)_{15}-CH_3$

2.2. On réalise la réaction de saponification du palmitate d'hexadécyle.

2.2.1. Montrer que la réaction conduit à la formation du palmitate de sodium : $CH_3-(CH_2)_{14}-COONa$.

2.2.2. Définir les termes hydrophile et hydrophobe. Indiquer les parties hydrophile et hydrophobe dans la formule de l'ion $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COO}^-$

ANNEXE 2 à rendre avec la copie

Tableau 2 : Tableau d'avancement

équation chimique		$\text{H}-\text{CO}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{HO}^- = \text{HCO}_2^- + \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	n_0	n_0	0	0
État intermédiaire	x				

EXERCICE III. REALISATION ARTISANALE D'UN DIAPASON ELECTRONIQUE

(4 points)

Un groupe d'élèves musiciens souhaite réaliser un diapason électronique capable d'émettre des sons purs, en particulier la note la_3 (note la du troisième octave). Cette note sert de référence aux musiciens pour accorder leurs instruments.

Un son pur est une onde acoustique sinusoïdale de fréquence donnée. Il peut être obtenu par excitation d'un haut-parleur à l'aide d'une tension électrique sinusoïdale de même fréquence.

Le circuit électrique qui permet d'obtenir une tension sinusoïdale est constitué d'une bobine, d'un condensateur et d'une résistance (voir **annexe 3**). **L'annexe est à rendre avec la copie.**

Les élèves vont réaliser les différentes étapes du circuit oscillant permettant d'émettre les sons de la gamme tempérée (gamme musicale élaborée par J.S. Bach et couramment utilisée en Occident).

Ils étudieront :

- dans un premier temps, la charge du condensateur.
- dans un deuxième temps, l'établissement des oscillations électriques.
- dans un troisième temps, l'influence des paramètres du circuit leur permettant d'obtenir la note souhaitée.

DOCUMENT : octave 3 de la gamme tempérée

Note	do	ré	mi	fa	sol	la	si
Fréquence (en Hz)	262	294	330	349	392	440	494

1. Charge du condensateur

Le condensateur étant initialement déchargé, l'interrupteur K est basculé en position 1, à l'instant $t = 0$. Le sens positif de circulation du courant est indiqué sur le schéma de l'**annexe 3**. On visualise la charge du condensateur, à l'aide d'un oscilloscope à mémoire.

1.1. Représenter, sur le schéma de l'**annexe 3**, la tension u aux bornes du condensateur par une flèche correctement orientée, en respectant la convention récepteur.

1.2. Ajouter, sur le schéma précédent, les connexions à l'oscilloscope permettant de visualiser à la fois :

- sur la voie 1 : la tension E positive, aux bornes du générateur.
- sur la voie 2 : la tension u , en convention récepteur, aux bornes du condensateur.

1.3. Soient A et B , les armatures du condensateur. Donner la relation entre la charge q_A de l'armature A , l'intensité i et le temps t .

1.4. Donner la relation entre la charge q_A , la tension u et la capacité C .

1.5. En vous aidant des réponses aux questions 1.3 et 1.4 et en appliquant la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension u aux bornes du condensateur, lors de sa charge.

1.6. Vérifier que la solution suivante : $u = E \times (1 - e^{-\frac{t}{R.C}})$ est solution de l'équation différentielle établie précédemment.

1.7. Constante de temps τ

1.7.1. Rappeler l'expression de la constante de temps τ de ce circuit, en fonction de R et de C .

1.7.2. Vérifier que la constante τ est homogène à une durée, en utilisant l'équation différentielle précédemment établie ou sa solution présentée à la question 1.6.

1.7.3. Déterminer graphiquement la valeur de τ sur l'**annexe 4** (à rendre avec la copie), en justifiant la méthode employée.

1.7.4. Au bout de combien de temps, exprimé en fonction de τ , considère-t-on le condensateur totalement chargé ?

2. Réalisation d'oscillations électriques

Le condensateur C est à présent chargé sous la tension E du générateur ; on bascule l'interrupteur K en position 2. Cet instant est choisi comme nouvelle origine des temps.

2.1. La tension u aux bornes du condensateur évolue en fonction du temps de la manière présentée en **annexe 5**.

2.1.1. Les oscillations électriques observées sont amorties. Quel est le dipôle responsable de cet amortissement ?

2.1.2. Qualifier ce régime d'oscillations par un terme approprié.

2.2. Sur la courbe $u = f(t)$ présentée en **annexe 5**, sont notés deux points C et D. Comment appelle-t-on la durée écoulée entre ces deux points ? Évaluer graphiquement cette valeur.

2.3. Les élèves pensent que le circuit ainsi réalisé n'est pas utilisable. Indiquer la raison qui leur permet de faire cette constatation.

3. Entretien des oscillations

En feuilletant leur manuel de physique, les élèves constatent qu'il est possible de rajouter au circuit précédent, un dispositif qui entretient les oscillations.

3.1. Expliquer, en une phrase, le rôle de ce dispositif, d'un point de vue énergétique.

3.2. Sachant que les paramètres du circuit précédent n'ont pas été modifiés, représenter, sur l'**annexe 6 (à rendre avec la copie)**, la courbe $u = f(t)$ obtenue après entretien des oscillations.

3.3. Rappeler l'expression de la période propre T_0 du circuit oscillant. Calculer sa valeur, sachant que le condensateur a une capacité $C = 1,0 \mu\text{F}$ et que l'inductance L de la bobine vaut ici $0,100 \text{ H}$.

3.4. En déduire la fréquence f_0 de la tension obtenue.

3.5. *Le circuit oscillant est relié à un haut-parleur convertissant cette onde électrique en onde sonore de fréquence f_0 . Les élèves souhaitent accorder leurs instruments en émettant la note la_3 à l'aide du circuit précédent.*

3.5.1. La fréquence précédemment obtenue est-elle un son de l'octave 3 de la gamme ?

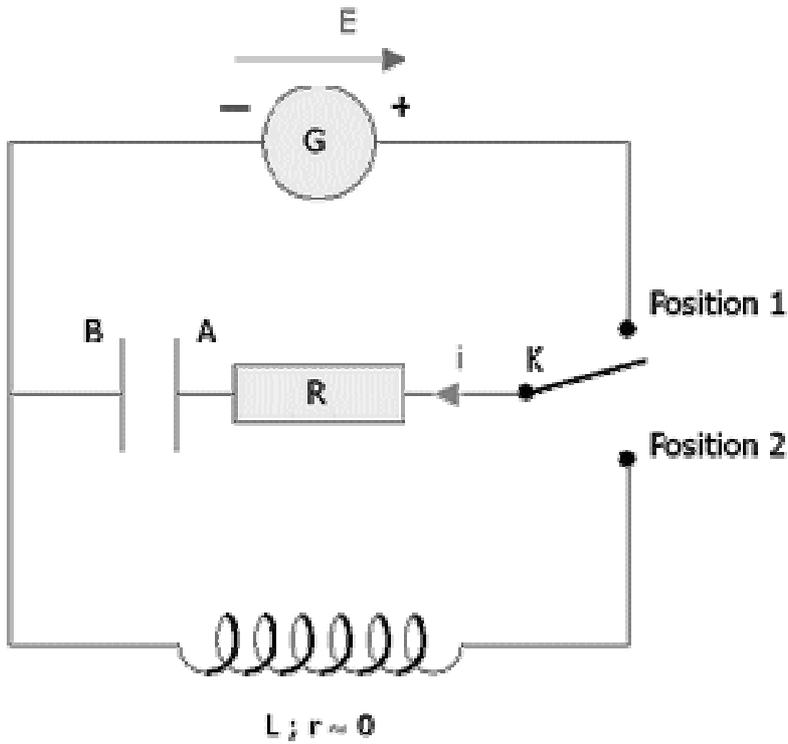
3.5.2. Quels paramètres peut-on changer pour modifier la valeur de la fréquence émise ?

3.5.3. Sachant que les élèves ne disposent pas d'autre condensateur que celui du circuit initial, calculer la valeur de l'autre paramètre qui permettra d'obtenir la note la_3 .

3.5.4. On règle à présent ce paramètre sur 232 mH ; déterminer la nature de la note alors émise par le diapason.

ANNEXES

ANNEXE 3 : à rendre avec la copie :



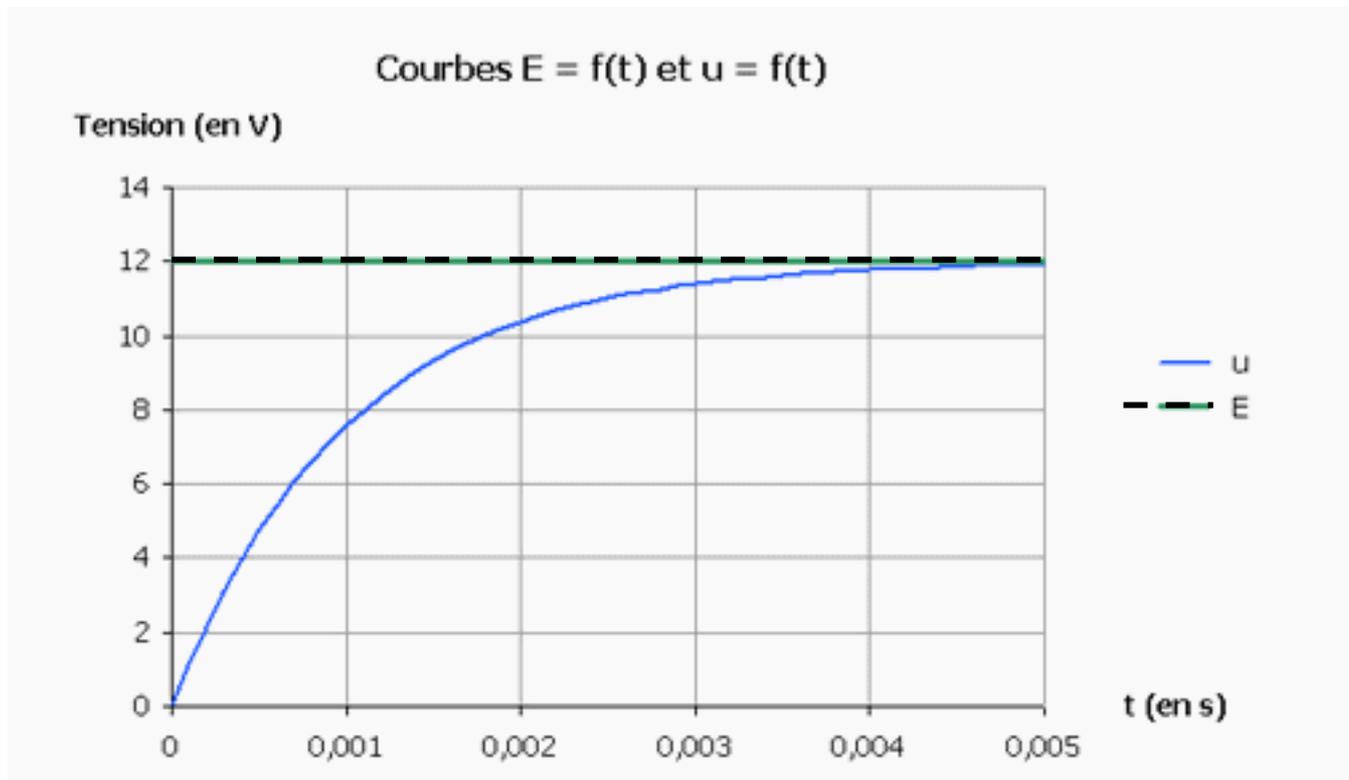
G : Générateur de tension constante
 $E = 12 \text{ V}$

R : Résistance du conducteur ohmique
 $R = 1000 \Omega$

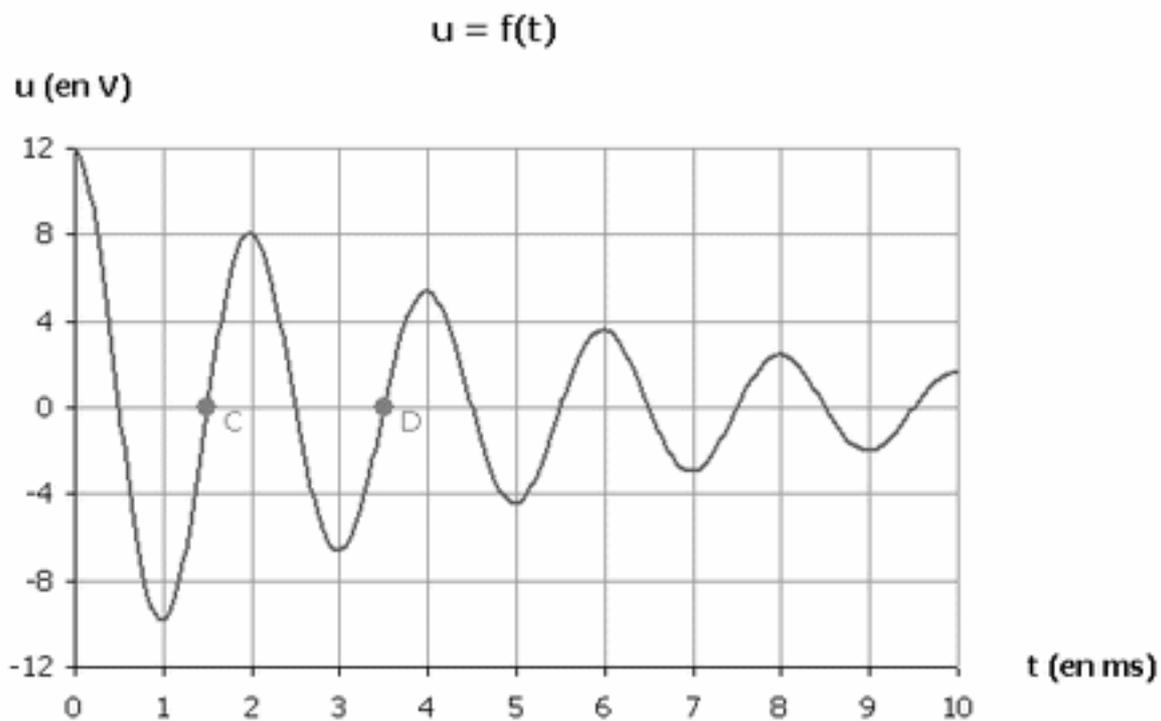
C : Capacité du condensateur
 $C = 1,0 \mu\text{F}$

L : Inductance réglable de la bobine
 (résistance r négligeable)

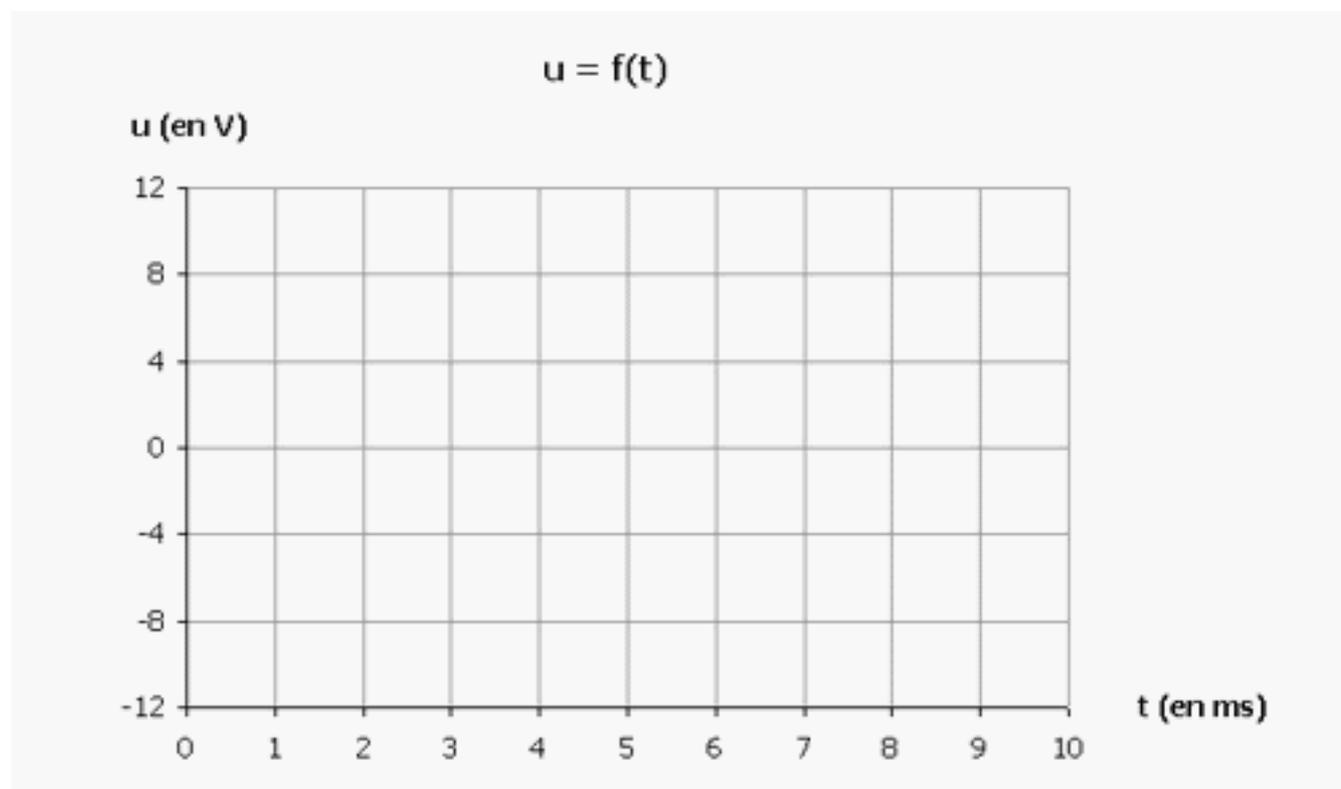
ANNEXE 4 : à rendre avec la copie :



ANNEXE 5 : à rendre avec la copie :



ANNEXE 6 : à rendre avec la copie :



BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

ÉPREUVE : **PHYSIQUE-CHIMIE** – Série S

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

ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE

L'USAGE DE LA CALCULATRICE EST AUTORISÉ

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE et deux exercices de CHIMIE présentés sur 6 pages numérotées de 1/6 à 6/6, y compris celle-ci.

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

- | | |
|---|--------------|
| I. Voyager en se repérant : le GPS et les horloges. | (9,5 points) |
| II. Oxydo-réduction | (2,5 points) |
| III. Estérification . | (4 points) |

I – VOYAGER EN SE REPERANT : LE GPS ET LES HORLOGES (9,5 points)

Les trois parties de l'exercice sont indépendantes.

De nombreuses activités humaines demandent un repérage précis (latitude, longitude, altitude) sur le globe terrestre ou dans son voisinage.

Actuellement, le Global Positioning System (GPS) a supplanté toutes les autres technologies permettant de repérer sur le globe terrestre, avec une précision voisine de 20 m, un mobile équipé d'un récepteur.

Les différentes parties du problème portent sur les satellites et la mesure du temps. Elles s'appuient sur un texte paru dans la revue « La Recherche » dont les extraits sont donnés en caractères italiques.

1. Les satellites

« En avion, en voiture, en bateau, à pied, en montagne, dans le désert, par beau temps ou au milieu d'une tempête, le GPS donne tout à la fois la position géographique, l'altitude et l'heure exacte.

Principe : au lieu d'utiliser des repères terrestres ou de suivre les étoiles, l'utilisateur, muni d'un récepteur, mesure la distance entre lui-même et au moins 4 des 24 satellites de la constellation Navstar. Le récepteur convertit ces distances pour retrouver la latitude, la longitude et l'altitude.

Répartis sur six orbites circulaires inclinées de 55° par rapport à l'Équateur, ces satellites évoluent à une altitude de 20 180 kilomètres. Avec une vitesse proche de $14\,000\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, ils accomplissent un tour du monde en 12 heures. Leur configuration mouvante a été calculée pour qu'au moins quatre d'entre eux soient toujours en vue (99,9 % du temps) depuis n'importe quel endroit de la planète. »

On rappelle que l'orbite des satellites est circulaire.

Données :

Intensité de la pesanteur : $g = 9,80\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$;

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

Rayon de la Terre : $R_T = 6\,380\text{ km}$;

Constante de la gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11}\text{ N}\cdot\text{kg}^{-2}\cdot\text{m}^2$.

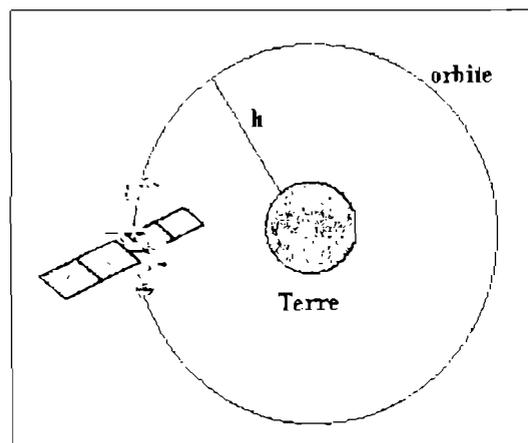
1.1 Quelle est l'expression vectorielle de l'accélération \vec{a}_G d'un satellite en fonction des données de l'énoncé ?

Montrer que ce mouvement circulaire est uniforme.

1.2 Quelle est l'expression de sa vitesse en fonction de G , R_T , M_T , h dans un référentiel géocentrique ? (h est l'altitude du satellite).

1.3 Vérifier que la vitesse des satellites sur leur orbite et la période T de rotation, données dans le texte, sont compatibles avec l'altitude.

1.4 Un tel satellite est-il géostationnaire ? Justifier.



2. Les ondes

« Toutes les millisecondes, les satellites émettent des signaux codés sous forme d'ondes radio émises sur deux fréquences différentes (1.6 et 1.2 GHz) et dont la réception au sol va permettre de calculer la position. Un certain nombre de facteurs limite encore, et de façon systématique, la précision du GPS. Par exemple, puisque le signal GPS n'est émis que toutes les millisecondes, un récepteur mobile verra chuter la précision de ces mesures d'autant plus qu'il se déplace vite. Autre difficulté, nuisant à l'exactitude : les ondes ne se propagent pas à une vitesse constante dans la partie la plus haute de l'atmosphère, car celle-ci n'est pas homogène. Citons enfin la position géographique des quatre satellites utilisés par le récepteur : la mesure a d'autant plus de chances d'être faussée que les satellites visibles sont près de l'horizon. En effet, les signaux traversent alors une couche plus épaisse d'une atmosphère parfois non homogène. Tous ces éléments font que les récepteurs vendus aujourd'hui dans le commerce affichent une erreur standard de l'ordre de 20 mètres.

Plus complexes encore, les récepteurs géodésiques (donnant une précision de l'ordre du centimètre) corrigent eux-mêmes les erreurs dues aux variations de la vitesse des ondes dans la partie la plus haute de l'atmosphère. Pour cela, ils enregistrent les deux signaux ... que chaque satellite émet simultanément... Ces deux signaux se propagent à des vitesses légèrement différentes. »

Les ondes radio sont des ondes électromagnétiques comme les ondes lumineuses et se propagent à une célérité $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ dans le vide.

2.1 Dans cette question, on négligera les perturbations introduites par l'atmosphère sur la durée du trajet des ondes.

2.1.1 Calculer les longueurs d'ondes dans le vide des ondes émises par les satellites.

2.1.2 Quelle est la durée t mise par le signal pour aller du satellite S au récepteur R si le satellite est situé à la verticale de R à l'altitude de 20 180 km ?

2.1.3 Pour une mesure unique, l'erreur sur la distance verticale est de 20 m en standard. Calculer (en nanosecondes) l'erreur Δt sur la durée de propagation du signal. Comparer t et Δt et commenter.

2.1.4 Pour une série de N mesures, les lois de la statistique montrent que l'erreur est divisée par un facteur \sqrt{N} .

Calculer N pour que l'erreur passe de 20 m à 20 cm.

Le signal GPS étant émis toutes les millisecondes, calculer la durée nécessaire pour effectuer ces N mesures. Discuter l'intérêt d'une telle précision pour un récepteur mobile.

2.2 En fait, entre le récepteur et le satellite le signal traverse les couches successives de l'atmosphère et se propage alors à une célérité différente de c . La fréquence et la longueur d'onde du signal sont-elles modifiées lors de la traversée de l'atmosphère ? Justifier.

2.3 A quel phénomène ondulatoire fait allusion la dernière phrase du texte ?

3. Les horloges

Avant l'invention du GPS, pour connaître leur longitude, les navigateurs comparaient l'heure locale (heure déterminée d'après la position du Soleil ou d'une étoile) et au même moment, l'heure au méridien de Greenwich donnée par une horloge embarquée dans le navire. La précision de la position du navire dépendait de la précision de la mesure de cet écart horaire.

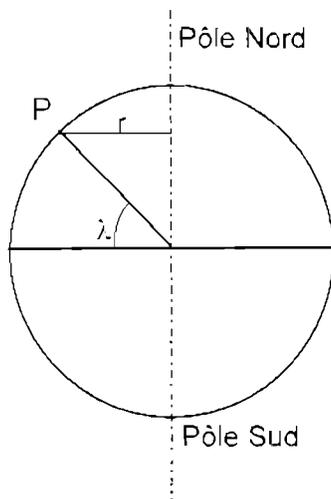
Dans une horloge à balancier, pour une faible amplitude α , la période T vérifie la relation

$$T = T_0 \left(1 + \frac{\alpha^2}{16} \right) \quad \text{avec} \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

où l est la longueur du balancier et g l'intensité du

champ de pesanteur. α est en radian.

- 3.1 Montrer, par analyse dimensionnelle, que $\sqrt{\frac{l}{g}}$ est homogène à une durée.
- 3.2 Quel écart relatif par rapport à T_0 observe-t-on sur la période de ce pendule lorsque l'amplitude est de 4° ?
- 3.3 Une horloge à balancier a une période $T_1 = 2,000$ s en un lieu où l'accélération de la pesanteur vaut $g_1 = 9,810 \text{ N.kg}^{-1}$.
Quelle serait la période T_2 d'une horloge identique de même longueur en un lieu où $g_2 = 9,800 \text{ N.kg}^{-1}$ en conservant la même amplitude ?
- 3.4 Pourquoi une horloge à balancier ne convient-elle pas pour déterminer une longitude ?
- 3.5 En 1764, pour s'affranchir de cet inconvénient, John Harrison parvint à fabriquer une horloge utilisant un ressort spiral, qui après un voyage aller et retour entre Plymouth et La Barbade ne dériva pas de plus de 15 s en 156 jours.
Calculer la précision de cette horloge.
- 3.6 A quelle distance en kilomètres, calculée sur le parallèle de Plymouth, correspondent les 15 s de dérive observées lors du voyage de John Harrison ? La latitude de Plymouth est de 50° nord.
On rappelle que la latitude λ d'un point P est l'angle entre le plan de l'équateur et la droite joignant P au centre de la Terre. Un parallèle est un cercle de rayon r à la surface de la Terre. Tous les points de ce cercle sont à la même latitude λ .



EXERCICE II – OXYDO-RÉDUCTION (2,5 points)

Partie 1 : Oxydation directe d'un métal.

On introduit dans un bécher 20 mL d'une solution de sulfate de cuivre (II) à 0.20 mol.L^{-1} et 20 mL d'une solution de sulfate de zinc (II) de même concentration.

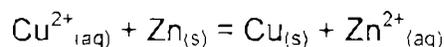
On y plonge alors une lame de zinc et une lame de cuivre.

On observe : - la décoloration de la solution initialement bleue
- un dépôt métallique sur la lame de zinc.

1.1. Écrire une équation de réaction associée à cette transformation.

1.2. Donner l'expression littérale du quotient de réaction $Q_{r,i}$ à l'état initial, puis faire l'application numérique.

1.3. Sachant que la constante d'équilibre K associée à la réaction :



est égale à 10^{37} , montrer que le sens d'évolution prévu en appliquant le critère d'évolution correspond aux observations expérimentales.

Partie 2 : Application aux piles

On construit maintenant une pile cuivre-zinc en reliant, par un pont salin, un bécher contenant 20 mL de la solution de sulfate de cuivre (II) précédente dans laquelle plonge une lame de cuivre à un bécher contenant 20 mL de la solution de sulfate de zinc (II) précédente dans laquelle plonge une lame de zinc.

On réalise un circuit série comprenant cette pile, un conducteur ohmique de résistance 10Ω et un milliampèremètre.

2.1. Quel est le rôle du pont salin ?

2.2. En appliquant le critère d'évolution, déterminer la polarité des électrodes.

2.3. Donner les équations des demi-réactions aux électrodes ainsi que l'équation de la réaction associée à la transformation qui a lieu dans la pile.

2.4. Symboliser cette pile et préciser le sens du courant dans le circuit extérieur.

2.5. La pile en fonctionnement constitue-t-elle un système dans l'état d'équilibre ou hors équilibre ? Justifier la réponse.

EXERCICE III – ESTÉRIFICATION (4 points)

On utilise en parfumerie des esters odorants en particulier le benzoate de méthyle de formule $C_6H_5-COO-CH_3$. On obtient celui-ci par une réaction d'estérification entre l'acide benzoïque et un alcool A en présence d'acide sulfurique.

Données :

Composés	Masse molaire ($g \cdot mol^{-1}$)
Benzoate de méthyle	136
Acide benzoïque	122
Alcool A	32

Constante d'équilibre K associée à cette estérification : $K = 4$.

Les trois parties doivent être traitées dans l'ordre.

Partie 1

- 1.1. Donner le nom de l'alcool A.
Donner la formule semi-développée de l'acide benzoïque.
- 1.2. Écrire l'équation de la réaction d'estérification.

Partie 2 :

Dans le cas d'une estérification qui serait réalisée à partir d'un mélange équimolaire de réactifs (0,20 mol d'alcool A et 0,20 mol d'acide benzoïque) :

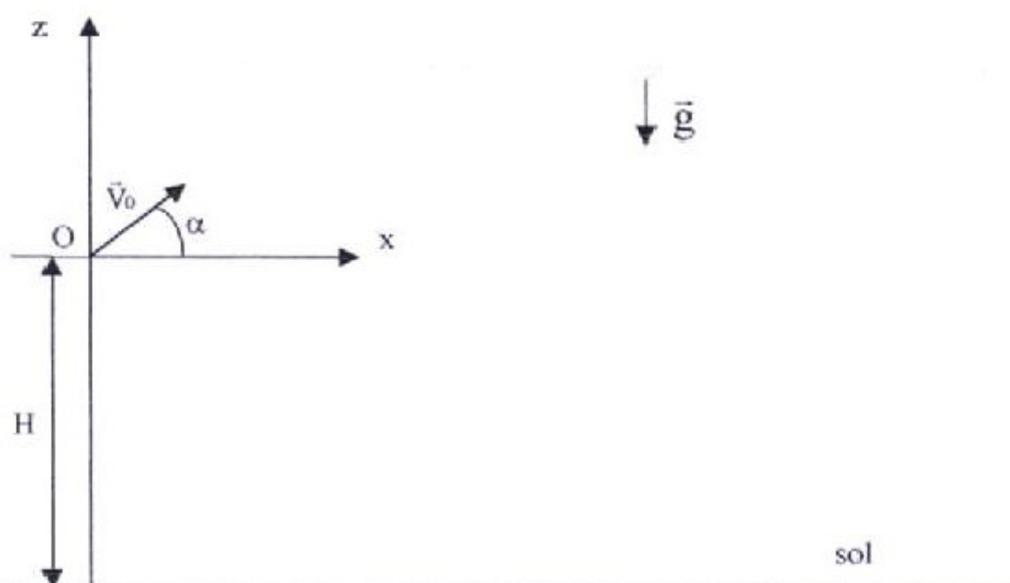
- 2.1. Dresser le tableau d'avancement correspondant à cette transformation chimique.
- 2.2. Écrire l'expression littérale du quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,eq}$, donner sa valeur et en déduire la valeur de l'avancement x_{eq} à l'équilibre.
- 2.3. Exprimer le taux d'avancement final τ de cette réaction puis le calculer.
- 2.4. Déterminer la composition du mélange final.
- 2.5. On réalise un nouveau mélange initial (0,50 mol d'alcool A et 0,20 mol d'acide benzoïque). Calculer la valeur de l'avancement x'_{eq} à l'équilibre. On aura à résoudre une équation du second degré.
- 2.6 En déduire le taux d'avancement final.
Que peut-on conclure de l'influence des proportions initiales des réactifs sur le déplacement de l'équilibre ?

I. MOUVEMENTS PLANS (4 points)

Cet exercice comporte 8 affirmations.

À chaque affirmation, vous répondrez par VRAI ou par FAUX en justifiant votre choix à l'aide de **démonstrations de cours** et de définitions, de calculs, de schémas ou d'analyses dimensionnelles. Toute réponse non justifiée ne rapportera aucun point.

1. On considère un projectile évoluant dans le champ de pesanteur terrestre supposé uniforme. Le projectile de masse m est lancé à la date $t = 0$ s d'un point O , origine du repère $(O x z)$. Le vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 fait un angle α quelconque avec l'horizontale. Le mouvement s'effectue dans le plan vertical contenant les axes Ox et Oz , tel que le champ de pesanteur \vec{g} est parallèle à Oz . On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen. On néglige toute résistance de l'air.



1.1. AFFIRMATION : le vecteur accélération \vec{a}_G du centre d'inertie G du projectile ne dépend pas des conditions initiales.

1.2. AFFIRMATION : le projeté du centre d'inertie G du projectile sur l'axe vertical Oz est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme.

1.3. AFFIRMATION : la trajectoire du centre d'inertie G du projectile est parabolique quelle que soit la valeur de α .

1.4. AFFIRMATION : dans le cas où le projectile est lancé d'une hauteur H au dessus du sol avec une vitesse \vec{V}_0 horizontale, l'abscisse de son point de chute est $x = V_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

On rappelle qu'à $t = 0$ s, le projectile est en O , origine du repère.

II : Du Big Bang aux éléments chimiques (6 points)

Tous les extraits encadrés sont tirés de « L'Univers des étoiles » de L.BOTTINELLI et J.L. BERTHIER.

1. *Remontons l'écoulement du temps jusqu'à l'instant le plus originel de l'histoire universelle. Au début était la lumière ! Inconsistance du monde contenant une incroyable, une fantastique quantité d'énergie. Tout ce que l'univers compte actuellement de galaxies, d'étoiles, de planètes, d'êtres ou d'objets étaient là en germe sous forme d'énergie immatérielle.*

La théorie du Big Bang sans cesse réaffirmée explique que, durant le premier quart d'heure, de ce chaos énergétique très agité sont nées les particules de matière fondamentales : protons, neutrons, électrons...

Après les particules de base, mais bien plus tard, des galaxies prennent forme, puis des étoiles apparaissent dans les galaxies. Par le truchement de la nucléosynthèse, la variété des éléments chimiques voit enfin le jour dans les étoiles...

Ainsi, l'Univers s'est développé transformant son capital initial énergie en capital matière...

1.1. À quelle équivalence fait allusion le texte, en particulier dans la dernière phrase ?

1.2. Donner une relation permettant de définir cette équivalence. Préciser la signification de chaque terme employé dans cette relation ainsi que son unité dans le système international.

2. *La température de l'univers qui diminue au cours du temps, va régler durant le premier quart d'heure la création de tel ou tel type de particule... Mais créer une particule implique nécessairement de créer simultanément son antiparticule, toutes deux de masse identique...*

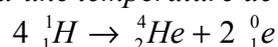
Calculer l'énergie de masse nécessaire à la création de la paire particule-antiparticule positron-électron de masse $2 m_e$. L'exprimer en J, puis en MeV.

On donne : célérité de la lumière : $c=2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 masse du positon = masse de l'électron = $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 l'électron volt : $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

3. *Au bout du premier quart d'heure, lorsque la température a chuté jusqu'à 300 millions de degrés environ, les protons et les neutrons, rescapés de l'annihilation matière-antimatière, s'associent en noyaux légers, essentiellement en noyaux d'hydrogène, de deutérium et d'hélium...*

Donner la composition du noyau de deutérium ${}^2_1\text{H}$

4. *30 millions d'années plus tard, c'est au cœur même des étoiles que la nature va poursuivre son œuvre. Cela commence par la [...] thermonucléaire de l'hydrogène en hélium. Cette transformation occupe l'essentiel de la vie des étoiles et ne nécessite pour ainsi dire, qu'une température de 10 millions de degrés. Son bilan s'écrit :*



4.1. Que représente 0_1e ?

4.2. Dans la deuxième ligne du texte ci-dessus, le nom de la réaction nucléaire mise en jeu a été effacé. Quel est-il ?

4.3. Enoncer les lois de conservation qu'elle vérifie.

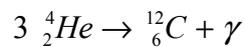
4.4. Calculer la perte de masse lors de cette réaction nucléaire.

On donne : masse d'un noyau d'hydrogène 1 1_1H : $m_H=1,6726 \times 10^{-27}$ kg

masse d'un noyau d'hélium 4 4_2He : $m_{He}=6,6447 \times 10^{-27}$ kg

masse de la particule 0_1e : $m_e=9,11 \times 10^{-31}$ kg

5. *Sur la fin de leur existence (stade de dilatation de l'enveloppe extérieure ou géante rouge), une contraction brutale du cœur des étoiles, accompagnée d'une forte élévation de température (jusqu'à 100 millions de degrés) permet la formation d'éléments plus lourds. Le processus qui conduit au carbone par fusion de l'hélium est appelé triple alpha et son bilan s'écrit :*



Qu'est-ce qu'une particule alpha ? Justifier le nom du processus.

6. *...Seules les étoiles de masse supérieure ou égale à trois masses solaires, atteignant des températures plus élevées, ont le privilège de créer des éléments encore plus lourds. A 800 millions de degrés, le carbone fusionne en magnésium ($Z = 12$), à 1 milliard de degrés, l'oxygène ($Z=8$) fusionne en silicium ($Z = 14$) et à 4 milliards de degrés, le silicium fusionne en fer ($Z = 26$) ...*

On donne : énergie de liaison d'un noyau de carbone 12 ${}^{12}_6C$: $E_l=92,2$ MeV

6.1. Définir l'énergie de liaison.

6.2. Calculer l'énergie moyenne de liaison par nucléon d'un noyau de carbone 12.

Le tableau suivant donne les énergies moyennes de liaison par nucléon de quelques noyaux :

	4_2He	${}^{56}_{26}Fe$	${}^{238}_{92}U$
$\frac{E_l}{A}$ en MeV/nucléon	7,1	8,8	7,6

6.3. Parmi ces trois noyaux, lequel est le plus stable ? Justifier.

6.4. En utilisant la courbe d'Aston donnée en annexe, répondre aux questions suivantes :

6.4.1. Comment évolue la stabilité d'un noyau quand son nombre de nucléons augmente ? Distinguer trois domaines.

6.4.2. Quels sont les deux types de réactions nucléaires qui permettent d'accéder au maximum de stabilité ? Préciser dans quel domaine.

6.4.3. Justifier pourquoi la synthèse des éléments chimiques au cœur des étoiles s'arrête à l'élément fer.

7. ...La synthèse des noyaux plus lourds que le fer se réalise par un processus de capture de neutrons lors de l'explosion finale d'une grosse étoile en supernova. Deux scénarios peuvent se produire :

1^{ère} possibilité : le noyau tout neuf, riche d'un neutron supplémentaire, est stable et peut éventuellement capturer d'autres neutrons.

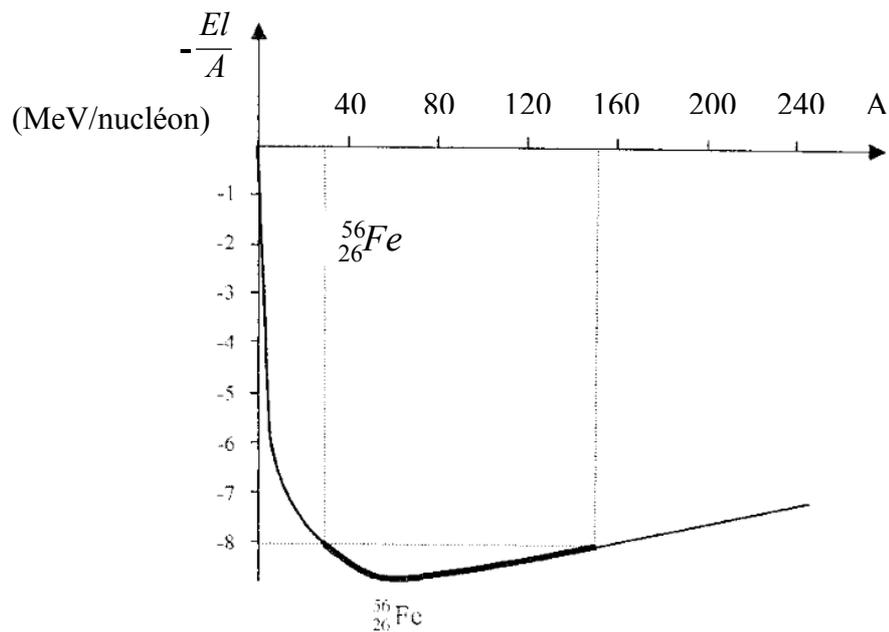
2^{ème} possibilité : le noyau nouvellement créé est instable et subit une désintégration β^- .

7.1. Le premier scénario permet-il de créer des éléments chimiques différents ? Justifier.

7.2. Soit ${}^A_Z X$, le noyau nouvellement créé dans le second scénario et Y, son noyau fils.

Ecrire l'équation générale de sa désintégration en fonction de A et Z.

7.3. Peut-on, a priori, obtenir tous les éléments chimiques de numéro atomique supérieure à Z ? Justifier.



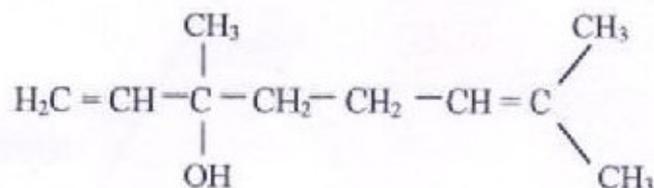
III. PRÉPARATION D'UN SAVON PARFUMÉ À LA LAVANDE (6 points)

Un professeur de chimie propose à ses élèves de terminale S de préparer un savon parfumé à la lavande sur deux séances de travaux pratiques.

1. Séance n°1 : préparation du parfum à odeur de lavande.

Le parfum à odeur de lavande, ou acétate de linalyle, utilisé pour parfumer le savon est une espèce chimique présente dans l'essence naturelle de lavande. Mais il peut aussi être préparé au laboratoire, entre autres par action de l'acide acétique sur le linalol,

À température ordinaire, le linalol se présente sous la forme d'un liquide incolore et odorant, de formule semi-développée :



Données

Nom de l'espèce chimique	Acétate de linalyle	Linalol	Acide acétique	Anhydride acétique
Densité	0,89	0,87	1,05	1,08
Température d'ébullition (sous $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$)	220 °C	199 °C	118 °C	139,5 °C
Masse molaire ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	196	154	60	102

1.1. Recopier la formule semi-développée du linalol et entourer le groupe caractéristique de la fonction alcool.

1.2. À quelle famille chimique l'acétate de linalyle appartient-il ?

1.3. En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de la réaction correspondant à la préparation de l'acétate de linalyle. Quelles sont les caractéristiques de cette réaction ?

1.4. On utilise un mélange équimolaire de linalol et d'acide acétique en présence d'acide para-toluène sulfonique qui joue le rôle de catalyseur.

1.4.1. Qu'est-ce qu'un catalyseur ?

1.4.2. On donne la valeur de la constante d'équilibre de la réaction :

$$K = 3 \cdot 10^{-3}$$

Écrire l'expression du quotient de réaction à l'état initial Q_{r} de la transformation. Justifier le sens d'évolution du système.

1.5. On utilise le montage représenté à la figure 1 ci-contre.

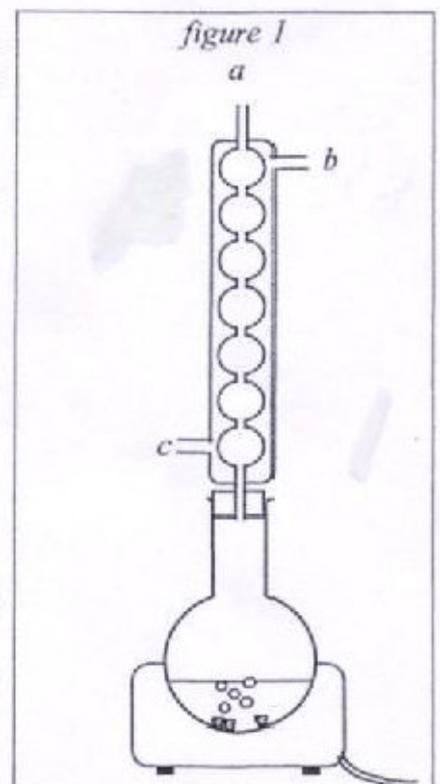
1.5.1. Comment s'appelle le montage de la figure 1 ?

Quel est son rôle ?

1.5.2. Indiquer le sens de circulation de l'eau en utilisant deux des lettres a, b et c.

1.5.3. Quelles espèces sont présentes dans le ballon lorsque le système chimique n'évolue plus ?

1.6. Une fois la transformation terminée, après refroidissement, on garde le ballon et son contenu et on change la partie supérieure du montage qui devient alors celui de la figure 2 ci-après.



1.6.1. Comment s'appelle le montage de la figure 2 ?

Quel est son rôle ?

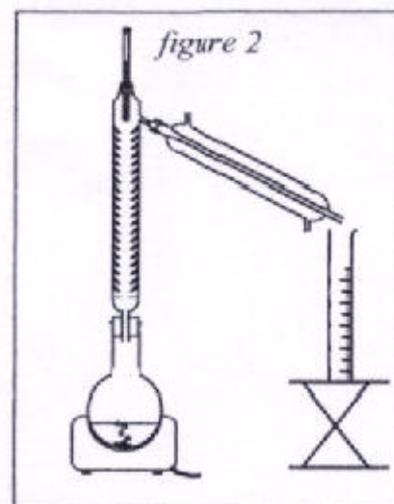
1.6.2. À partir de 40 mL de linalol, on récupère 2,5 mL d'acétate de linalyle.

Calculer le rendement de la synthèse.

1.7. Le rendement dans ces conditions expérimentales est mauvais. D'autre part, le linalol est un produit très coûteux.

1.7.1. Que proposeriez-vous pour améliorer le rendement, sans changer la nature des réactifs ?

1.7.2. Que proposeriez-vous pour améliorer le rendement, en changeant l'un des réactifs ?



2. Séance n°2 : préparation du savon.

Les savons durs sont des carboxylates de sodium que nous représenterons par la formule générale $RCOONa$ où R est une chaîne carbonée linéaire comportant de 10 à 20 atomes de carbone. Ils sont préparés par action de la soude (solution aqueuse d'hydroxyde de sodium) sur les corps gras qui sont des triesters du glycérol.

Le glycérol a pour formule semi-développée $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$.

2.1. Écrire la formule semi-développée générale d'un corps gras.

2.2. En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de la réaction entre un corps gras et la soude.

2.3. Quelles sont les caractéristiques de cette réaction ?

On prépare ce savon à partir d'huile d'olive, corps gras qui est principalement composé d'oléine.

Résumé du mode opératoire :

Après un chauffage à reflux des réactifs pendant 30 minutes, en présence d'éthanol qui permet d'homogénéiser le mélange, on refroidit le ballon puis on verse le mélange dans une solution saturée de chlorure de sodium. Après quelques instants, le savon précipite en surface. On le filtre sous vide, on le rince à l'eau froide et on le sèche.

Données :

Nom de l'espèce chimique	Oléine	Oléate de sodium
Solubilité dans l'eau	très faible	faible
Solubilité dans l'eau salée saturée	très faible	très faible
Solubilité dans l'éthanol	très grande	très faible

L'eau, l'éthanol et le glycérol sont miscibles en toutes proportions.

2.4. À l'aide du tableau, expliquer pourquoi on utilise de l'eau salée.

3. Phase finale.

Dans un bécher, les élèves mélangent le savon fraîchement préparé avec l'acétate de linalyle puis ils ajoutent 3 gouttes de jaune d'alizarine "G" qui est un indicateur coloré acido-basique. On obtient une couleur mauve rappelant celle de la lavande. Les élèves déposent le mélange dans un petit moule en papier confectionné pour l'occasion et laissent sécher. Une semaine plus tard, le mini savon est démoulé et les élèves constatent le réalisme du savon obtenu : odeur, couleur, propriétés détergentes.

Pourtant le professeur déconseille fortement aux élèves de se servir de ce savon pour se laver.

Pourquoi une telle réaction du professeur après une réalisation de longue haleine menée avec enthousiasme par les élèves ?

Donnée :

zone de virage et teintes du jaune d'alizarine G : $\xrightarrow{\text{jaune } 10,0 \quad 12,0 \quad \text{mauve } \text{pH}}$

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

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

Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

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

- I. Deux isotopes de l'iode pour étudier la thyroïde (4 points)
- II. État final d'un système chimique : étude par spectrophotométrie et titrage (6,5 points)
- III. Le lancer du poids aux championnats du monde 2003 (5,5 points)

EXERCICE I. DEUX ISOTOPES DE L'IODE POUR ÉTUDIER LA THYROÏDE
(4 points)

La glande thyroïde produit des hormones essentielles à différentes fonctions de l'organisme à partir de l'iode alimentaire. Pour vérifier la forme ou le fonctionnement de cette glande, on procède à une scintigraphie thyroïdienne en utilisant les isotopes $^{131}_{53}\text{I}$ ou $^{123}_{53}\text{I}$ de l'iode.

Pour cette scintigraphie, un patient ingère une masse $m = 1,00 \mu\text{g}$ de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$.

Données :

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

Masse molaire atomique de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$: $M = 131 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Donner la composition du noyau de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$.
2. Montrer que le nombre d'atomes radioactifs (donc de noyaux radioactifs) initialement présents dans la dose ingérée est égal à $4,60 \times 10^{15}$ atomes.

Ce nombre sera noté N_0 pour la suite de l'exercice.

L'instant de l'ingestion est pris pour origine des dates ($t = 0 \text{ s}$).

3. L'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ est radioactif β^- .

Après avoir précisé les lois de conservation utilisées, écrire l'équation de sa désintégration.

On admettra que le noyau fils n'est pas produit dans un état excité.

Données :

Quelques symboles d'éléments chimiques:

antimoine	tellure	iode	xénon	césium
$_{51}\text{Sb}$	$_{52}\text{Te}$	$_{53}\text{I}$	$_{54}\text{Xe}$	$_{55}\text{Cs}$

4. La demi-vie de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ vaut 8,0 jours.
 - 4.1. Rappeler la loi de décroissance radioactive en faisant intervenir N_0 et la constante radioactive λ .
 - 4.2. Demi-vie d'un échantillon radioactif.
 - 4.2.1. Définir la demi-vie ($t_{1/2}$) d'un échantillon radioactif.
 - 4.2.2. En déduire la relation $\ln 2 = \lambda \cdot t_{1/2}$.
 - 4.3. Tracer sur l'ANNEXE PAGE A2 À RENDRE AVEC LA COPIE l'allure de la courbe correspondant à l'évolution au cours du temps du nombre de noyaux radioactifs dans l'échantillon, en justifiant le raisonnement utilisé. On placera correctement les points correspondant aux instants de dates $t_{1/2}$, $2 t_{1/2}$ et $3 t_{1/2}$.

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

5.1. À partir de la loi de décroissance radioactive montrer que l'activité de l'échantillon $^{131}_{53}\text{I}$ à l'instant de date t est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs à cet instant.

5.2. En déduire l'expression littérale de l'activité A_0 de l'échantillon à l'origine des dates, en fonction de N_0 et de $t_{1/2}$. Calculer sa valeur numérique, exprimée dans le système international.

5.3. Calculer, dans le système international, l'activité A de l'échantillon d'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ à l'instant de l'examen, sachant qu'en général l'examen est pratiqué quatre heures après l'ingestion de l'iode radioactif $^{131}_{53}\text{I}$.

5.4. En déduire la perte relative d'activité $\frac{|\Delta A|}{A_0} = \frac{|A(t) - A_0|}{A_0}$ entre les deux instants évoqués. Cette perte sera calculée et exprimée en pourcentage.

6. La demi-vie de l'isotope $^{123}_{53}\text{I}$ de l'iode est 13,2 heures.

On considère maintenant que le patient ingère une quantité d'isotope $^{123}_{53}\text{I}$ telle que l'activité initiale de cet isotope soit la même que celle de l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ trouvé à la question 5.2.

L'activité A (valeur calculée à la question 5.3.) sera-t-elle atteinte après une durée identique, plus petite ou plus grande qu'avec l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$ de l'iode ? Justifier. Une méthode graphique peut être utilisée.

EXERCICE II. ÉTAT FINAL D'UN SYSTÈME CHIMIQUE : ÉTUDE PAR SPECTROPHOTOMÉTRIE ET TITRAGE (6,5 POINTS)

Les ions iodure (I^-) réagissent avec les ions peroxydisulfate ($S_2O_8^{2-}$).

L'équation associée à la réaction s'écrit : $2 I^-(aq) + S_2O_8^{2-}(aq) = I_2(aq) + 2 SO_4^{2-}(aq)$ (1)

En présence d'ions iodure, le diiode se transforme en ion triiodure (I_3^-) de couleur brune. Pour simplifier l'écriture, on raisonnera à partir de l'équation (1) sans tenir compte de la formation des ions triiodure.

À un instant pris pour origine des dates ($t = 0$ min), on réalise un mélange réactionnel S à partir d'un volume $V_1 = 10,0$ mL de solution aqueuse d'iodure de potassium ($K^+(aq) + I^-(aq)$) de concentration molaire en soluté apporté $c_1 = 5,0 \times 10^{-1}$ mol.L⁻¹ et d'un volume $V_2 = 10,0$ mL de solution aqueuse de peroxydisulfate de sodium ($2 Na^+(aq) + S_2O_8^{2-}(aq)$) de concentration molaire en soluté apporté $c_2 = 5,0 \times 10^{-3}$ mol.L⁻¹.

1. Suivi spectrophotométrique de la transformation chimique.

On souhaite étudier la formation du diiode au cours du temps par spectrophotométrie.

Un prélèvement du mélange réactionnel S est introduit rapidement dans la cuve d'un spectrophotomètre dont la longueur d'onde est réglée sur une valeur adaptée à l'absorption par le diiode. On admettra que le diiode est la seule espèce colorée présente dans le mélange et qu'au cours de l'expérience la température de la solution reste constante.

Les résultats des mesures d'absorbance en fonction du temps sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

t (min)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	30	40	50	60	90
A	0,08	0,13	0,23	0,31	0,39	0,45	0,50	0,55	0,59	0,62	0,65	0,74	0,77	0,79	0,79	0,79

1.1. La spectrophotométrie est une méthode non destructive pour suivre l'évolution d'un système chimique. Proposer une autre méthode de suivi cinétique non destructive.

1.2. La mesure de l'absorbance A de solutions aqueuses de diiode de différentes concentrations molaires c montre que A est proportionnelle à c . On détermine le coefficient de proportionnalité k à partir du couple de valeurs ($c = 5,0 \times 10^{-3}$ mol.L⁻¹; $A = 1,70$).

1.2.1. Montrer que la valeur du coefficient de proportionnalité k vaut $3,4 \times 10^2$ et préciser son unité.

1.2.2. Montrer, que pour le mélange réactionnel S réalisé au début de l'étude, la quantité de matière de diiode formé à l'instant de date t s'exprime sous la forme : $n_{I_2}(t) = \frac{A(t)}{k} (V_1 + V_2)$.

1.2.3. Calculer la quantité de matière de diiode formé à l'instant de date $t = 90$ min.

1.3. On note x l'avancement de la réaction à l'instant de date t . À cet instant, la quantité de diiode formé est égale à x .

En utilisant les valeurs expérimentales et la relation donnée à la question 1.2.3., on obtient la courbe traduisant l'évolution de x en fonction du temps ; cette courbe est représentée sur l'ANNEXE PAGE A2 À RENDRE AVEC LA COPIE.

La vitesse volumique de réaction est définie par $v = \frac{1}{V_S} \frac{dx}{dt}$ où V_S correspond au volume de la solution.

1.3.1. En précisant la méthode utilisée, décrire l'évolution de cette vitesse au cours du temps.

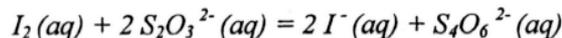
1.3.2. La justifier d'après les connaissances du cours.

1.3.3. Donner une méthode qui permettrait d'obtenir plus rapidement la même quantité finale de diiode à partir du même mélange réactionnel S.

2. Titrage du diiode formé après 90 minutes de réaction.

On veut vérifier par un titrage la quantité de matière de diiode formé à l'instant de date $t = 90$ min. Pour cela, à cet instant, on introduit dans un erlenmeyer contenant de l'eau glacée un échantillon de volume $V = 5,0$ mL du mélange réactionnel S. À l'aide d'une solution étalon de thiosulfate de sodium ($2 \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} (\text{aq})$) de concentration molaire en soluté apporté $c' = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, on titre le diiode présent dans l'échantillon en présence d'un indicateur de fin de réaction. L'équivalence est atteinte pour un volume versé $V'_E = 9,2$ mL.

L'équation associée à la réaction support du titrage est :



2.1. Représenter sur la copie le schéma du dispositif du titrage en précisant le nom du matériel et la nature des solutions.

2.2. Définir l'équivalence du titrage.

2.3. Exploitation du titrage

2.3.1. En exploitant le résultat du titrage, exprimer littéralement en fonction de c' et de V'_E la quantité de diiode formé, à l'instant de date $t = 90$ min, dans le mélange réactionnel S décrit au début de l'exercice.

Le candidat, s'il le souhaite, pourra compléter et exploiter le tableau d'avancement figurant sur l'ANNEXE PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE.

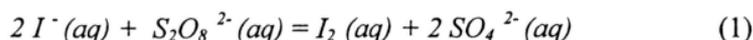
2.3.2. Calculer la valeur de cette quantité de diiode formé.

2.3.3. Cette valeur est-elle compatible avec celle trouvée au 1.2.3. ?

Aucun calcul d'écart relatif n'est demandé.

3. Étude théorique et bilan comparatif.

3.1. L'équation (1) associée à la réaction entre les ions iodure et les ions peroxydisulfate est rappelée ci-dessous :



Les couples mis en jeu sont : $\text{I}_2 (\text{aq}) / \text{I}^- (\text{aq})$ et $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} (\text{aq}) / \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$

À partir des demi-équations retrouver l'équation (1) associée à la réaction.

3.2. La transformation chimique est supposée totale.

3.2.1. En utilisant les données concernant le **mélange réactionnel S**, à l'instant $t = 0$ s, défini en introduction de l'exercice, compléter le tableau d'avancement figurant sur l'**ANNEXE PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE**.

3.2.2. En déduire l'avancement maximal de la réaction et la quantité de matière maximale en diiode formé.

3.3. On appelle *écart relatif* d'une valeur expérimentale $n_{\text{exp}}(I_2)$ par rapport à la valeur théorique

attendue $n_{\text{th}}(I_2)$ le rapport :
$$\frac{|n_{\text{exp}}(I_2) - n_{\text{th}}(I_2)|}{n_{\text{th}}(I_2)}$$

Comparer les résultats expérimentaux (questions 1.2.3. et 2.3.2.) au résultat théorique de la question 3.2.2. Commenter.

EXERCICE III. LE LANCER DU POIDS AUX CHAMPIONNATS DU MONDE 2003
(5,5 points)

Lors des derniers championnats du monde d'athlétisme qui eurent lieu à Paris en août 2003, le vainqueur de l'épreuve du lancer du poids (Andrey Mikhnevich) a réussi un jet à une distance $D = 21,69$ m.

Pour simplifier les raisonnements, on ne travaillera que sur le centre d'inertie du boulet (nom courant donné au poids).

L'entraîneur de l'un de ses concurrents souhaite étudier ce lancer. Pour cela il dispose pour le centre d'inertie du boulet, en plus de la valeur 21,69 m du record, de la vitesse initiale v_0 mesurée à l'aide d'un cinémomètre et de l'altitude h .

Données : $v_0 = 13,7 \text{ m.s}^{-1}$
 $h = 2,62 \text{ m}$

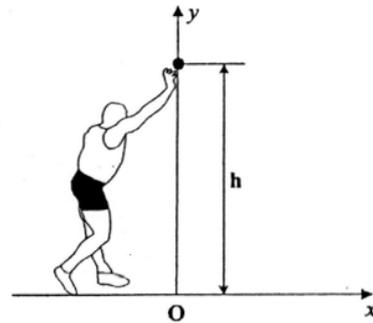
Un logiciel informatique lui permet de réaliser une simulation de ce lancer et de déterminer la valeur de l'angle du vecteur vitesse initiale avec l'horizontale soit $\alpha = 43^\circ$.

Pour l'étude on définit le repère d'espace (O,x,y) représenté ci-contre :

- Oy est un axe vertical ascendant passant par le centre d'inertie du boulet à l'instant où il quitte la main du lanceur.
- Ox est un axe horizontal au niveau du sol, dirigé vers la droite et dans le plan vertical de la trajectoire.

L'entraîneur a étudié le mouvement du centre d'inertie du boulet et a obtenu 3 graphes :

- le graphe de la trajectoire $y = f(x)$ du boulet en **ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE** ;
- les graphes de v_x et de v_y en fonction du temps (figures 1 et 2 données ci-dessous) où v_x et v_y sont les composantes (ou coordonnées) horizontale et verticale du vecteur vitesse.



Pour chacun des graphes, les dates correspondant à deux points successifs sont séparées par le même intervalle de temps.

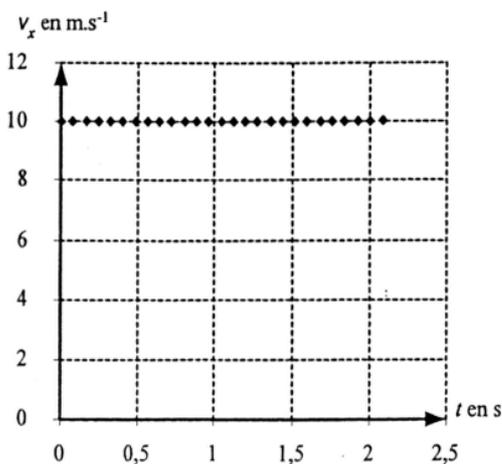


Figure 1

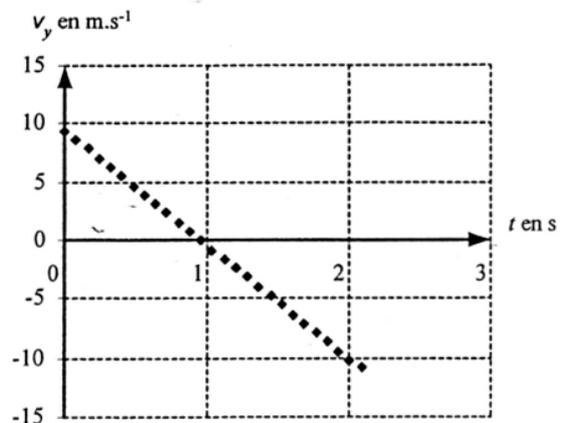


Figure 2

1. Étude des résultats de la simulation.

1.1. Étude de la projection horizontale du mouvement du centre d'inertie du boulet.

En utilisant la figure 1, déterminer :

1.1.1. La composante v_{0x} du vecteur vitesse du centre d'inertie du boulet à l'instant de date $t = 0$ s.

1.1.2. La nature du mouvement de la projection du centre d'inertie sur l'axe Ox en justifiant la réponse.

1.1.3. La composante v_{sx} du vecteur vitesse du centre d'inertie lorsque le boulet est au sommet S de sa trajectoire.

1.2. Étude des conditions initiales du lancer.

1.2.1. En utilisant la figure 2, déterminer la composante v_{0y} du vecteur vitesse à l'instant de date $t = 0$ s.

1.2.2. À partir des résultats précédents, vérifier que la valeur de la vitesse instantanée et l'angle de tir sont compatibles avec les valeurs respectives $v_0 = 13,7 \text{ m.s}^{-1}$ et $\alpha = 43^\circ$ données dans le texte.

1.3. Étude du vecteur vitesse du centre d'inertie du boulet.

1.3.1. Déterminer toutes les caractéristiques du vecteur vitesse du centre d'inertie du boulet au sommet de la trajectoire.

1.3.2. Sur le graphe $y = f(x)$ donné en ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE, tracer en cohérence avec les résultats des questions 1.1.1., 1.1.3., et 1.2.1. :

- le vecteur vitesse \vec{v}_0 du centre d'inertie du boulet à l'instant du lancer ;
- le vecteur vitesse \vec{v}_s du centre d'inertie du boulet au sommet de la trajectoire.

Aucune échelle n'est exigée.

2. Étude théorique du mouvement du centre d'inertie.

Le boulet est une sphère de volume V et de masse volumique $\mu = 7,10 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.
La masse volumique de l'air est $\mu' = 1,29 \text{ kg.m}^{-3}$.

2.1. Exprimer littéralement la valeur P_A de la poussée d'Archimède exercée par l'air sur ce boulet ainsi que la valeur P de son poids. Montrer que P_A est négligeable devant P .

2.2. Par application de la 2^{ème} loi de Newton (ou théorème du centre d'inertie), dans le référentiel terrestre supposé galiléen, déterminer le vecteur accélération du centre d'inertie du boulet lors du mouvement (on supposera que, compte tenu des faibles vitesses atteintes, les frottement dus à l'air au cours du jet sont négligeables).

2.3. Dans le repère d'espace défini en introduction, montrer que les équations horaires du mouvement s'expriment sous la forme :

$$x(t) = (v_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t + h$$

où v_0 est la vitesse initiale du jet et α l'angle initial de tir (angle entre l'horizontale et le vecteur vitesse initiale \vec{v}_0).

2.4. En déduire l'équation de la trajectoire du centre d'inertie.

3. Comment améliorer la performance d'un lanceur ?

L'entraîneur veut ensuite savoir sur quel(s) paramètre(s) il peut travailler pour améliorer la performance de l'athlète. Celui-ci est plus petit que le recordman du monde, sa taille est telle que l'altitude initiale de ses lancers n'est au maximum que de $h' = 2,45 \text{ m}$.

L'entraîneur décide donc d'étudier l'influence de la valeur v_0 de la vitesse initiale du lancer et de l'angle de tir α .

Il réalise des séries de simulations rassemblées dans les réseaux de courbes correspondants aux figures 3 et 4.

Sur la figure 3, l'angle de tir est maintenu constant soit $\alpha = 41^\circ$

Sur la figure 4, la vitesse est maintenue constante soit $v_0 = 13,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Figure 3 ($\alpha = 41^\circ$)

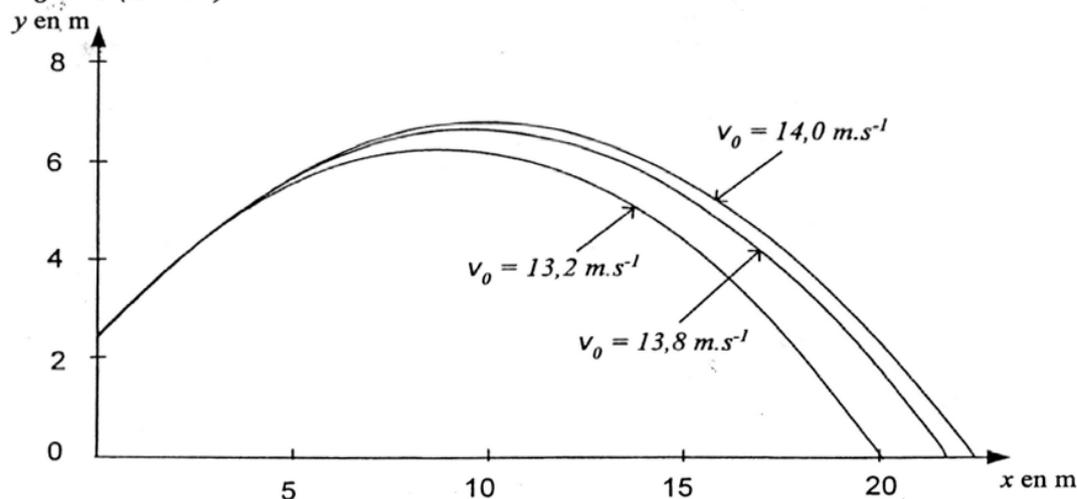
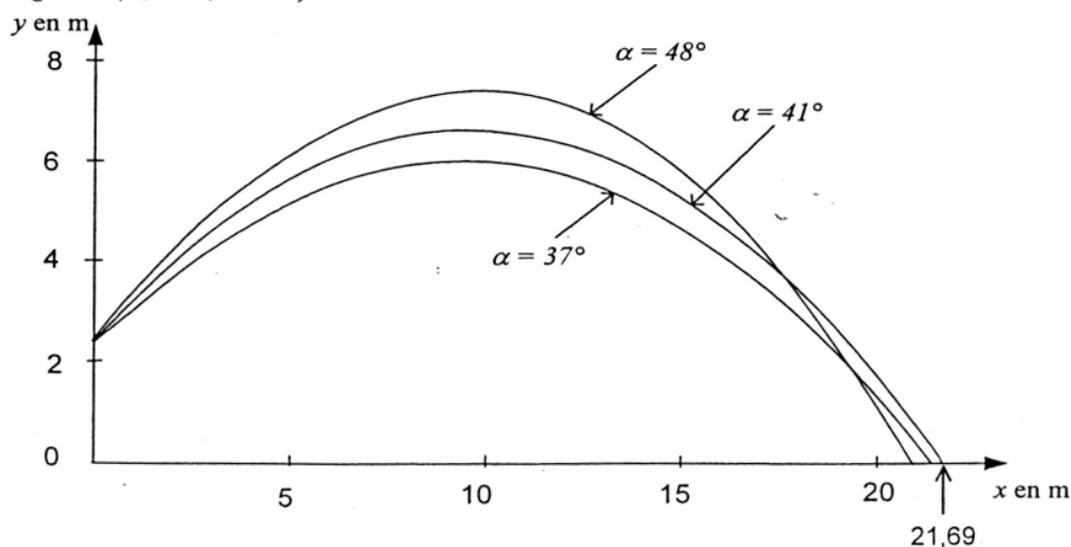


Figure 4 ($v_0 = 13,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)



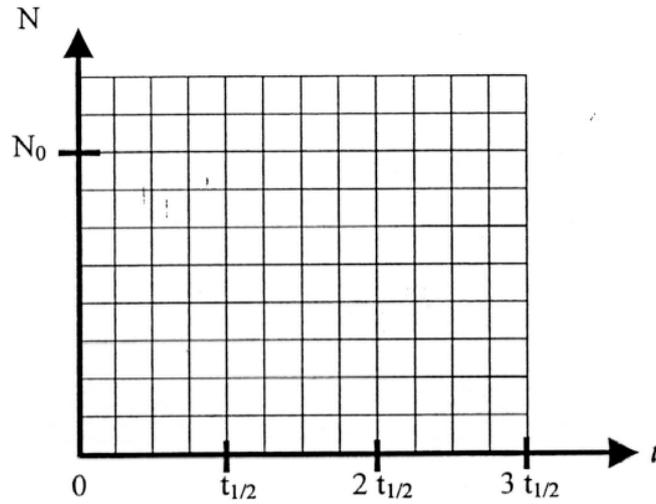
3.1. À partir des figures 3 et 4, entourer, dans le tableau de l'ANNEXE PAGE A4 À RENDRE AVEC LA COPIE, la proposition correcte donnant l'évolution de la longueur du jet pour :

- l'angle α fixé ;
- la valeur v_0 fixée.

3.2. Confronter les figures 3 et 4 pour en déduire si parmi les combinaisons proposées il en existe une satisfaisante pour battre le record du monde. Justifier la réponse.

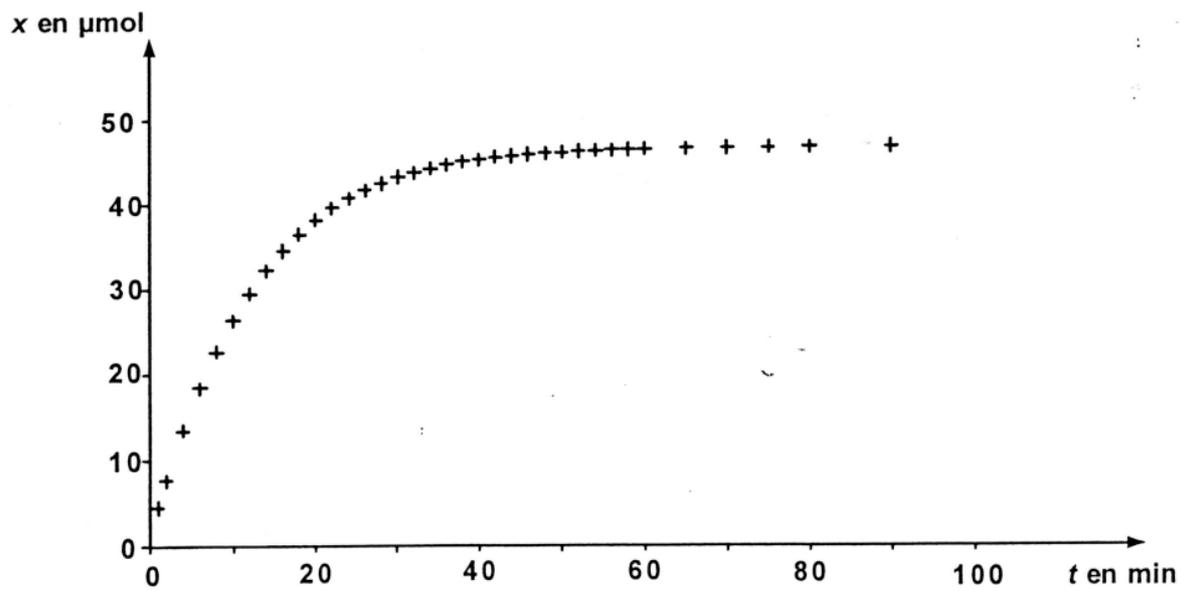
ANNEXE DE L'EXERCICE I

Question 4.3



ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question 1.3



ANNEXE DE L'EXERCICE II

Question 2.3.

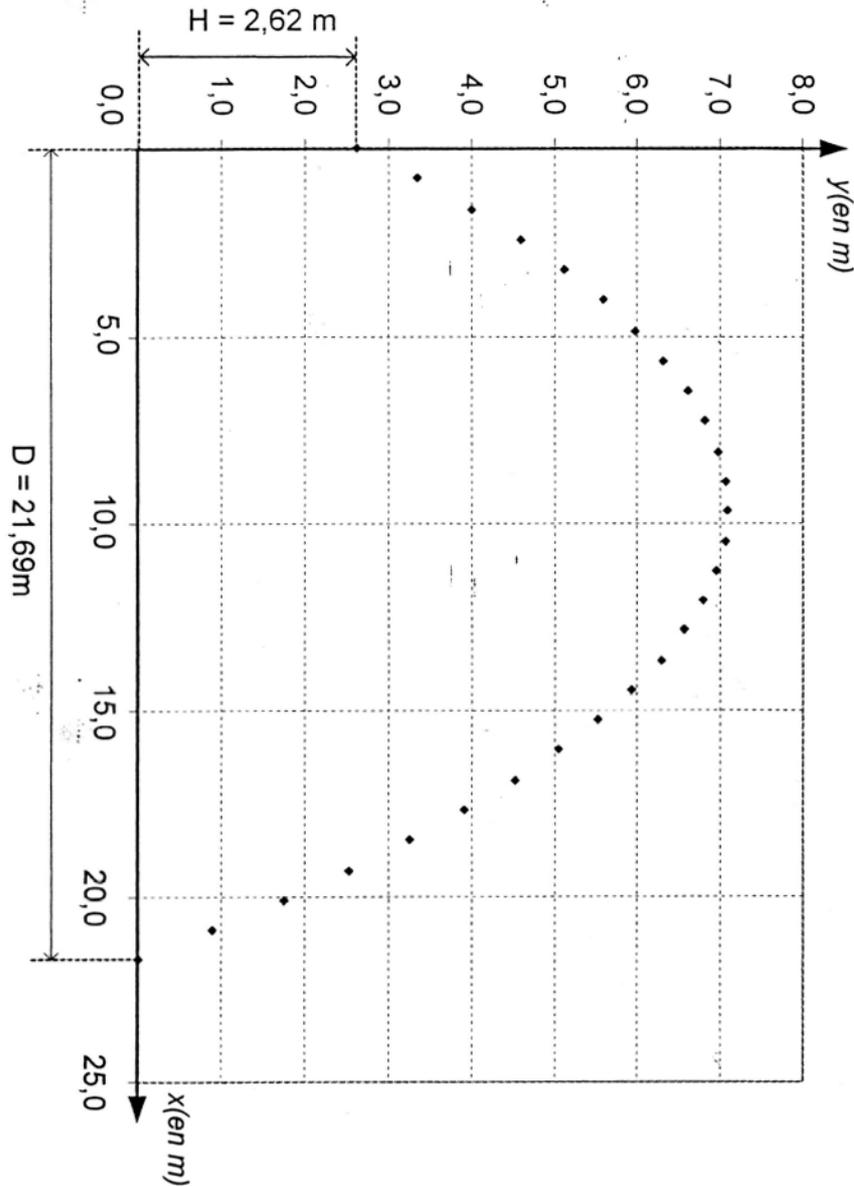
Rappel : la candidat pourra, s'il le souhaite compléter et exploiter le tableau donné ci-dessous :

Relation stœchiométrique		$I_2 (aq) + 2 S_2O_3^{2-} (aq) = 2 I^- (aq) + S_4O_6^{2-} (aq)$			
État du système	Avancement	Quantité de matière en mol			
État initial					
Au cours de la transformation					
À l'équivalence					

Question 3.2.

Relation stœchiométrique		$2 I^- (aq) + S_2O_8^{2-} (aq) = I_2 (aq) + 2 SO_4^{2-} (aq)$			
État du système	Avancement	Quantité de matière en mol			
État initial					
Au cours de la transformation					
État final attendu	x_{max}				

ANNEXE DE L'EXERCICE III



angle α fixé	vitesse initiale v_0 fixée
Quand v_0 augmente, la distance horizontale D du jet :	Quand α augmente la distance horizontale D du jet :
- augmente	- augmente
- diminue	- diminue
- est la même	- est la même
- augmente, passe par un maximum puis diminue	- augmente, passe par un maximum puis diminue
- diminue, passe par un minimum puis augmente	- diminue, passe par un minimum puis augmente

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Les données sont en italique

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

Le feuillet de l'annexe (pages A1, A2, A3 et A4), inséré au milieu de ce sujet, EST À RENDRE AVEC LA COPIE.

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

- I. La tomographie par émission de positons : une technique d'imagerie médicale (4 points)
- II. Le dihydrogène pour la protection de l'environnement (6,5 points)
- III. Oscillateur solide-ressort (5,5 points)

**EXERCICE I. LA TOMOGRAPHIE PAR EMISSION DE POSITONS :
UNE TECHNIQUE D'IMAGERIE MEDICALE (4 points)**

« Les neurobiologistes disposent d'une panoplie de techniques d'imagerie dont chacune révèle des aspects particuliers de l'architecture et du fonctionnement du cerveau. [...] La tomographie par émission de positons, TEP, [...] donne accès aux variations du flux sanguin, lesquelles reflètent l'activité métabolique cérébrale, [...].

De cette découverte a germé l'idée que l'on [...] pourrait observer de l'extérieur l'activité siégeant à l'intérieur du crâne.

En TEP, on détecte les molécules d'eau [présentes en grande quantité dans le cerveau] en utilisant de l'eau radioactive que l'on injecte au sujet par voie intraveineuse. [...] Dans ces molécules d'eau radioactives, le noyau d'oxygène qui contient normalement huit protons et huit neutrons est remplacé par un noyau d'oxygène qui ne comporte que huit protons et sept neutrons : c'est l'oxygène 15. L'oxygène 15 est un émetteur β^+ : un de ses protons se transforme rapidement en neutron, en émettant un positon⁽¹⁾ et un neutrino⁽²⁾. »

D'après un article de la revue Pour la Science, N° 302, décembre 2002.

⁽¹⁾ Le positon est aussi appelé positron.

⁽²⁾ Le neutrino est une particule de symbole ${}^0_0\nu$.

Données numériques :

Noyaux et particules	${}^{12}_6\text{C}$	${}^{14}_7\text{N}$	${}^{16}_8\text{O}$	${}^{19}_9\text{F}$	Électron	Positon	Neutron	Proton
Énergie de liaison par nucléon $\frac{E_l}{A}$ (MeV . nucléon ⁻¹)	6,676	7,699	7,463	6,483	-	-	-	-
Masse (kg)	-	-	-	-	$9,109 \times 10^{-31}$	$9,109 \times 10^{-31}$	$1,674\,92 \times 10^{-27}$	$1,672\,62 \times 10^{-27}$

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

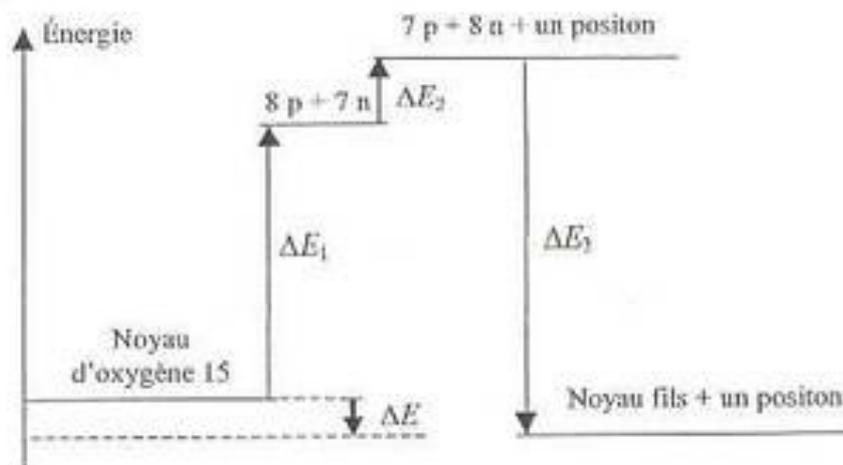
$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

1. La désintégration de l'oxygène 15

- 1.1. Donner, en la justifiant, l'écriture symbolique ${}^A_Z\text{X}$ du noyau d'oxygène 15.
- 1.2. Écrire l'équation de la réaction de désintégration du noyau d'oxygène 15, sans énoncer les lois de conservation et sans tenir compte de l'émission du neutrino mentionné dans le texte. Le noyau fils n'est pas produit dans un état excité.
- 1.3. La variation d'énergie ΔE du système lors de la désintégration d'un noyau d'oxygène 15 est indiquée sur la figure 1 page 3/9. Elle peut être calculée en utilisant le diagramme énergétique de cette figure.
 - 1.3.1. Définir l'énergie de liaison E_l du noyau.
 - 1.3.2. On rappelle que l'énergie de liaison par nucléon est notée $\frac{E_l}{A}$. Calculer, en MeV, la variation d'énergie ΔE_1 indiquée sur la figure 1 page 3/9. Par un calcul identique on trouve $\Delta E_1 = 111,9 \text{ MeV}$.
 - 1.3.3. En utilisant les masses des particules, calculer, en MeV, la variation d'énergie ΔE_2 indiquée sur la figure 1 page 3/9 (on donnera le résultat final avec deux chiffres significatifs).

1.3.4. Déduire des résultats précédents la valeur, exprimée en MeV, de la variation d'énergie ΔE du système lors de la désintégration d'un noyau d'oxygène 15.

Figure 1 : diagramme énergétique



2. L'utilisation de l'oxygène 15 en TEP

« Le positon est l'antiparticule de l'électron, [...]. Matière et antimatière s'annihilent⁽³⁾ dès qu'elles sont en présence : un positon et un électron du milieu environnant s'annihilent en libérant une paire de photons d'énergie déterminée (511 kiloélectronvolts). Les deux photons sont émis dans deux directions diamétralement opposées [...].

L'objet de la TEP est de repérer les photons [...], très énergétiques, [qui] traversent en grande partie le cerveau et le crâne, de sorte qu'on peut les détecter en dehors de la boîte crânienne. Le dispositif de détection, la caméra à positons, [...] entoure la tête du sujet. [...] Lorsqu'une paire de photons gamma de 511 kiloélectronvolts arrive simultanément sur deux détecteurs [...], on admet qu'ils sont issus de la dématérialisation d'un même positon (figure 2). [...] Après l'analyse mathématique, on obtient une série de « coupes » contiguës du cerveau qui représentent la concentration en noyaux d'oxygène 15 en chaque point ce qui reflète le débit sanguin local.

Enfin, le temps de demi-vie de ces noyaux d'oxygène 15 émetteurs de positons est bref : 123 secondes. Cette propriété est importante dans le contexte de l'utilisation de ces molécules chez l'homme, car, d'une part l'irradiation subie par les sujets est faible et d'autre part cette radioactivité disparaissant rapidement, on peut faire plusieurs études chez le même sujet. Cette courte durée de vie impose néanmoins que l'eau radioactive soit préparée dans les minutes qui précèdent son injection, et que deux injections successives soient espacées de 8 à 10 minutes. »

⁽³⁾ Annihiler : réduire à rien ; détruire, anéantir. En physique, transformation intégrale de l'énergie de masse en énergie transportée par une onde électromagnétique.

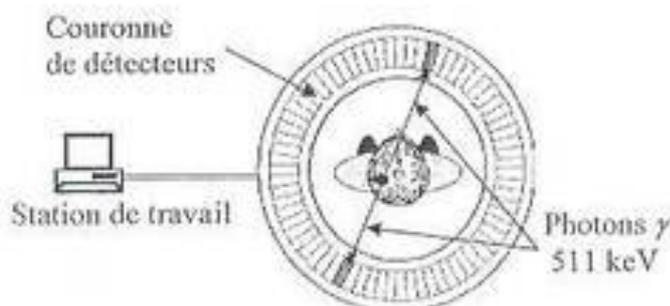


Figure 2 : schéma de principe de la TEP

- 2.1. Définir le temps de demi-vie $t_{1/2}$.
- 2.2. L'évolution temporelle du nombre de noyaux d'oxygène 15 est donnée par la loi de décroissance où N_0 est le nombre de noyaux d'oxygène 15 au moment de l'injection à l'instant de date $t = 0$ s.
- 2.2.1. À partir de cette loi montrer que la constante radioactive λ a pour expression : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$.
- 2.2.2. Calculer sa valeur.
- 2.3. Si l'on souhaite poursuivre l'examen par TEP, on estime qu'il est nécessaire de procéder à une nouvelle injection dans l'organisme du patient lorsque le nombre $N(t_1)$ de noyaux d'oxygène 15 restant à l'instant de date t_1 est de l'ordre de 5 % du nombre N_0 de noyaux initialement injectés. Calculer la valeur de la date t_1 .
- 2.4. Justifier la durée d'espacement des injections évoquée dans le texte.

3. La détection du rayonnement gamma

- 3.1. En utilisant le texte, écrire l'équation de la réaction ayant lieu lors de la rencontre d'un positon, issu de la désintégration d'un noyau d'oxygène 15, avec un électron du milieu environnant. On notera γ chaque photon gamma émis.
- 3.2. On admet que l'énergie libérée par cette réaction est partagée également entre les deux photons dont la masse est nulle. Calculer l'énergie de chaque photon gamma émis. Est-elle en accord avec celle donnée dans le texte (aucun calcul d'écart relatif n'est demandé) ?

EXERCICE II. LE DIHYDROGÈNE POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (6,5 points)

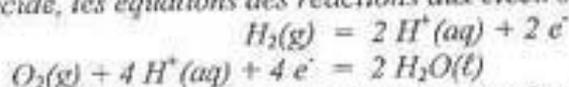
Les parties 1 et 2 sont indépendantes

Le principe de la pile à combustible, une technique déjà ancienne, consiste à utiliser du dihydrogène pour stocker et transporter l'énergie. En effet le dihydrogène semble être le carburant par excellence pour les véhicules du futur, face aux préoccupations environnementales croissantes.
Une pile à combustible est un assemblage de cellules élémentaires, en nombre suffisant pour assurer la production électrochimique d'électricité dans les conditions de tension et d'intensité voulues.

1. Principe de fonctionnement d'une cellule élémentaire

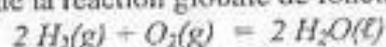
De façon générale, le fonctionnement électrochimique d'une cellule élémentaire de pile à combustible peut être schématisé selon le schéma DE L'ANNEXE EN PAGE A2 À RENDRE AVEC LA COPIE.
Chaque cellule élémentaire est constituée de deux compartiments disjoints alimentés chacun en gaz réactifs d'oxygène et dihydrogène. Les deux électrodes sont séparées par l'électrolyte, solution qui laisse circuler les ions. Du platine est inséré dans les deux électrodes poreuses.

1.1. Pour cette pile acide, les équations des réactions aux électrodes s'écrivent :



Des deux gaz réactifs préciser quel est le réducteur et quel est l'oxydant. Justifier la réponse.

Montrer que l'équation de la réaction globale de fonctionnement s'écrit :



- 1.2. Pour l'environnement quel est l'avantage d'une pile à combustible utilisant le dihydrogène par rapport à un carburant classique ?
- 1.3. Des électrodes 1 ou 2, quelle est celle appelée « cathode » ? Justifier.
- 1.4. Indiquer sur le schéma le sens de circulation des électrons. En déduire à quelle électrode correspond le pôle positif de la pile et à quelle électrode correspond le pôle négatif.
- 1.5. Le platine inséré dans les deux électrodes poreuses joue le rôle de catalyseur. Définir un catalyseur.
- 1.6. Une cellule élémentaire fonctionne pendant une durée $\Delta t = 192 \text{ h}$ et débite un courant d'intensité considérée constante $I = 300 \text{ A}$. En utilisant les équations des réactions se produisant aux électrodes, calculer la quantité de matière de chacun des gaz réactifs nécessaire au fonctionnement d'une cellule élémentaire.
On donne la constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, la charge électrique élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

2. Principe de production du dihydrogène par électrolyse au laboratoire

Une pile à combustible, pendant les phases de production, doit être alimentée en continu par du combustible, la plupart du temps du dihydrogène, et en comburant, le plus souvent du dioxygène, présent à près de 20 % dans l'air ambiant.

Le dihydrogène n'est pas une source d'énergie naturelle. Il faut produire du dihydrogène en émettant le moins de pollution possible. Plusieurs possibilités sont étudiées : à partir de carburants fossiles, de biomasse, d'algues vertes ou de bactéries, de l'électrolyse de l'eau. L'électrolyse peut se concevoir comme un moyen de production simple mais coûteux.

- 2.1. Au laboratoire on peut produire du dihydrogène en électrolysant une solution aqueuse de sulfate de sodium de concentration molaire en soluté apporté $c = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$.
Pour obtenir cette solution, on dissout le sulfate de sodium solide $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ dans de l'eau distillée. Le volume de solution obtenue est $V = 500 \text{ mL}$.
- 2.1.1. Écrire l'équation de la réaction de dissolution du sulfate de sodium solide.

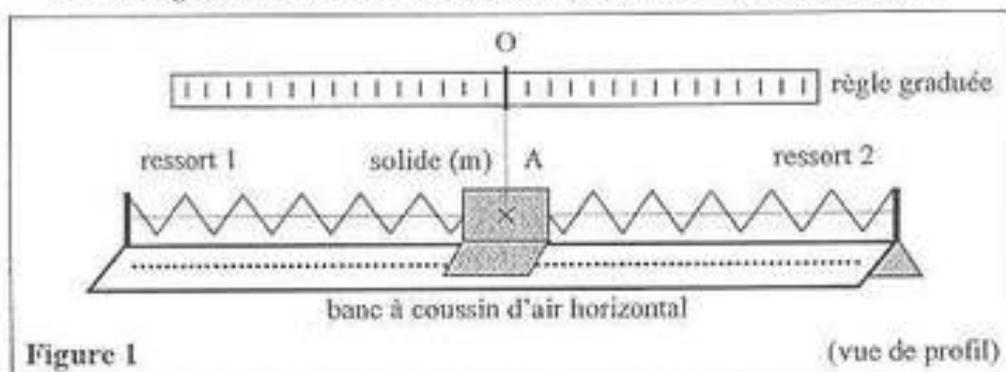
EXERCICE III. OSCILLATEUR SOLIDE-RESSORT (5,5 points)

Le but de cet exercice est de vérifier l'accord entre l'expérience et la théorie dans le cas des oscillations libres d'un système solide-ressort horizontal.

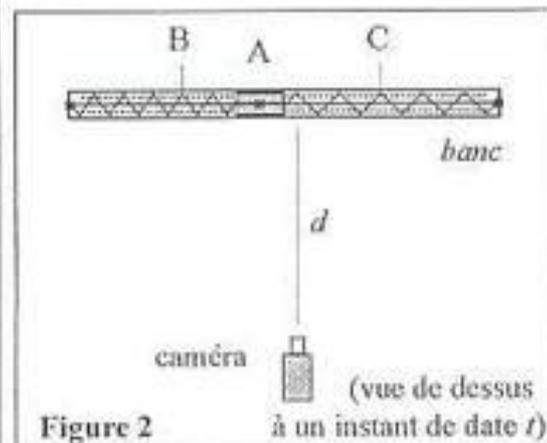
Étude expérimentale :

Au laboratoire on filme, avec une caméra numérique, les oscillations libres d'un solide de masse m . Ce solide est attaché à deux ressorts identiques à spires non jointives, de constante de raideur k_1 , et il est posé sur un banc à coussin d'air horizontal (figure 1).

$m = 54,0$ g, la masse des ressorts est négligeable et $k_1 = 12,0$ N.m⁻¹.



Les deux ressorts restent tendus pendant toute l'expérience. Une règle graduée horizontale est placée à la verticale au-dessus du banc. Lorsque le système solide-ressorts est en équilibre, la soufflerie du banc étant en fonctionnement, le point A repéré sur le solide est à la verticale du zéro de la règle graduée (figure 1). On écarte alors le solide vers la gauche et on l'abandonne sans vitesse initiale. Le point A oscille entre les positions B et C ; on filme les oscillations (figure 2).



La fréquence d'enregistrement des images est égale à 25 images par seconde. La caméra est placée dans le même plan horizontal que le banc, à une distance d de celui-ci, grande devant la distance BC . Son axe optique (ou axe de visée) en pointillés sur la figure 2 est perpendiculaire au banc et passe par A lorsque le système est en équilibre.

Un logiciel approprié permet de pointer les différentes positions du point A sur l'écran vidéo entre ses deux positions extrêmes B et C.

On commence le pointage un peu avant le premier passage du point A à la verticale du point O et on le poursuit un peu après son troisième passage à la verticale du point O. Le fichier de données est transféré vers un tableur qui permet de modéliser et d'afficher la courbe $x = f(t)$, x étant l'abscisse du point A par

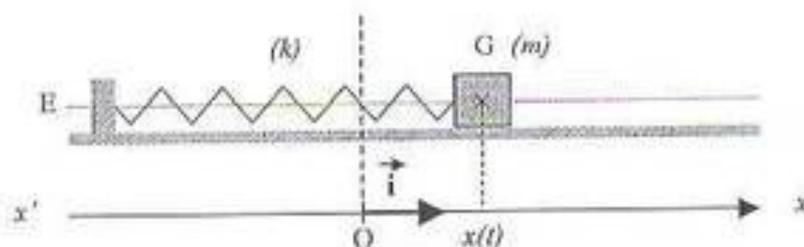
rapport à l'origine O. On obtient le graphique n° 1 de l'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE.

L'origine des dates $t = 0$ s correspond au passage du point A à la première position enregistrée.

1. Étude théorique du mouvement du solide

Dans cette étude tous les frottements sont négligés.

On peut modéliser un oscillateur mécanique horizontal par un système solide-ressort constitué d'un solide de masse m , fixé à l'extrémité d'un seul ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de constante de raideur k .



La position du centre d'inertie G du solide est étudiée dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen et repérée par son abscisse $x(t)$ sur un axe horizontal $x'Ox$. L'origine des abscisses correspond à l'abscisse de G lorsque le solide est à l'équilibre.

Le solide est mis en oscillation. La période propre des oscillations est T_0 .

1.1. Forces exercées sur le solide en mouvement

1.1.1. On note \vec{F} la force exercée par le ressort sur le solide.

Pour une position quelconque du solide, nommer les trois forces qui s'exercent sur ce solide. Les représenter au centre d'inertie G , sans souci d'échelle, sur le schéma n° 1 de l'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE.

1.1.2. En rappelant l'expression du vecteur force \vec{F} en fonction de l'allongement algébrique x , vérifier mathématiquement que cette force a bien le sens attendu lorsque le centre d'inertie G se trouve à droite de la position d'équilibre sur le schéma n° 1 de l'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE.

1.2. Équation différentielle du mouvement du solide

1.2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton au solide, établir l'équation différentielle du mouvement de son centre d'inertie G .

1.2.2. Sachant que la solution générale de l'équation différentielle est de la forme :

$$x(t) = X_m \cos \left[\left(\frac{2\pi}{T_0} \right) t + \varphi_0 \right],$$

montrer que l'expression de la période propre T_0 de l'oscillateur est : $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

1.2.3. Vérifier l'homogénéité de l'expression de la période propre T_0 par une analyse dimensionnelle.

2. Retour à l'expérience

On rappelle qu'il est équivalent dans cette étude de considérer le mouvement d'un point A quelconque repéré sur le solide en translation ou celui du centre d'inertie G du solide.

2.1. Représenter les grandeurs expérimentales $T_{0\text{exp}}$ et $X_{m\text{exp}}$ par des segments en trait épais sur chacun des deux axes de la courbe $x = f(t)$ (graphe n° 1 de l'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE).

2.2. Déterminer les valeurs expérimentales de l'amplitude $X_{m\text{exp}}$ et de la période propre $T_{0\text{exp}}$ des oscillations du mouvement du solide à partir du résultat de la modélisation de la courbe donnée dans l'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE. Justifier.

- 2.3. Les deux ressorts de constante de raideur k_1 sont équivalents à un seul ressort de raideur $k = 2k_1$. L'expression de la période propre T_0 trouvée dans l'étude théorique reste valable dans le cas de deux ressorts initialement tendus.
Calculer à partir des résultats de l'étude théorique la période propre T_0 des oscillations.

- 2.4. Comparer les deux valeurs de la période propre en calculant l'écart relatif $\left| \frac{T_{\text{exp}} - T_0}{T_0} \right|$.

3. Aspect énergétique en l'absence de frottements

Le système solide - ressort est toujours supposé osciller sans frottement.

Dans le modèle d'oscillateur adopté, le choix des états de référence est tel que :

- l'énergie potentielle de pesanteur est nulle à l'altitude du centre d'inertie G ;
- l'énergie potentielle élastique est nulle lorsque l'allongement du ressort est nul.

- 3.1. Rappeler l'expression de l'énergie mécanique E_m du système solide - ressort horizontal dans le champ de pesanteur à la position d'abscisse x quelconque, en fonction de m , k , x et v la valeur de la vitesse du centre d'inertie G dans le référentiel terrestre.

Quelle est la propriété de l'énergie mécanique du système dans les conditions d'étude du mouvement ?

- 3.2. Soit V_m la valeur maximale de la vitesse atteinte par le centre d'inertie G pour les oscillations d'amplitude X_m étudiées.

En traduisant la propriété de l'énergie mécanique donnée au 3.1., montrer que: $V_m = 2\pi \cdot \frac{X_m}{T_0}$.

- 3.3. Calculer la valeur de la vitesse maximale du mobile pour une amplitude de 4,3 cm et une période propre de 0,30 s.

- 3.4. En vous aidant du **graphe n° 1**, indiquer dans les cases grisées du **graphe n°2** de l'ANNEXE EN PAGE A3 À RENDRE AVEC LA COPIE :

- la durée désignée par la double flèche, en fonction de T_0 ;
- les énergies : E_m , E_p (énergie potentielle élastique) et E_c (énergie cinétique).

4. Aspect énergétique en présence de frottements

Le système solide - ressort est toujours supposé osciller, mais désormais on tient compte des frottements.

- 4.1. De quel régime s'agit-il dans le cas où l'on observe toujours des oscillations bien que l'on ne puisse plus négliger les frottements ? Comment nomme-t-on le temps caractéristique T correspondant ?

- 4.2. Soit E_{m0} la valeur de l'énergie mécanique de l'oscillateur lâché sans vitesse initiale avec un allongement maximum initial X_{m0} .

4.2.1. Établir l'expression de l'énergie mécanique E_{m0} en fonction de l'allongement maximum initial X_{m0} .

4.2.2. On constate expérimentalement qu'au bout d'une oscillation, l'amplitude du mouvement est divisée par r (nombre réel positif non nul).

Établir l'expression du rapport de l'énergie mécanique correspondante E_{m1} à l'énergie mécanique initiale E_{m0} en fonction de r .

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2004

PHYSIQUE-CHIMIE
OBLIGATOIRE

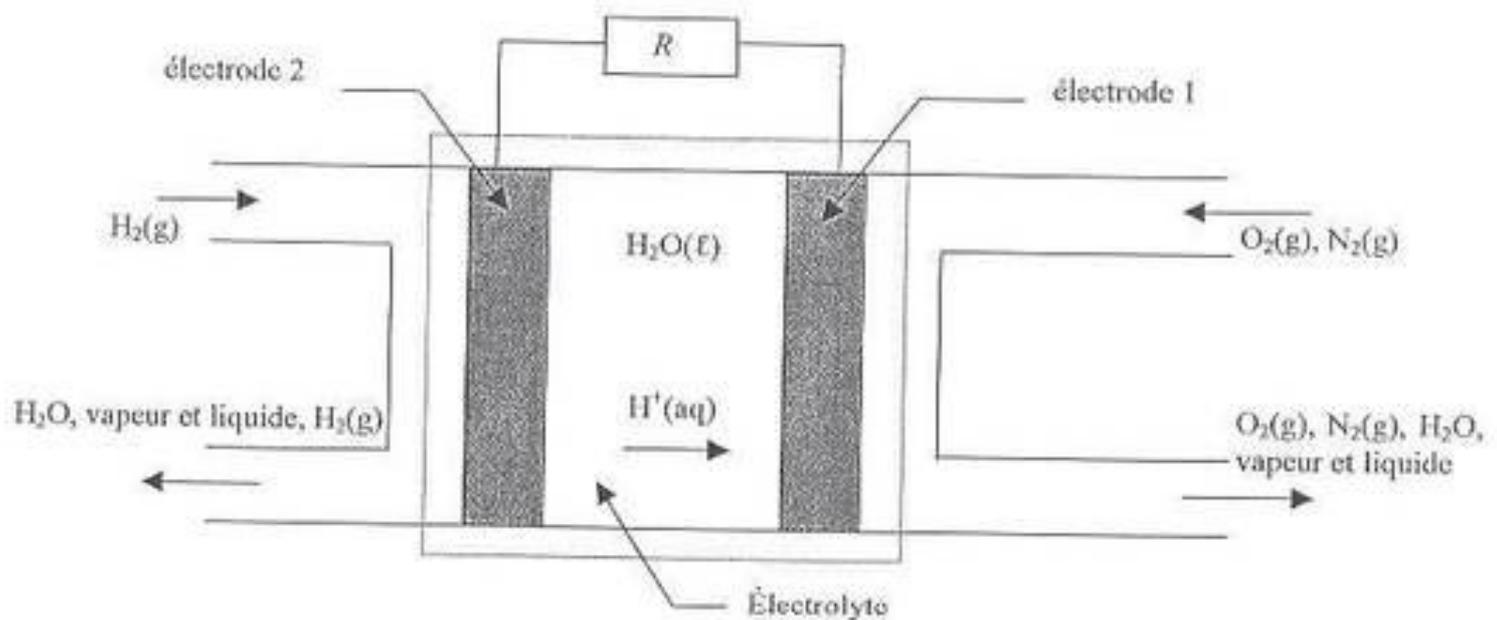
Série : S

Si votre
composition
comporte
plusieurs
feuilles,
numérotez-les.
.../...

*FEUILLET DES ANNEXES
À RENDRE AVEC LA COPIE.*

Tournez la page S.V.P

ANNEXE EXERCICE II

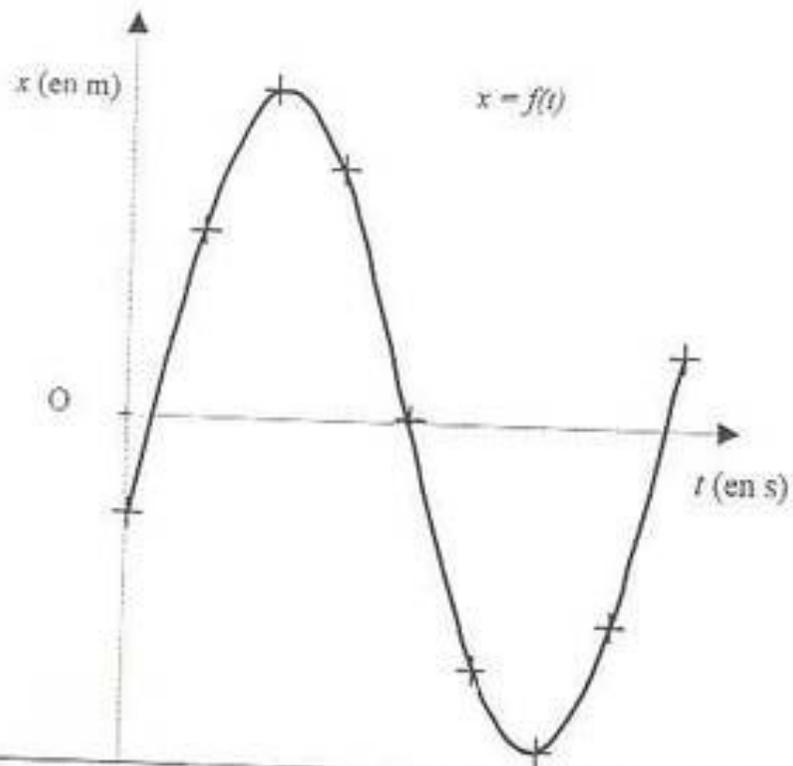


TABLEAU

Equation de la réaction	$\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s}) = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots$		
État du système	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)	
État initial	0		
État au cours de la transformation	x		
État final	x_f		

ANNEXE EXERCICE III

Graphe n° 1 :



La modélisation de cette courbe donne : $x = a \cdot \cos(b \cdot t + c)$
 avec : $a = 4,25 \times 10^{-2} \text{ m}$, $b = 21,18 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ et $c = 4,71 \text{ rad}$.

Graphe n° 2 :

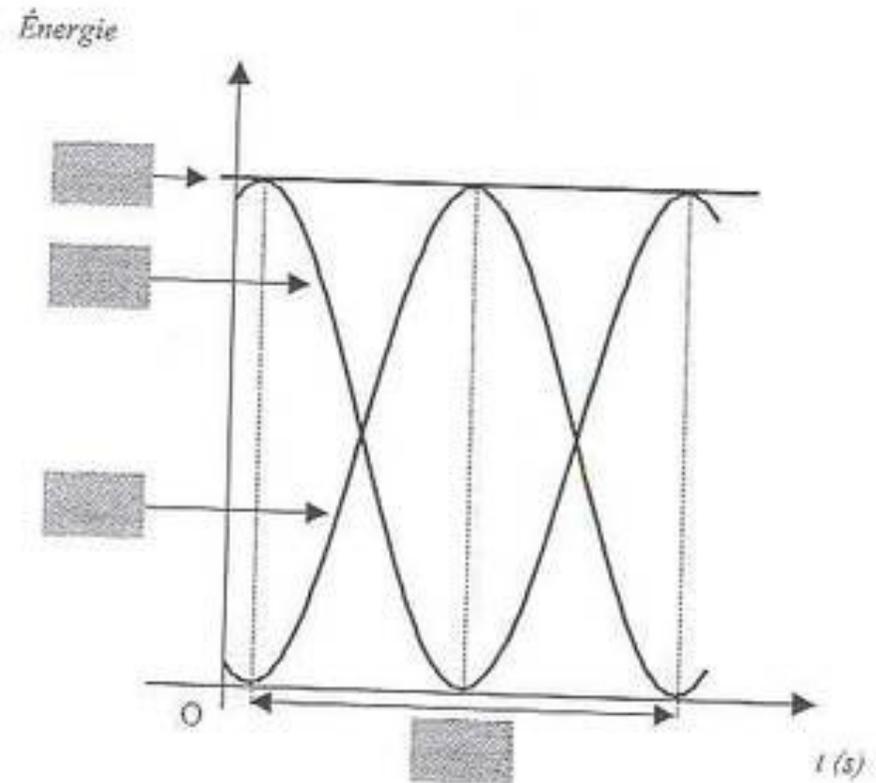


Schéma n° 1 :

