BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2012

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

obligatoire

L'usage de la calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

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

Les pages d'annexes (pages 10 et 11) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

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

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE I - DU « BANG » D'UN AVION AU CLAQUEMENT D'UN COUP DE FOUET (6,5 points)

Lorsqu'un avion vole en vitesse subsonique (vitesse inférieure à la célérité du son dans l'air), il crée des ondes dites de pression qui se propagent à la célérité du son (**figure 1**). Lorsqu'il accroît sa vitesse et qu'il atteint la célérité du son, les ondes de pression s'accumulent devant le nez de l'avion (**figure 2**). Lorsqu'il dépasse la célérité du son (on dit qu'il passe le mur du son), il se produit alors des ondes de compression et de dilatation qui provoquent ce fameux « bang » perceptible à plusieurs dizaines de kilomètres à la ronde. Pour une vitesse supérieure à la célérité du son, les ondes se propagent derrière l'avion dans un cône appelé cône de Mach (**figure 3**).

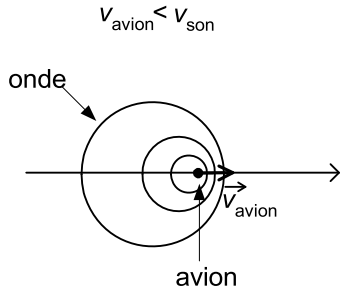


Figure 1

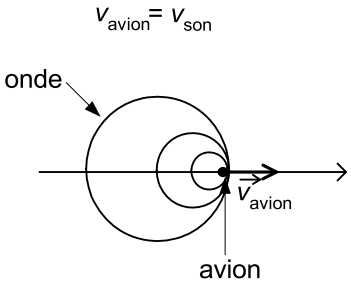


Figure 2

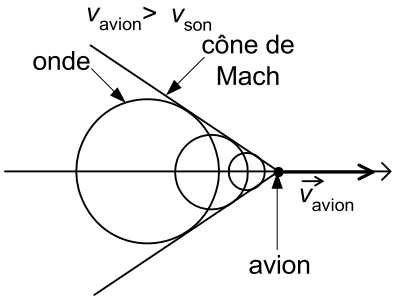


Figure 3

Aussi incroyable que cela puisse paraître, c'est le même phénomène de passage du mur du son qui explique le claquement produit par un coup de fouet.

Les deux premières parties de cet exercice traitent des ondes mécaniques, la troisième partie se rapporte à la chimie et est indépendante.

1. Étude des ondes sonores

Dans cette partie, les ondes sonores se propagent dans l'air.

1.1. Quelques caractéristiques des ondes sonores

1.1.1. Pourquoi peut-on dire qu'il s'agit d'ondes mécaniques ?

1.1.2. Choisir la (ou les) bonne(s) caractéristique(s) qui qualifie(nt) une onde sonore, en expliquant la signification des caractéristiques choisies :

a) progressive b) tridimensionnelle c) transversale d) longitudinale

1.1.3. Choisir dans la liste le (ou les) «milieu(x)» dans lequel le son ne se propage pas :

a) acier b) béton c) vide d) eau

1.2. Ondes sonores produites par un avion

Un avion vole à la vitesse v_{avion} = 800 km.h^{-1} à une altitude d'environ 10 km. On veut savoir s'il se déplace à une vitesse supérieure à la célérité du son sachant que cette dernière dépend de la température.

1.2.1. La célérité du son peut se calculer en première approximation par la relation

$$v_{son}(\theta) = v_{son}(0°C) \times \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}}$$

avec θ la température en degré Celsius et v_{son} (0°C) = 3,3×10^2 m.s^{-1}.

Calculer la célérité des ondes sonores à l'altitude de 10 km en considérant que la température θ de l'air vaut - 50°C.

1.2.2. Comparer cette valeur avec la vitesse de l'avion. Celui-ci a-t-il passé le mur du son ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Le claquement d'un coup de fouet

Un artiste de cirque veut faire claquer son fouet ; pour ce faire, il génère, d'un mouvement de poignet, un ébranlement qui se déplace à la célérité v le long de la lanière en cuir du fouet.

2.1. Cette célérité v dépend de la tension F de la lanière et de sa masse linéique μ (masse par unité de longueur) suivant la relation $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

Montrer, par une analyse dimensionnelle, l'homogénéité de cette relation.

2.2. On simule à l'aide d'un logiciel la propagation de la perturbation le long de la lanière et on obtient la position de l'ébranlement à différentes dates séparées d'un intervalle de temps $\Delta t = 3{,}5\times10^{-2}$ s (voir **figure 4**).

La lanière du fouet a une longueur L = 3,0 m.

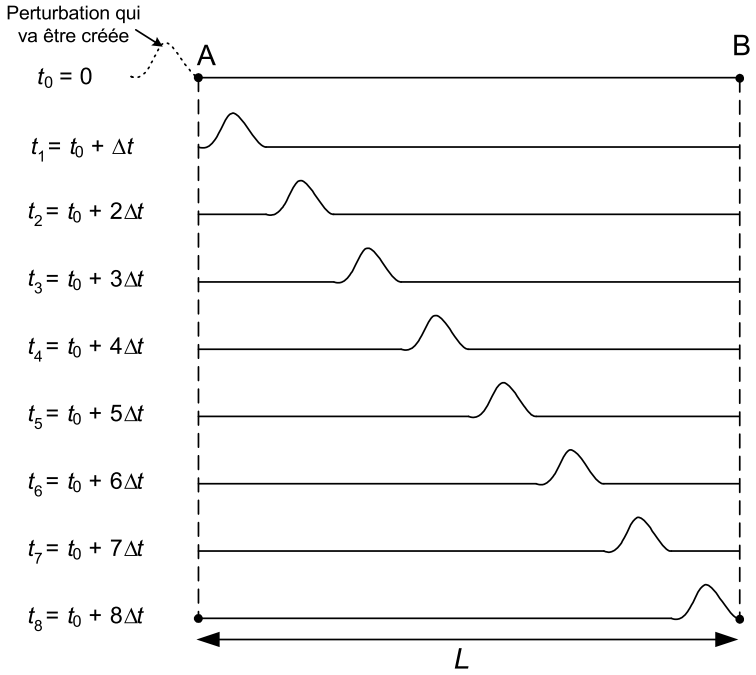


Figure 4. Propagation de la perturbation le long de la lanière

2.2.1. Calculer la durée τ mise par l'onde pour parcourir toute la lanière.

2.2.2. En déduire la valeur de la célérité v de l'onde.

2.2.3. En réalité, la section de la lanière du fouet diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la poignée ; la masse linéique μ diminue donc. Si on suppose que la tension F est constante, comment évolue la célérité de l'onde le long de la lanière, de la poignée à son extrémité ?

2.3. On s'intéresse maintenant à la vitesse de déplacement transversal de la mèche qui correspond à l'extrémité du fouet.

On enregistre son mouvement avec une caméra ultra-rapide. La fréquence de prise de vue est de 4000 images par seconde. Entre deux images successives, la mèche, du fait de la propagation de la vibration, se déplace d'une distance d = 11 cm (voir **figure 5**).

En déduire la vitesse v' de déplacement de la mèche. Dans ces conditions, le mur du son a-t-il été passé par la mèche ?

Donnée : célérité du son dans l'air à 20°C : $v_{son} = 340$ m.s^{-1}

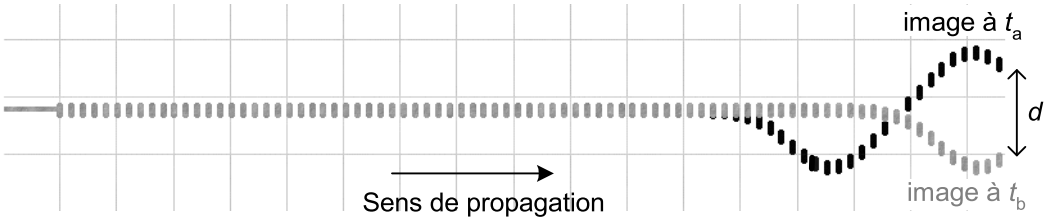


Figure 5. Positions de la mèche du fouet à deux instants t_a et t_b

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

3. Entretien du fouet

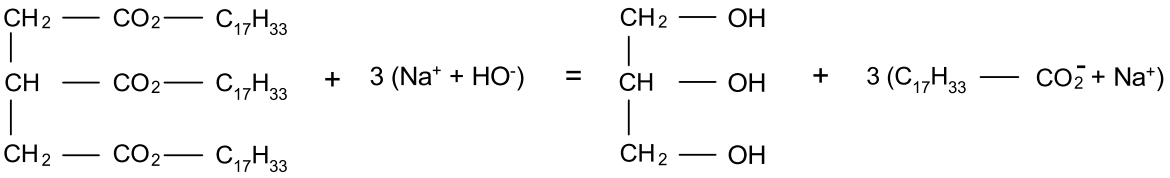
Qu'il soit synthétique ou naturel, le matériau de la lanière doit être entretenu. On utilise souvent un mélange de savon et de corps gras.

3.1. On peut fabriquer le savon à partir d'huile d'olive et d'une solution commerciale de Destop® que l'on assimile à une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq) + HO^-(aq)$) dont la concentration vaut $c = 6{,}15\ mol.L^{-1}$.
À l'aide du montage représenté à la **FIGURE A1 DE L'ANNEXE PAGE 10 à rendre avec la copie**, le mélange réactionnel en milieu alcoolique est porté à ébullition pendant environ une heure.

3.1.1. Légender la **FIGURE A1 DE L'ANNEXE PAGE 10** en indiquant les noms demandés des éléments constitutifs du montage.

3.1.2. Quel est le nom de ce type de montage ?
Quel est le rôle de la partie désignée par la flèche 1 sur la **FIGURE A1 DE L'ANNEXE PAGE 10** ?

3.1.3. La réaction se produisant entre l'huile d'olive et l'hydroxyde de sodium s'écrit :



a. Donner le nom de ce type de réaction.
b. Donner des caractéristiques de cette réaction.

3.2. On veut préparer une masse de savon $m_s = 100$ g.

Données :
- masse molaire du savon : $M_S = 304{,}0\ g.mol^{-1}$;
- masse molaire de l'huile d'olive : $M_h = 884{,}0\ g.mol^{-1}$.

3.2.1. Calculer la quantité de matière n_s de savon correspondante.

3.2.2. Calculer la quantité de matière minimale n_h d'huile d'olive nécessaire.

3.2.3. En déduire la masse m_h d'huile d'olive correspondante.

3.2.4. On souhaite que le Destop® soit mis en excès dans le milieu réactionnel. Quel volume minimal de Destop® V_D faut-il utiliser ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE II - QUAND LE JEU VIDÉO DEVIENT RÉALITÉ (5,5 points)

Les dernières consoles de jeu ont révolutionné le monde du jeu vidéo en offrant à l'utilisateur une nouvelle façon de jouer. En effet, les mouvements imprimés à la télécommande entraînent une réponse du personnage sur l'écran : le geste devient commande. Ceci est rendu possible par l'accéléromètre intégré dans la manette qui convertit les accélérations imprimées par le joueur en tensions électriques.
Lors d'un mouvement du joueur, la partie mobile de l'accéléromètre se déplace sans frottements par rapport au cadre (**figure 6**). Ces déplacements nanométriques sont réalisables dans les trois dimensions de l'espace (x,y,z) pour traduire le plus fidèlement possible le geste du joueur. Comment ce déplacement est-il traduit en tension électrique mesurable ?

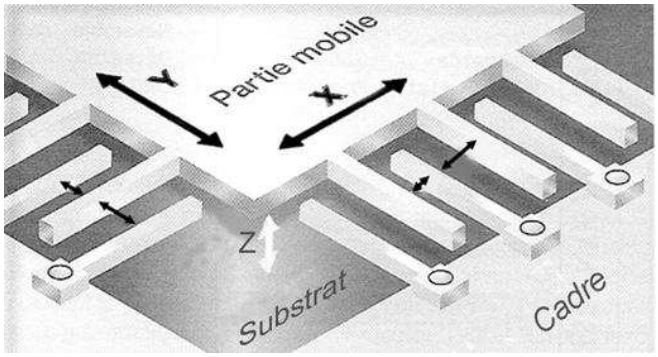


Figure 6. Schéma de l'accéléromètre
D'après Micro Hebdo n° 619 Jeudi 25 février 2010

Lors de son utilisation, la manette est solidaire de la main du joueur. Elle comporte un accéléromètre constitué d'un cadre fixe par rapport à la main et d'une partie mobile par rapport au cadre. L'accéléromètre (**figure 6**) est constitué par l'assemblage d'éléments de base. L'un d'eux est représenté sur les **figures 7 et 8** ; il est modélisé par deux parties en regard reliées par un ressort.

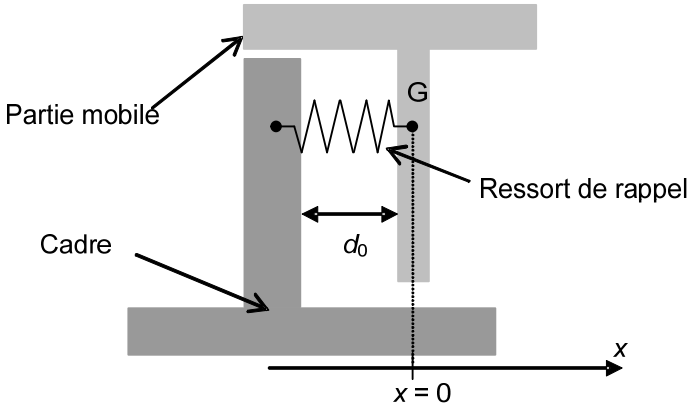


Figure 7. Élément de base de l'accéléromètre au repos

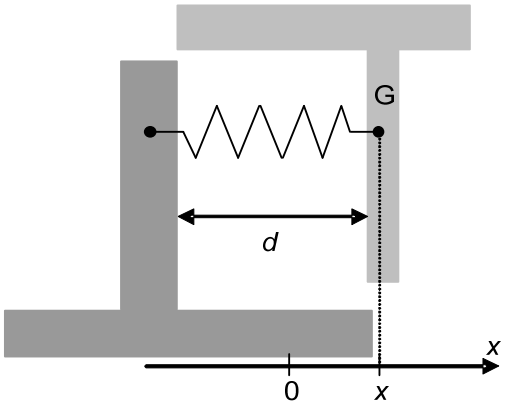


Figure 8. Élément de base de l'accéléromètre soumis à une accélération

Lors du mouvement du joueur, la partie mobile se déplace sans frottements par rapport au cadre. On s'intéresse uniquement à son déplacement suivant l'axe Ox, sa position est repérée par son abscisse x, la distance entre le cadre et la partie mobile en regard vaut alors d (**figure 8**). Le ressort de rappel ramène la partie mobile à sa position d'équilibre pour laquelle la distance entre la partie mobile et le cadre vaut d_0.
On considère que les deux parties en regard de l'accéléromètre constituent les armatures d'un condensateur plan de capacité C.
Cette capacité est inversement proportionnelle à la distance d qui sépare les deux armatures soit :

$$C = \frac{\alpha}{d}$$ α étant une constante positive.

La partie 3 est indépendante des parties 1 et 2.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1. Variation de la capacité du condensateur lors du mouvement du joueur

Données :

- distance entre les armatures pour l'accéléromètre au repos : d_0 = 1,50 µm ;
- constante de raideur du ressort de rappel : k = 2,64 $\times 10^{-1}$ N.m^{-1} ;
- masse de la partie mobile : m = 1,60 $\times 10^{-9}$ kg ;
- capacité de deux parties en regard dans un élément de base de l'accéléromètre au repos : C_0 = 1,30 $\times 10^{-14}$ F.

Dans les conditions d'utilisation de la manette, on peut montrer que le déplacement x, selon l'axe Ox, de l'armature mobile par rapport à l'armature liée au cadre est proportionnel à l'accélération a_x subie par la manette soit $x = -\frac{m}{k}.a_x$

1.1. À l'aide d'une analyse dimensionnelle, montrer que l'expression de a_x est homogène à une accélération.

1.2. Le joueur imprime à la manette de jeu, selon l'axe Ox, une accélération a_{1x} = - 4,00 m.s^{-2}. L'armature mobile se déplace de $x = x_1$ par rapport au cadre. La distance entre les armatures vaut alors $d = d_1$ (**figure 8**). On note C_1 la nouvelle capacité du condensateur.

1.2.1. Calculer la valeur du déplacement x_1 de l'armature mobile par rapport au cadre.

1.2.2. La capacité du condensateur augmente-t-elle, diminue-t-elle ou reste-t-elle constante lorsque l'accéléromètre subit l'accélération a_{1x} ? Justifier.

1.2.3. Montrer que l'expression de la capacité du condensateur C_1 se met sous la forme : $C_1 = C_0 \frac{d_0}{d_1}$.

1.2.4. Calculer la valeur de la capacité C_1.

1.2.5. La structure de l'accéléromètre permet de multiplier la capacité C par un facteur β qui dépend du nombre d'éléments de base de l'accéléromètre. Dans le cas où β = 120, calculer la valeur de $\Delta C_1^{tot} = \beta.(C_1 - C_0)$.

2. Variation de la tension aux bornes de l'accéléromètre

2.1. On considère la manette au repos ; pour la mettre sous tension, on ferme l'interrupteur K dans le montage schématisé **figure 9**. Le condensateur de capacité C_0^{tot} se charge.

Données :

- capacité totale du condensateur lorsque l'accéléromètre est au repos : C_0^{tot} = 1,56 $\times 10^{-12}$ F ;
- résistance du conducteur ohmique : R = 100 kΩ ;
- force électromotrice du générateur : E = 3,00 V.

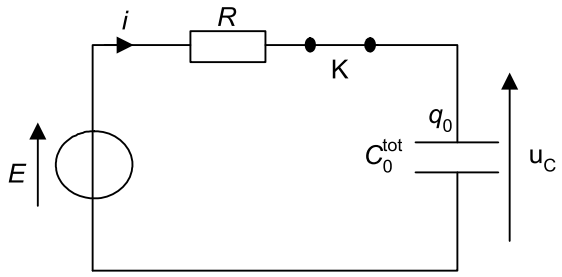


Figure 9. Circuit de charge du condensateur

2.1.1. Calculer la valeur de la constante de temps τ de ce circuit.
Le régime permanent est-il atteint au bout de 0,1 s ? Justifier.

2.1.2. En régime permanent, que vaut l'intensité i du courant dans le circuit ? Justifier.

2.1.3. Que vaut alors la tension u_C aux bornes du condensateur quand celui-ci est chargé ? Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.2. Un dispositif électronique ouvre l'interrupteur K quand le condensateur est chargé (**figure 10**). La tension à ses bornes est notée U_0.

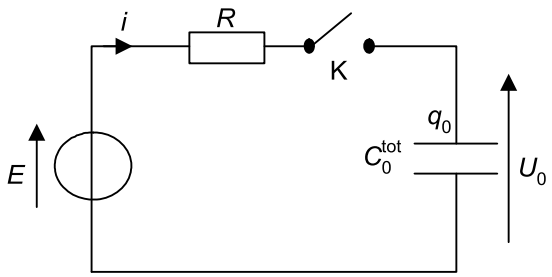


Figure 10. L'interrupteur K est ouvert

2.2.1. Lorsque l'accéléromètre est au repos, exprimer la charge q_0 portée par l'armature positive du condensateur en fonction de C_0^{tot} et U_0.

2.2.2. Lors du mouvement de la manette de jeu, l'accéléromètre est soumis à l'accélération a_{1x}.
La capacité du condensateur vaut alors $C_1^{tot} = C_0^{tot} + \Delta C_1^{tot}$ et la tension à ses bornes vaut U_1.

a. Le circuit étant ouvert, la charge q_0 du condensateur reste constante. En déduire que l'expression de la tension U_1 aux bornes du condensateur est : $U_1 = \dfrac{U_0\, C_0^{tot}}{C_0^{tot} + \Delta C_1^{tot}}$.

b. Calculer la valeur de U_1 en prenant $\Delta C_1^{tot} = -2{,}40 \times 10^{-14}\,\text{F}$.

c. Un dispositif électronique branché aux bornes de l'accéléromètre fonctionne correctement pour une variation de tension minimale égale à 1 mV. Peut-il détecter l'accélération a_{1x} ? Justifier.

3. Liaison manette de jeu-console

Donnée :

- célérité de la lumière dans l'air : c = 3,00 $\times 10^8$ m.s^{-1}.

La manette envoie des informations à la console de jeu à l'aide du procédé Bluetooth® qui utilise des ondes électromagnétiques de fréquence 2 450 MHz.

3.1. Calculer la longueur d'onde λ dans l'air des ondes électromagnétiques émises par la manette de jeu.

3.2. À l'aide de la **figure 11** ci-dessous, indiquer à quel domaine appartiennent les ondes électromagnétiques utilisées par le procédé Bluetooth®.

3.3. Entre le joueur et la console se trouve une pile de livres. On remarque que cet obstacle n'empêche pas la communication entre la manette et la console.
Citer un phénomène physique qui permettrait d'expliquer que la manette du joueur peut communiquer avec la console malgré l'obstacle que constitue la pile de livres.

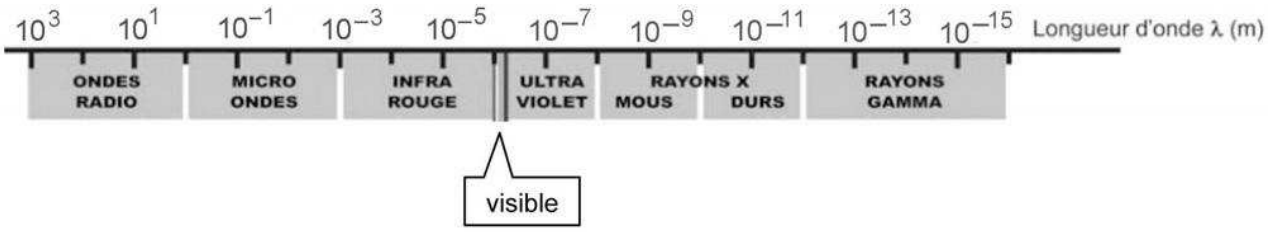


Figure 11. Spectre des ondes électromagnétiques

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

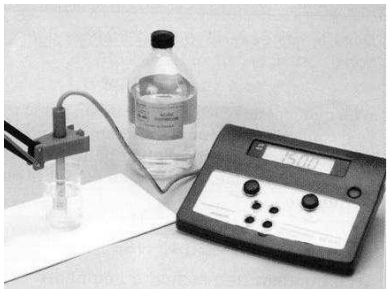
EXERCICE III - SUIVI CINÉTIQUE PAR CONDUCTIMÉTRIE (4 points)

On se propose d'étudier, par conductimétrie, la cinétique de l'hydrolyse du 2-chloro-2-méthylpropane qui est noté RCℓ.

On suppose que la seule réaction qui a lieu au cours de la transformation étudiée a pour équation :

$$RC\ell\,(\ell) + 2\,H_2O\,(\ell) = ROH\,(aq) + H_3O^+ + C\ell^-\,(aq) \quad \text{réaction (1)}$$

ROH représente le 2-méthylpropan-2-ol qui est produit au cours de la transformation.



Protocole :

Le 2-chloro-2-méthylpropane (RCℓ) est peu soluble dans l'eau mais il est très soluble dans un mélange eau - acétone en proportions appropriées.

Le mélange réactionnel initial est réalisé en versant une quantité de matière $n_i(RC\ell) = 9{,}1 \times 10^{-3}$ mol de 2-chloro-2-méthylpropane (RCℓ) dans un mélange eau – acétone. Le volume total de la solution dans le bécher est V = 50,0 mL.

L'eau présente est en très large excès.

1. Questions préliminaires

1.1. On propose dans le **TABLEAU A2 DE L'ANNEXE EN PAGE 10 à rendre avec la copie** des affirmations concernant le taux d'avancement final d'une réaction et l'équilibre chimique.
Compléter ce tableau en répondant par VRAI ou FAUX en toutes lettres et en justifiant brièvement les réponses.

1.2. Compléter le **TABLEAU A3 DE L'ANNEXE EN PAGE 11 à rendre avec la copie** à l'aide d'expressions littérales en respectant les notations de l'énoncé.
On négligera la quantité initiale d'ions H_3O^+ due à l'autoprotolyse de l'eau.

2. Suivi cinétique de la transformation par conductimétrie

La transformation modélisée par la réaction (1) peut être suivie par conductimétrie dans une enceinte thermostatée à la température de 40°C.
Pour cela, on plonge dans le bécher contenant le mélange eau - acétone une cellule conductimétrique préalablement étalonnée. On déclenche le chronomètre à l'instant où on ajoute le 2-chloro-2-méthylpropane (RCℓ) dans le mélange et on mesure la conductivité σ de la solution à différentes dates.

Les résultats obtenus permettent de tracer la courbe d'évolution de l'avancement x de la réaction en fonction du temps (**FIGURE A4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**).
On considère que l'état final est atteint à partir de la date t = 60 min.

2.1. Pourquoi peut-on effectuer un suivi conductimétrique de cette transformation ?

2.2. Courbe d'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction

2.2.1. L'expression littérale de la conductivité σ d'une solution en fonction des concentrations molaires effectives [X_i] des ions présents dans cette solution est donnée par la relation :

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

λ_i appelé conductivité molaire ionique est une constante dont la valeur dépend de l'ion X_i .
Donner l'expression littérale de la conductivité σ de la solution en considérant que seuls les ions oxonium H_3O^+ et chlorure $C\ell^-$, produits par la réaction (1), interviennent.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2.2.2. Déduire des questions 1.2. et 2.2.1. l'expression de la conductivité σ de la solution à la date t en fonction de l'avancement x de la réaction, du volume V de la solution et des conductivités molaires ioniques des ions oxonium $\lambda_{H_3O^+}$ et chlorure $\lambda_{C\ell^-}$.

2.3. Exploitation de la courbe d'évolution temporelle de l'avancement x de la réaction

On rappelle l'expression de la vitesse volumique de réaction : $v = \frac{1}{V}.\frac{dx}{dt}$, où V représente le volume du mélange réactionnel.

2.3.1. Définir le temps de demi-réaction noté $t_{1/2}$.

2.3.2. Déterminer graphiquement $t_{1/2}$ **SUR LA FIGURE A4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11**. On fera apparaître clairement la construction graphique.

2.3.3. Comparer, sans nécessairement les calculer, les vitesses volumiques de réaction v_0, v_{20} et v_{65} respectivement aux instants $t_0 = 0$, $t_{20} = 20$ min et $t_{65} = 65$ min.
Justifier par un tracé graphique **SUR LA FIGURE A4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11.**

2.3.4. Quel est le facteur cinétique responsable de la variation de la vitesse volumique ? Expliquer.

2.3.5. Tracer, **SUR LA FIGURE A4 DE L'ANNEXE EN PAGE 11,** l'allure de la courbe pour une température supérieure à 40°C. Justifier.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

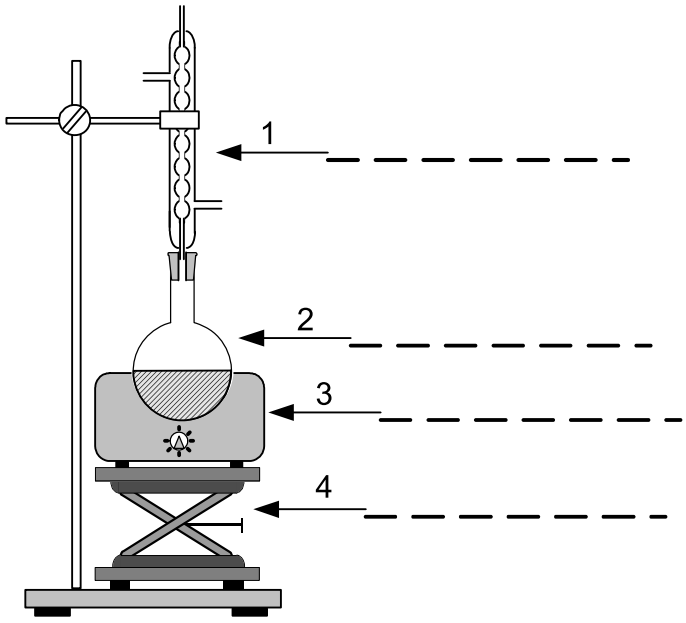


Figure A1. Schéma du montage utilisé pour la synthèse du savon de la partie 3

ANNEXE DE L'EXERCICE III

	Vrai ou Faux	Brève justification
Lorsque l'état d'équilibre chimique d'un système est atteint, les espèces chimiques arrêtent de réagir entre elles au niveau microscopique.		
Dans le cas d'un équilibre chimique, le taux d'avancement final change si on augmente la quantité de l'un des réactifs.		
Lorsque l'état d'équilibre chimique d'un système est atteint, le taux d'avancement final est toujours égal à 1.		

Tableau A2. Affirmations concernant le taux d'avancement final d'une réaction et l'équilibre chimique.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Équation chimique de la réaction		$RC\ell\,(\ell) + 2\,H_2O\,(\ell) = ROH(aq) + H_3O^+ + C\ell^-(aq)$				
État du système	Avancement en mol	Quantités de matière en mol				
État initial	$x = 0$		En excès			
Au cours de la transformation	x					
État final	x_f					
État final si transformation totale	x_{max}					

Tableau A3. Tableau descriptif de l'évolution du système chimique (ou tableau d'avancement)

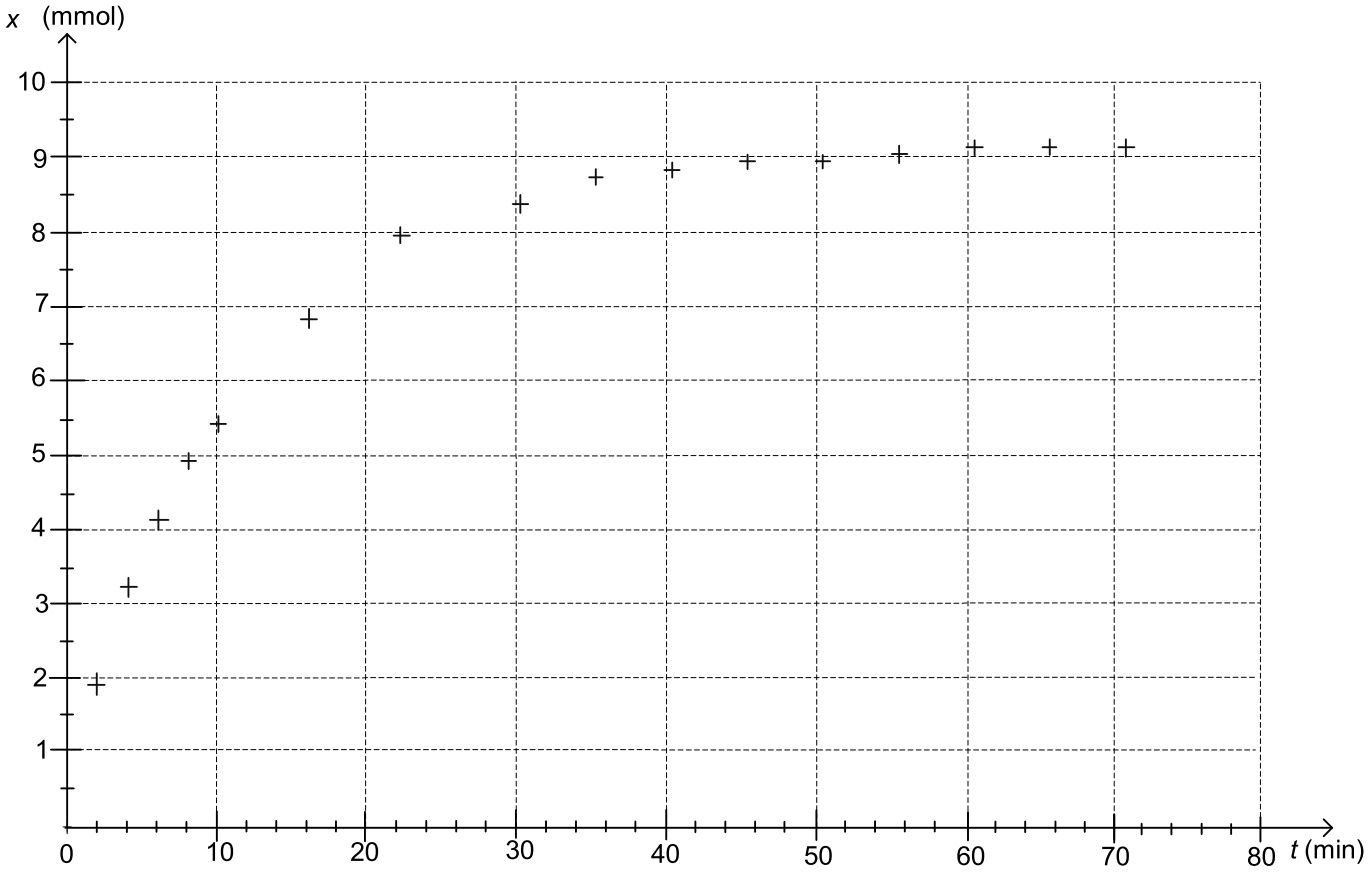


Figure A4. Courbe d'évolution de l'avancement au cours du temps

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer