BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2012

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

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

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

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

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

EXERCICE 1 : ODEUR FRUITÉE ET ARÔME SYNTHÉTIQUE (7 points)

Les parfums naturels, très chers car difficiles à extraire et à purifier, sont souvent remplacés par des produits chimiques synthétiques moins coûteux. Dans cet exercice, nous reproduirons l'odeur fruitée de la pomme par une réaction conduisant à la molécule de butanoate d'isoamyle.

On peut préparer le butanoate d'isoamyle (composé E) par action de l'acide butanoïque (A) sur l'alcool isoamylique (B).

Données :

Nom usuel	Formule semi-développée ou formule brute	Masse volumique ($g.mL^{-1}$)	Masse molaire ($g.mol^{-1}$)	Température d'ébullition (°C)
acide butyrique (A)	$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-OH$	0,963	88,0	162
alcool isoamylique (B)	$CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-OH$	0,813	88,0	132
butanoate d'isoamyle (E)	$C_9H_{18}O_2$	0,866	158,0	178

Température d'ébullition de l'eau : 100°C
Les masses volumiques et les températures d'ébullition sont données dans les conditions expérimentales.

1. Étude de la transformation chimique

1.1. Donner le nom de l'acide (A) dans la nomenclature officielle.

1.2. À quelle famille de composés chimiques le butanoate d'isoamyle (E) appartient-il ?

1.3. En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de la réaction synthèse du butanoate d'isoamyle (E).

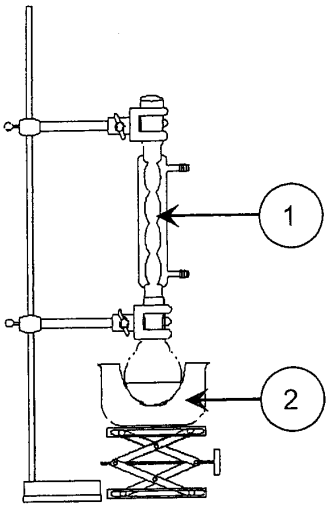
1.4. Quelles sont les caractéristiques de cette transformation chimique ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Étude du protocole opératoire

Afin de préparer cet arôme, on introduit dans un ballon un volume V_A = 11 mL d'acide butyrique (A) et un volume V_B = 13 mL d'alcool isoamylique (B). On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce.

2.1. Le montage utilisé pour cette synthèse est représenté ci-contre.



2.1.1. Comment nomme-t-on ce type de montage ?

2.1.2. Donner le nom des éléments (1) et (2) du montage désignés sur la figure par les flèches.

2.1.3. Quels sont les deux intérêts d'un tel dispositif ?

2.2. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

3. Étude du rendement

La constante d'équilibre K associée à cette réaction a pour valeur 4,0.

3.1. État initial

3.1.1. Écrire l'expression du quotient de réaction $Q_{r,i}$ dans l'état initial de la transformation.

3.1.2. Justifier le sens d'évolution spontanée du système.

3.1.3. Calculer les quantités de matière initiales, respectivement notées n(A) et n(B) des réactifs mis en présence. Le mélange initial est-il équimolaire ?

3.1.4. Compléter numériquement le tableau d'évolution de l'**annexe 1 à rendre avec la copie**. On notera x l'avancement.

3.2. État final

3.2.1. À partir de l'expression littérale du quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,éq}$ et de la valeur de K, montrer que la valeur de l'avancement à l'équilibre noté $x_{éq}$ est égale à 0,080 mol.

3.2.2. Exprimer puis calculer le taux d'avancement final τ de cette réaction.

3.2.3. Quelle masse de butanoate d'isoamyle (E) peut-on espérer recueillir en fin de réaction ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

4. Suivi cinétique

En utilisant un mode opératoire non détaillé ici, il est possible de suivre l'évolution de l'avancement au cours du temps pour le mélange réactionnel de volume $V = V_A + V_B$. Le graphique $x = f(t)$ obtenu est représenté sur l'**annexe 1 à rendre avec la copie.**

4.1. Donner la définition de la vitesse volumique de la réaction.

4.2. Comment cette vitesse évolue-t-elle au cours de la transformation ? Justifier à partir du graphique.

4.3. Peut-on considérer que la réaction est terminée au bout d'une heure ? Justifier.

4.4. Définir puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction.

5. Amélioration du rendement

Pour améliorer le rendement de cette synthèse, deux propositions sont avancées :

a- Augmenter la température.

b- Éliminer du mélange réactionnel par une distillation fractionnée l'espèce chimique dont la température d'ébullition est la plus faible.

5.1. Pour chaque proposition, indiquer en justifiant si elle permet d'augmenter le rendement.

5.2. Le rendement de cette synthèse peut être nettement amélioré en remplaçant l'acide (A) par l'anhydride butanoïque.

5.2.1. Donner la formule semi-développée de l'anhydride butanoïque.

5.2.2. Nommer le produit qui se forme en plus du butanoate d'isoamyle lors de cette nouvelle synthèse.

5.2.3. Donner les caractéristiques de cette réaction.

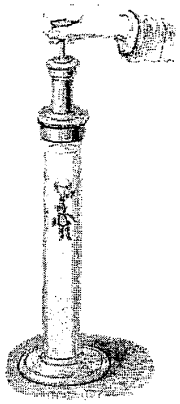
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 4 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE 2 : LE LUDION (5 points)

Le texte ci-dessous décrit le comportement d'un objet, communément appelé « ludion », plongé dans une colonne d'eau.

"Dans le liquide est une petite figure d'émail, soutenue par une boule de verre creuse qui contient de l'air et de l'eau... Cette boule est percée à sa partie inférieure, d'une petite ouverture par laquelle l'eau peut pénétrer ou sortir, selon que l'air intérieur de la boule est plus ou moins comprimé... Si l'on exerce avec la main une pression sur le piston comme le montre la figure, l'air qui est au-dessous se trouve comprimé et transmet la pression à l'eau du vase et à l'air qui est dans la boule...."

Texte et illustration provenant de : A. GANOT, Traité de Physique, Ed. Ganot, 1870.



1. Principe de fonctionnement

Au laboratoire, le ludion peut être réalisé à l'aide d'une bille (B) de verre de volume V_B, symbolisant la figurine solide, placée dans un ballon de baudruche (A) fermé et imperméable, renfermant de l'air de volume variable V_A ; le ludion a donc un volume V_L variable tel que $V_L = V_B + V_A$.

Il est placé dans une éprouvette cylindrique verticale (C), remplie d'eau sur une hauteur h très supérieure aux dimensions du ludion et fermée dans sa partie supérieure par une membrane souple imperméable (M).

Lorsque l'on n'appuie pas sur la membrane, le ludion est en équilibre en un point voisin de la surface de l'eau, (figure 1). Lorsque l'on appuie sur la membrane (M), on constate que le ludion tombe au fond de l'éprouvette (figure 2).
On se propose d'interpréter sommairement cette observation.

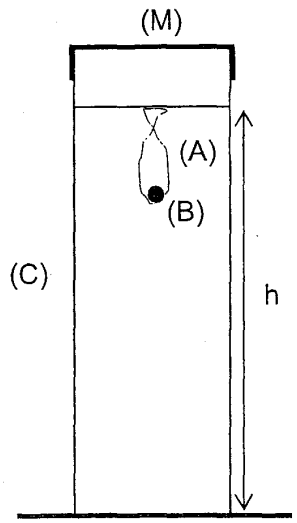
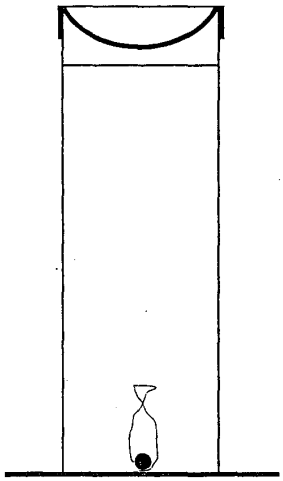


Figure 1

On appuie sur la membrane.


Figure 2

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 5 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Données :

- Masse du ludion (bille + ballon + air dans le ballon) : $m_L = 6{,}8$ g
- Volume de la bille : $V_B = 1{,}8\ cm^3$
- Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1000\ kg.m^{-3}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$
- Équation d'état des gaz parfaits : P V = n R T ; dans cette expression P est en Pascal (Pa), V en mètres cubes (m^3), n en moles (mol), T en Kelvin (K) et R est la constante des gaz parfaits ($J.mol^{-1}.K^{-1}$).
- La température est constante et égale à 298 K.

1.1. Étude de l'équilibre

1.1.1. Faire l'inventaire des forces s'exerçant sur le ludion lorsque celui-ci est en équilibre.

1.1.2. Exprimer la valeur des différentes forces en fonction de m_L, ρ_{eau}, V_L, g.

1.1.3. Soit V_{A_1} le volume d'air enfermé dans le ballon lorsque le ludion est en équilibre. Établir son expression littérale en fonction de m_L, ρ_{eau} et V_B.

1.1.4. Calculer la valeur du volume d'air V_{A_1}.

1.2. Mise en mouvement du ludion

L'eau est supposée incompressible. La compression de la membrane augmente globalement la pression de l'eau sur l'air enfermé dans le ludion.

1.2.1. En considérant l'air comme un gaz parfait, indiquer l'évolution du volume d'air contenu dans le ludion après compression de la membrane.

1.2.2. Justifier alors que le ludion entame un mouvement vertical vers le bas.

2. Étude du mouvement du ludion

Pour étudier le mouvement du ludion, on se place dans le référentiel du laboratoire. On définit un axe vertical Oz dirigé vers le bas, le point O coïncide avec le centre d'inertie du ludion à l'instant de date t = 0 s (instant où le ludion débute sa descente) (figure 3).

On suppose que le ludion est soumis à une force de frottement s'exprimant sous la forme $\vec{f} = -k\vec{v}$ où $\vec{v}$ est le vecteur vitesse du centre d'inertie de la bille et k le coefficient de frottement ($k = 1{,}6\times10^{-2}\ kg.s^{-1}$).

On néglige la variation de pression avec la profondeur et on considère que la pression de l'eau sur l'air enfermé dans le ludion est la même quelle que soit l'ordonnée z du ludion.

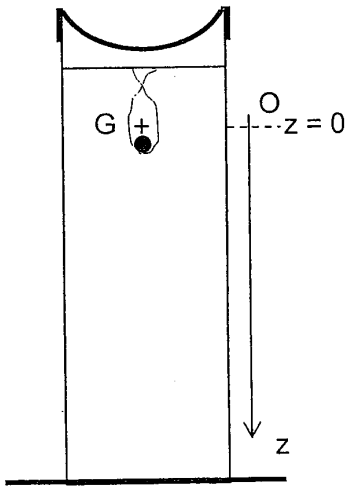


Figure 3

Le volume d'air du ludion est désormais $V_{A_2} = 4{,}8\ cm^3$ et est supposé constant sur l'ensemble de la descente.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.1. Représenter, à l'aide d'un schéma, sans souci d'échelle, mais de façon cohérente, les forces s'exerçant sur le ludion en mouvement.

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

2.3. Montrer que l'équation précédente est de la forme $\frac{dv}{dt} + A \cdot v = B$ en donnant l'expression de B en fonction de m_L, k, ρ_{eau}, g, V_B et V_{A_2}.

Vérifier que la constante B = 0,29 SI en précisant son unité.

2.4. On veut résoudre cette équation différentielle par une méthode numérique : la méthode d'Euler.
Le tableau suivant est un extrait d'une feuille de calcul des valeurs de la vitesse (v) et de l'accélération (a) du ludion en fonction du temps (t). Il correspond aux valeurs A = 2,4 s^{-1} et B = 0,29 SI.

t (s)	v ($m.s^{-1}$)	a ($m.s^{-2}$)
0,00	0,00	0,29
0,10	0,03	0,22
0,20	0,05	0,17
0,30	0,07	0,13
0,40	0,08	a_4
0,50	v_5	0,07
0,60	0,10	0,06

2.4.1. Quelle est la valeur du pas d'itération Δt choisi ?

2.4.2. Déterminer a_4 et v_5 en détaillant les calculs.

2.4.3. On a représenté sur le même graphique (voir figure 4 à la page suivante) les courbes d'évolution de la vitesse du ludion au cours du temps pendant sa descente obtenues, d'une part par pointage vidéo et traitement informatique, d'autre part la méthode d'Euler.

Sans conclure sur la validité du modèle utilisé pour la force de frottement, quel serait l'intérêt de diminuer le pas d'itération utilisé par la méthode d'Euler ?

2.4.4. Déterminer l'expression de la vitesse limite en fonction de A et B puis sa valeur. Vérifier qu'elle est en accord avec l'expérience.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

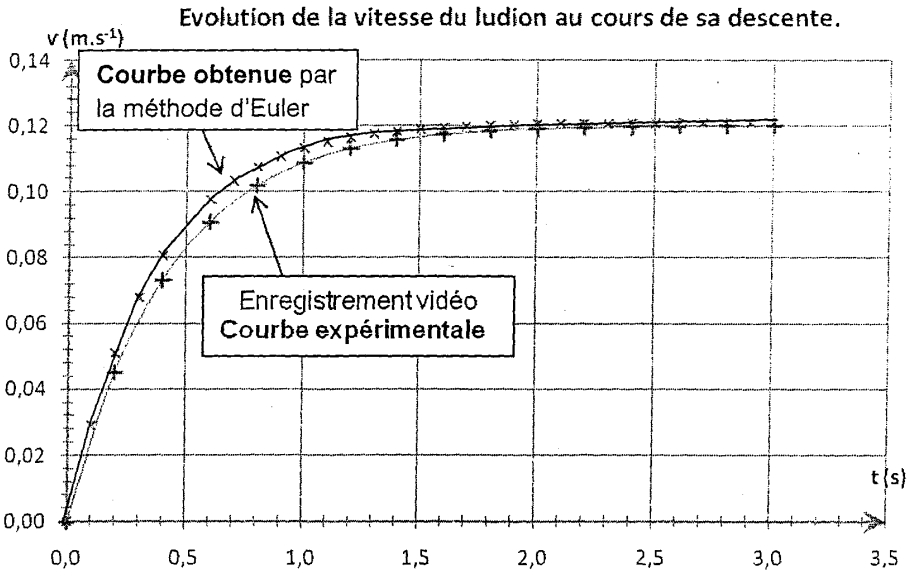


Figure 4

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

EXERCICE 3 : UNE LAMPE « SECOUÉE » (4 points)

De nouvelles lampes dites écologiques ont fait leur apparition sur le marché. On se propose, dans cet exercice, d'étudier leur dispositif de stockage de l'énergie électrique.

Nous avons cherché longtemps une solution à l'éternel problème de la lampe de secours (voiture, bateau, maison, camping, avion...) qui, bien sûr, ne marche jamais quand on en a besoin. Au mieux les piles sont « mortes », au pire elles ont coulé ou l'ampoule est grillée quand ce ne sont pas les contacts qui sont corrodés. […]
Aux USA, un petit fabricant a mis à profit l'arrivée des DEL pour réaliser l'un de ses rêves, la « lampe sans pile ».

Fonctionnement : *En secouant (un peu comme une bombe de peinture mais plus doucement) la lampe pendant 30 secondes, de l'énergie électrique est produite et stockée dans un condensateur. Vous obtenez alors environ 20 min d'une lumière produite par une DEL.*
Si vous n'utilisez pas toute l'énergie produite elle restera stockée dans le condensateur pendant plusieurs semaines pour être immédiatement disponible sur simple pression du bouton.

Information sur les composants :
Le condensateur a une capacité d'un farad et peut stocker au maximum une énergie égale à 12 J. Il perd 8 mJ par heure.

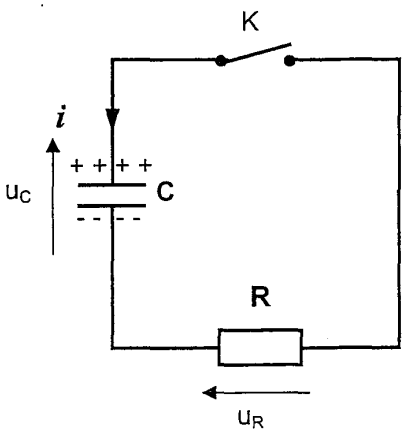
D'après : http://www.lampesdepoche.com

On considère qu'en secouant la lampe durant trente secondes le condensateur est chargé et la tension entre ses bornes est $U_0 = 3{,}6$ V.

1. Le dipôle RC

On étudie la décharge du condensateur de capacité C = 1,0 F à travers un conducteur ohmique de résistance R.

À $t_0 = 0$ s, on ferme l'interrupteur K et la décharge débute.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.1. Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ pendant la décharge et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme : $\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{\tau} . u_C = 0$ où $\tau = RC$ est la constante de temps du circuit.

1.2. Vérifier par une analyse dimensionnelle que la constante de temps τ est homogène à un temps.

1.3. Montrer que $u_C(t) = U_0.e^{-t/\tau}$ est solution de l'équation différentielle précédente.

1.4. En déduire qu'une durée environ égale à 5τ permet une décharge quasi-complète du condensateur.

1.5. Si l'on considère que cette durée est égale à vingt minutes, déterminer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique qu'il faut alors associer au condensateur de capacité C = 1,0 F.

2. Énergie emmagasinée dans le dipôle RC

2.1. Lors du « secouement » de la lampe, il y a conversion d'énergie. Choisir parmi les propositions suivantes celle qui décrit le mieux la situation :

a) Conversion d'énergie électrique en énergie mécanique ;
b) Conversion d'énergie chimique en énergie électrique ;
c) Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique ;
d) Conversion d'énergie mécanique en énergie chimique.

2.2. Rappeler l'expression de l'énergie E(t) emmagasinée dans le condensateur au cours du temps en fonction de $u_C(t)$ et C.

2.3. Calculer l'énergie E_{max} emmagasinée dans le condensateur à l'issue de sa charge lorsque la tension entre ses bornes est U_0 = 3,6 V. Vérifier qu'elle ne dépasse pas les performances annoncées par le constructeur.

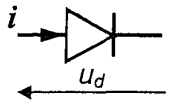
2.4. Vérifier par un calcul que la lampe ne pourra pas fonctionner sans être « secouée » après plusieurs semaines sans utilisation.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

3. Simulation de l'éclairage

On peut simuler le fonctionnement de la lampe en ajoutant en série, dans le circuit de décharge du condensateur, une diode électroluminescente (DEL) composant polarisé.

Une diode ne laisse passer le courant que dans le sens indiqué sur le schéma ci-dessous (appelé sens passant) et à la condition que la tension u_d entre ses bornes soit supérieure ou égale à une tension appelée tension de seuil soit ici U_{seuil} = 3,0 V. De plus, on considère que la diode possède une résistance r supposée constante.



3.1. Sur le schéma du circuit représenté figure 1 de l'**annexe 2 à rendre avec la copie**, ajouter, en série avec la résistance R, une diode électroluminescente qui laisse passer le courant lors de la décharge du condensateur.

3.2. Pourquoi le condensateur ne peut-il pas se décharger complètement ?

3.3. La durée d'évolution de la tension aux bornes du condensateur de 3,6 V à 3,0 V est-elle modifiée par la présence de la DEL dans le montage ? Justifier.

3.4. Pour décharger complètement le condensateur dans le montage précédent on propose plusieurs solutions :

- inverser le sens de la diode ;
- augmenter la valeur de la résistance R ;
- court-circuiter le condensateur ;
- court-circuiter la diode ;
- enlever la diode en laissant le circuit ouvert.

Choisir la ou les solution(s) permettant la décharge complète en donnant un argument justifiant ce choix.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 11 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

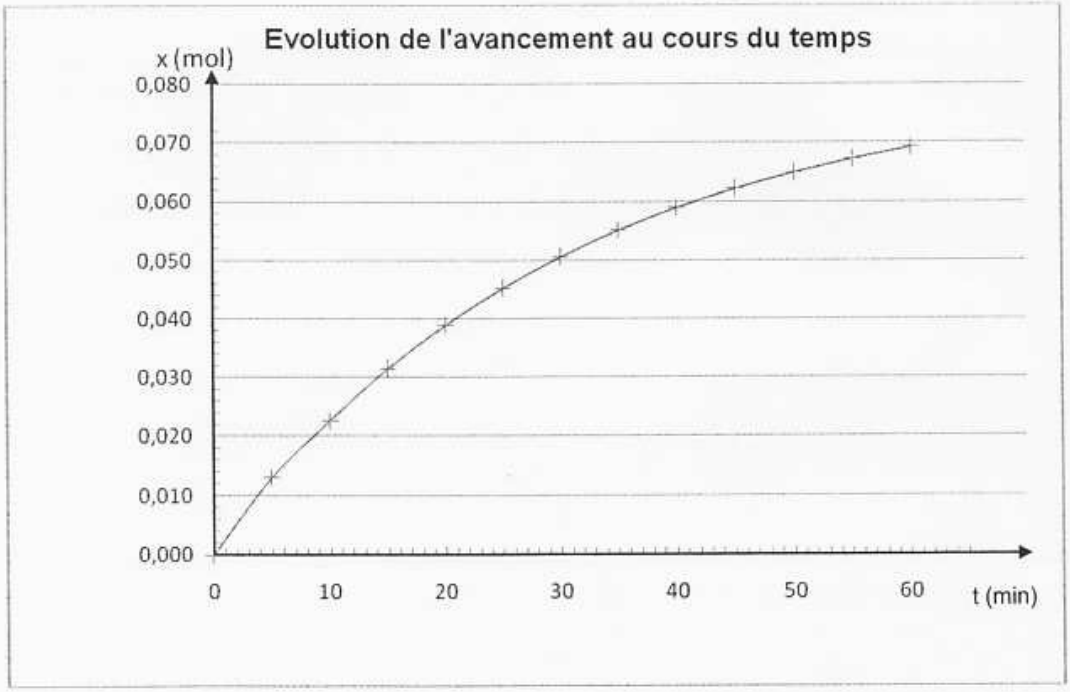
ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1 : Odeur fruitée et arôme synthétique

Question 3.1.4. : Tableau d'avancement à compléter

Équation de la réaction		A + B = E + ...			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0				
État intermédiaire	x				
État final	$x_{éq}$				

Question 4. : Détermination de $t_{1/2}$.



ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 3 : Une lampe secouée

Question 3.1. : Schéma à compléter

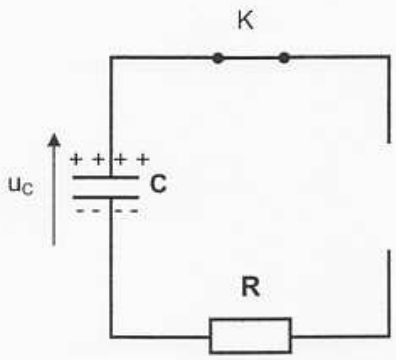


Figure 1

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 13 / 13
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer