BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2012

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

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

obligatoire

L'usage des calculatrices N'EST PAS autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte un exercice de PHYSIQUE ET CHIMIE, un exercice 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.

EXERCICE I. LA COMMUNICATION CHEZ LES ANIMAUX ET LES VÉGÉTAUX (6,5 points)

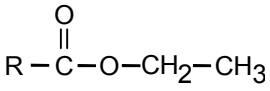
Contrairement aux êtres humains, la plupart des animaux ne communiquent pas par la parole. Cependant des attitudes, des émissions d'odeurs, de sons et de lumière leur permettent d'échanger des informations avec leurs congénères.
L'objectif de cet exercice est d'illustrer les communications olfactive, sonore et visuelle dans le monde animal et végétal.

Les trois parties de cet exercice sont indépendantes.

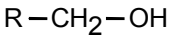
Données :
- constante d'Avogadro : $N_A = 6{,}02\times10^{23}$ mol^{-1} ;
- constante de Planck : $h = 6{,}62\times10^{-34}$ J.s ;
- électron-volt : 1 eV = $1{,}6\times10^{-19}$ J ;
- célérité de la lumière dans la vide : $c = 3{,}0\times10^{8}$ m.s^{-1} ;
- masse molaire moléculaire de la phéromone C : M(phéromone C) = 224 g.mol^{-1}.

1. Des odeurs émises par des insectes

En matière de communication olfactive, le bombyx du mûrier (ver à soie) est un expert. La femelle libère des phéromones, comme par exemple le bombykol, que le mâle peut détecter jusqu'à des dizaines de kilomètres.
Cet insecte synthétise à partir de la molécule A présentée ci-dessous le bombykol (molécule B).
Le groupement R, composé d'atomes de carbone et d'hydrogène, représente un enchaînement de plus d'une dizaine d'atomes de carbone. La connaissance de R n'est pas nécessaire pour la suite de l'exercice.



molécule A



molécule B : bombykol

1.1. À propos du bombykol

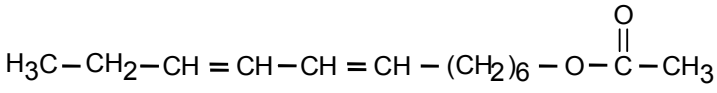
1.1.1. Recopier les formules des molécules A et B sur la copie. Entourer les groupes caractéristiques présents dans ces molécules et les nommer.

1.1.2. La molécule A peut réagir avec une solution d'hydroxyde de sodium $(Na^+ + HO^-)_{aq}$ selon une hydrolyse basique. Écrire l'équation de cette réaction chimique.

1.1.3. Citer une propriété caractéristique de cette réaction.

1.1.4. La synthèse du bombykol pourrait-elle s'effectuer par hydrolyse basique chez le bombyx du mûrier ? Justifier la réponse.

1.2. D'autres insectes utilisent les phéromones pour communiquer. On a représenté ci-dessous la molécule de la phéromone de la chenille des plantes grimpantes (phéromone C).

Molécule C : 

Cette phéromone persiste dans l'air un certain temps, ce qui facilite la localisation de l'insecte par ses congénères. L'insecte émet dans l'air entre un et cent nanogrammes de phéromones, ce qui correspond à un nombre important de molécules. Cependant, il suffit de dix molécules de phéromone pour que l'odorat d'un congénère la détecte.

1.2.1. Un insecte émet dans l'air une masse de phéromone égale à 22,4 ng. Calculer la quantité de matière correspondante, puis le nombre de molécules émises.

1.2.2. On estime qu'un congénère à proximité reçoit au moins une molécule sur un milliard émises. Ce congénère peut-il détecter cette phéromone ? Justifier la réponse.

1.2.3. On peut synthétiser cette molécule au laboratoire par une réaction d'estérification et l'utiliser également pour attirer ces insectes loin des plantes sans utiliser d'insecticide.

a. Représenter la formule semi-développée de l'acide carboxylique utilisé lors de la synthèse de la phéromone C par estérification au laboratoire. Nommer cet acide.

b. Cette transformation chimique est lente. Comment pourrait-on augmenter la vitesse de cette réaction ?

c. On veut toujours synthétiser la phéromone C mais on désire que le rendement de la nouvelle réaction soit supérieur à celui de la précédente. Pour cela, on remplace l'acide carboxylique par un autre réactif. Nommer et écrire la formule semi-développée de celui-ci.

2. Le son émis par les chauves-souris

Émettre un son, cela commence toujours par faire vibrer une partie d'un corps. Peu importe l'instrument, l'essentiel étant que les particules d'air ambiant se mettent à vibrer. La perturbation créée se propage ensuite de proche en proche. De particule en particule, la perturbation se propage dans l'air à la vitesse de 340 mètres par seconde.
À l'aide d'ondes de même nature que le son, les chauves-souris localisent leur proie.
(D'après : *La symphonie animale, Antonio Fischetti)*

2.1. Donner la définition d'une onde mécanique.

2.2. Citer les mots du texte introductif qui peuvent être associés aux termes suivants : « milieu matériel » et « sans transport de matière ».

2.3. Le signal émis par les chauves-souris pour localiser leurs proies est une onde longitudinale. Donner la définition du terme « longitudinale » pour une onde.

2.4. Une chauve-souris émet un signal ayant une célérité $v = 340$ m.s^{-1} à 20°C. Un papillon situé à une distance $d = 1{,}70$ m constitue un obstacle sur lequel le signal émis se réfléchit puis revient vers la chauve-souris qui le perçoit avec un retard Δt. Exprimer ce retard Δt en fonction de d et v. Vérifier que sa valeur est de 10,0 ms. On néglige la vitesse de déplacement de la chauve-souris.

2.5. La célérité de l'onde émise par la chauve-souris est une fonction croissante de la température. À 30°C, la célérité de l'onde émise est de 350 m.s^{-1} et pour une proie située à 1,70 m, la durée Δt ' entre l'émission et la réception du signal par la chauve-souris est égale à 9,71 ms. Choisir, parmi les trois propositions ci-dessous dont une est exacte, la valeur correcte de la durée Δt '' entre l'émission et la réception du signal par la chauve-souris en hiver à 0°C. Justifier sans calcul.

9,60 ms	9,80 ms	10,3 ms

2.6. Le signal émis par la chauve-souris est une onde ultrasonore de fréquence $f = 200$ kHz.
Donner l'expression liant la fréquence f, la longueur d'onde λ et la célérité v de l'onde. Calculer la longueur d'onde λ du signal à 20°C.

3. La lumière émise par certains planctons

Dans le monde sous-marin, le dinoflagellé, sorte d'algue contenue en grande proportion dans le phytoplancton, émet un rayonnement électromagnétique par bioluminescence. C'est l'énergie libérée par une réaction chimique qui apporte à des atomes du dinoflagellé une énergie suffisante pour les placer dans un état excité. Les désexcitations spontanées vers un état plus stable conduisent à un phénomène de luminescence si le rayonnement émis appartient au spectre visible par l'œil humain.
Cette luminescence attire les poissons qui ingèrent alors le plancton.

3.1. On peut réaliser des expériences de diffraction avec la lumière.

3.1.1. Que peut-on en déduire sur la nature de la lumière ?

3.1.2. Citer le matériel nécessaire pour réaliser une expérience de diffraction de la lumière.

3.2. Parmi les trois propositions suivantes (a, b, c), donner celle(s) qui est (sont) exacte(s).

a. Les ondes lumineuses peuvent se propager dans l'eau.
b. Les ondes lumineuses peuvent se propager dans l'air.
c. Les ondes lumineuses peuvent se propager dans le vide.

3.3. La **figure 1** représente le diagramme énergétique simplifié d'un atome.

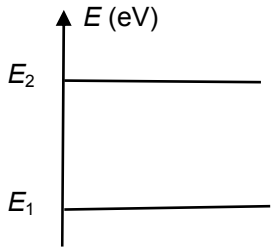


Figure 1. Diagramme énergétique simplifié d'un atome

3.3.1. Reproduire sur la copie et compléter ce diagramme en précisant : état excité, état plus stable. Représenter par une flèche la transition symbolisant l'émission de lumière entre les deux états d'énergie.

3.3.2. La différence d'énergie entre les deux niveaux est $\Delta E = E_2 - E_1 = 2{,}5$ eV. Donner l'expression de la longueur d'onde λ de la radiation émise. Calculer λ.

Aide au calcul. On prendra :				
$\frac{6{,}62}{3{,}0} = 2{,}2$	6,62 x 3,0 = 20	$\frac{3{,}0}{6{,}62} = 0{,}45$	2,5 x 1,6 = 4,0	$\frac{2{,}5}{1{,}6} = 1{,}6$

3.4. À l'aide du spectre d'émission de la lumière produite par le dinoflagellé au cours de la bioluminescence (**figure 2**), indiquer si la couleur de la lumière majoritairement perçue par l'œil humain au cours de la bioluminescence du dinoflagellé est plutôt : violet, rouge ou bleu-vert.

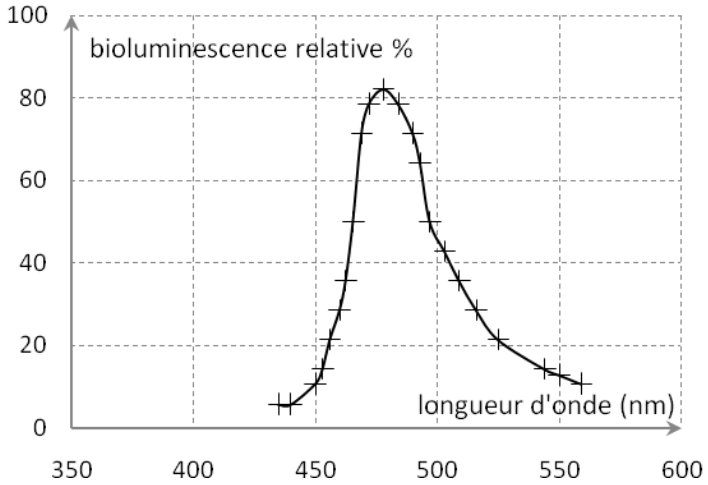


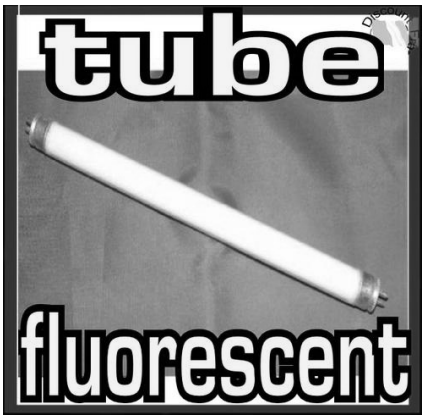
Figure 2. Spectre d'émission du dinoflagellé

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE II. TUBES FLUORESCENTS (5,5 points)

Les tubes fluorescents sont un type particulier de lampes électriques qui produisent de la lumière grâce à une décharge électrique. Leur lumière peut être blanche (pour l'éclairage) ou colorée (par exemple, pour la fabrication d'enseignes lumineuses). Les différentes couleurs obtenues dépendent de la nature du gaz utilisé dans les tubes ; ainsi, les lumières bleue, jaune ou rouge sont dues respectivement à la présence de mercure, de sodium ou de néon… Ces lampes sont d'ailleurs appelées par abus de langage « néons ».
La tension électrique, appelée tension d'allumage, nécessaire pour produire la décharge électrique lors de l'allumage de ces lampes peut être produite dans un circuit électrique assimilé à un condensateur et un conducteur ohmique placés en série.



Cet exercice a pour objectif d'une part de comprendre comment le circuit électrique proposé dans le texte précédent permet d'allumer et d'éteindre un tube fluorescent et d'autre part d'étudier l'aspect visuel du phénomène.

Le circuit électrique, dans lequel est inséré le tube fluorescent, est schématisé sur la **figure 3** ci-dessous.

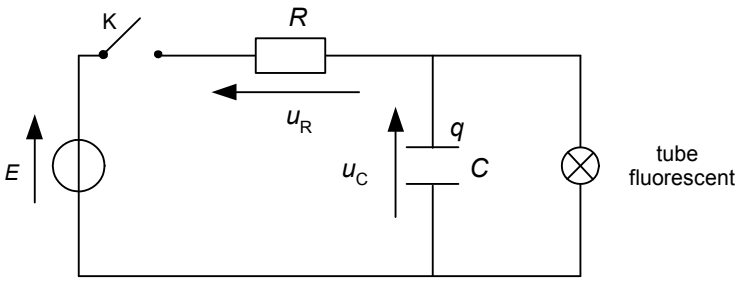


Figure 3. Schéma du circuit

Le tube fluorescent s'allume quand la tension à ses bornes dépasse 80 V, cette tension appelée tension d'allumage est notée U_a. Il s'éteint quand la tension u_C redescend sous la valeur de 30 V appelée tension d'extinction, notée U_e.

Quand le tube fluorescent est éteint, il se comporte comme un interrupteur ouvert. Par contre, lorsqu'il est allumé, il se comporte comme un conducteur ohmique de faible résistance.

Un système informatisé d'acquisition de données permet de visualiser la tension $u_C(t)$ en fonction du temps. À un instant $t = 0$ pris comme origine des dates, le tube fluorescent étant éteint, le condensateur n'étant pas chargé, on ferme l'interrupteur. On obtient le graphe de la **figure 4 page 6**.

Données :

- tension aux bornes du générateur : $E = 100$ V ;
- capacité du condensateur : $C = 0{,}60$ µF ;
- résistance du conducteur ohmique : $R = 60$ kΩ.

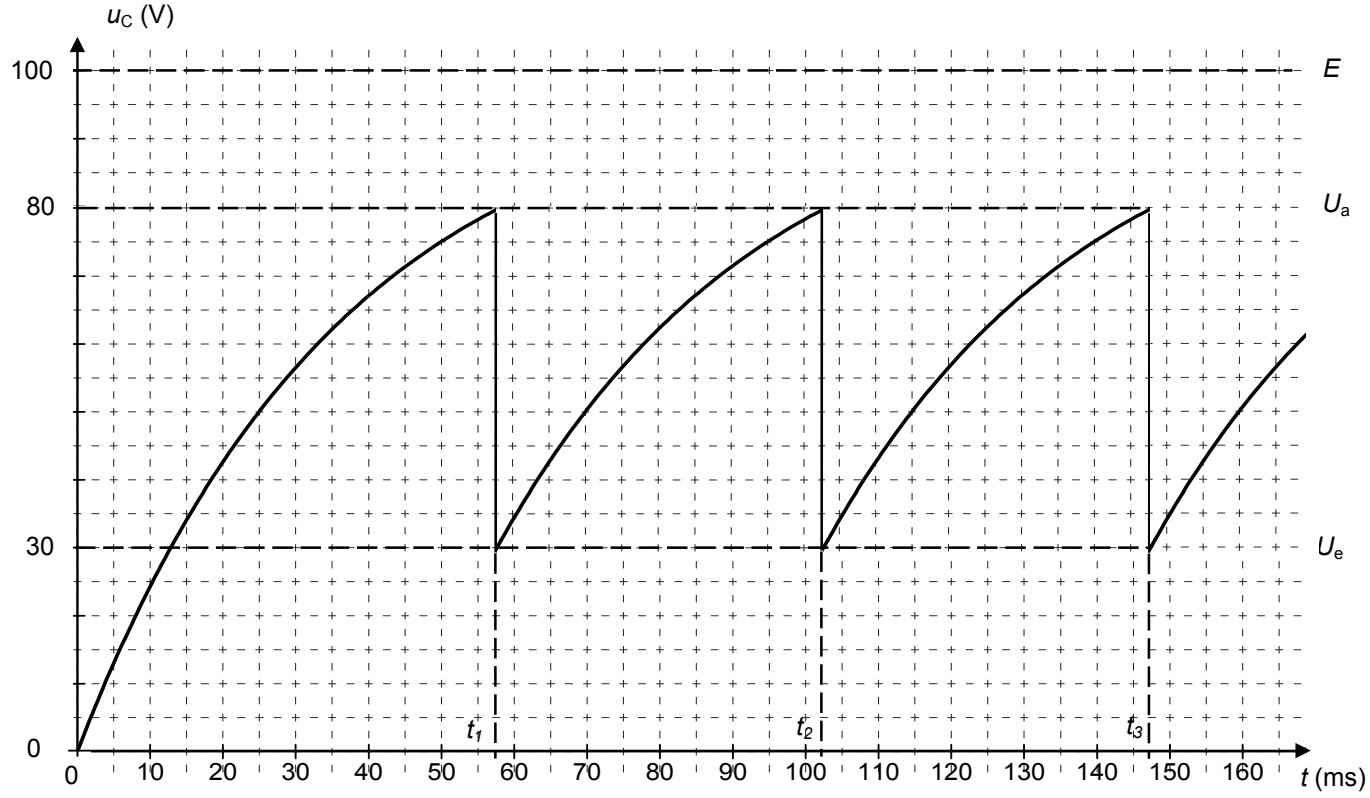


Figure 4. Évolution de la tension aux bornes du condensateur

1. Étude de l'évolution de la tension $u_C(t)$ dans la partie initiale comprise entre 0 et t_1

À un instant t = 0 pris comme origine des dates (tube fluorescent éteint, condensateur déchargé), l'interrupteur K est fermé. Le circuit précédent peut être simplifié selon le schéma de la **figure 5** ci-dessous car le tube fluorescent se comporte comme un interrupteur ouvert.

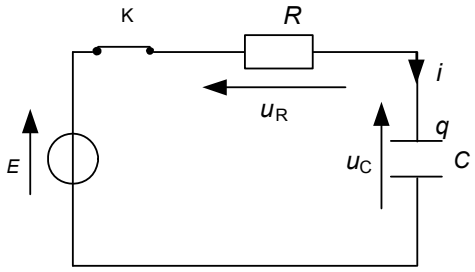


Figure 5. Schéma du circuit simplifié

1.1. Quel phénomène électrique se produit au niveau du condensateur quand on ferme l'interrupteur K ?

1.2. Établissement de l'équation différentielle régissant le fonctionnement de ce circuit.

1.2.1. Exprimer la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur en fonction de la charge $q(t)$ et de la capacité C du condensateur.

1.2.2. Écrire la relation entre la tension $u_R(t)$, l'intensité du courant $i(t)$ et la résistance R.

1.2.3. Donner la relation liant $i(t)$ et $q(t)$. En déduire la relation liant $i(t)$ et $u_C(t)$.

1.2.4. Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de la tension u_C(t) au cours du temps.

1.2.5. Vérifier que l'expression $u_C(t) = E(1-e^{-\frac{t}{RC}})$ est bien solution de cette équation différentielle.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 6 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

1.3. À l'instant t_1, le tube s'allume. La tension aux bornes du condensateur vaut alors U_a appelée tension d'allumage.

1.3.1. D'après l'expression de $u_C(t)$ donnée à la question 1.2.5, quelle est la valeur maximale théorique que pourrait atteindre la tension u_C aux bornes du condensateur ?

1.3.2. Donner l'expression de la constante de temps τ pour le circuit de la **figure 5**. Calculer sa valeur.

2. Étude des oscillations

L'interrupteur K de la **figure 3** étant toujours fermé, à partir de la date t_1, le tube fluorescent est allumé. Il se comporte alors comme un conducteur ohmique de faible résistance $r = 10\ \Omega$.
La résistance R étant très supérieure à la résistance r, le schéma de la **figure 3** se simplifie comme représenté sur la **figure 6**.

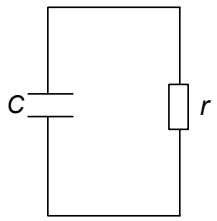


Figure 6. Schéma équivalent du montage simplifié quand le tube est allumé

2.1. Quel phénomène électrique se produit au niveau du condensateur juste après l'allumage ?

2.2. Calculer le rapport $\frac{\tau}{\tau'}$ où τ' est la constante de temps du dipôle (r, C) ainsi constitué.

Que faudrait-il faire au niveau de l'acquisition, si on voulait déterminer graphiquement la valeur de la constante de temps τ' du dipôle (r, C) ?

2.3. Quand la tension u_C atteint la valeur de la tension d'extinction $U_e = 30$ V, le tube fluorescent s'éteint. Que se produit-il à nouveau au niveau du condensateur ?

2.4. Le tube est allumé pendant la décroissance de la tension de 80 V à 30 V et éteint dans la partie croissante de 30 V à 80 V. Que peut-on dire des durées pendant lesquelles le tube est allumé par rapport à celles où il est éteint ?

2.5. Choisir, en les justifiant, le ou les adjectif(s) permettant de qualifier le régime observé.
À partir de l'instant t_1 on obtient un régime : apériodique - sinusoïdal - amorti - périodique - alternatif.

2.6. Que se passerait-il si la tension aux bornes du générateur avait été réglée à la valeur $E = 60$ V ? Justifier votre réponse.

3. Perception visuelle

Les successions d'allumages et d'extinctions du tube fluorescent peuvent ne pas se voir du fait de la persistance rétinienne des images. En effet, pour une intensité lumineuse telle que celle émise par ce tube, notre cerveau met environ 50 ms à « éliminer » une image de la rétine de l'œil.
3.1. Mesurer sur le graphe de la **figure 4** la durée Δt d'un cycle allumage-extinction.

3.2. Que voit une personne qui regarde le tube fluorescent dans le cas de l'expérience précédemment étudiée ? Justifier votre réponse.

3.3. On multiplie par cinq la valeur de la capacité C du condensateur dans le circuit de la **figure 3**, les autres paramètres de l'expérience initiale n'étant pas modifiés. Que voit désormais une personne qui regarde le tube fluorescent (aucun calcul n'est demandé) ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

EXERCICE III. L'ARÔME ARTIFICIEL D'ANANAS (4 points)

L'ananas est sans doute le plus emblématique des fruits tropicaux. Son parfum unique et sa couronne verdoyante lui ont valu, dans bien des pays, le surnom de « roi des fruits ».
L'arôme très attrayant de l'ananas a été l'objet de beaucoup de travaux d'analyse : plus de 280 substances aromatiques ont été identifiées.
Tenter de recréer l'odeur et la saveur si subtiles de l'ananas demeure un défi de taille pour le chimiste.
L'arôme artificiel d'ananas est obtenu industriellement en mélangeant sept esters, trois acides carboxyliques et sept huiles essentielles. Les trois composés majoritaires de ce mélange sont le butanoate d'éthyle (22%), l'éthanoate d'éthyle (15%) et l'acide butanoïque (12%).

D'après orkos.com et Introduction to Organic Laboratory Techniques, A Contemporary Approach de Donald L. Pavia

L'objectif de cet exercice est d'étudier d'une part la préparation de l'acide butanoïque à partir du beurre et d'autre part la réaction de synthèse du butanoate d'éthyle. L'acide butanoïque et le butanoate d'éthyle sont deux espèces chimiques présentes dans l'ananas.

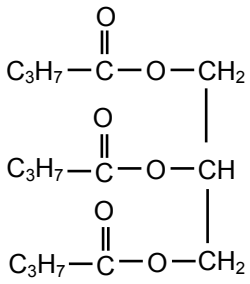
Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Préparation de l'acide butanoïque à partir du beurre

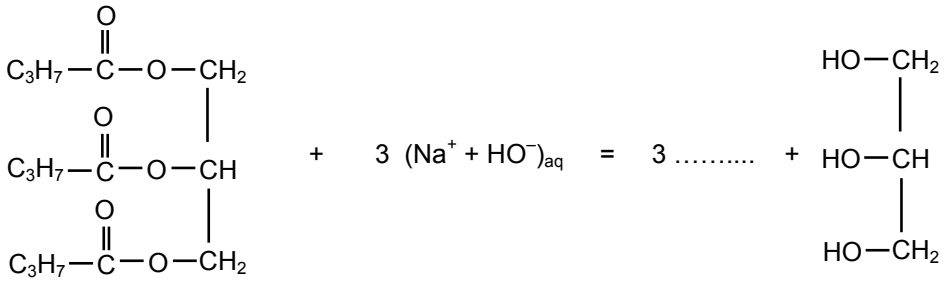
L'acide butanoïque peut être préparé à partir de la butyrine que l'on trouve dans le beurre.
Étape 1 : la butyrine réagit à chaud avec une solution aqueuse concentrée d'hydroxyde de sodium $(Na^+ + HO^-)_{aq}$.
Après refroidissement et autres traitements, on obtient du savon.
Étape 2 : on dissout le savon obtenu précédemment dans de l'eau chaude et on le fait réagir avec une solution d'acide chlorhydrique $(H_3O^+ + C\ell^-)_{aq}$. On obtient de l'acide butanoïque.

Données :

- la butyrine est un corps gras de formule semi-développée :



- l'équation de la réaction chimique entre la butyrine et la solution d'hydroxyde de sodium est :



Butyrine — Hydroxyde de sodium — Savon — Glycérol

1.1. Comment s'appelle la réaction chimique qui consiste à faire réagir la butyrine avec la solution d'hydroxyde de sodium ?

1.2. Donner la formule du savon obtenu et identifier sa partie hydrophobe.

1.3. Lors de l'étape 2, une réaction acido-basique mettant en jeu l'ion butanoate $C_3H_7CO_2^-$ se produit.

1.3.1. Écrire l'équation de cette réaction chimique.

1.3.2. Exprimer la constante d'équilibre de cette réaction. Calculer sa valeur à 25°C.

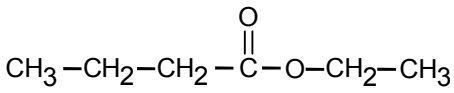
Données :

couple	pK à 25°C
C_3H_7COOH / $C_3H_7COO^-$	pK_A= 4,8
H_2O/HO^-	pK_E = 14,0

Aide au calcul. On prendra :		
$10^{4,8} = 6,3 \times 10^{4}$	$10^{-4,8} = 1,6 \times 10^{-5}$	$10^{-14,0} \times 10^{4,8} = 6,3 \times 10^{-10}$

2. Synthèse du butanoate d'éthyle

2.1. Le butanoate d'éthyle a pour formule semi-développée :



Il est synthétisé en faisant réagir l'acide butanoïque (A) et un alcool (B).

2.1.1. À quelle famille de composés organiques appartient le butanoate d'éthyle ?

2.1.2. Écrire l'équation de la réaction chimique de synthèse du butanoate d'éthyle en utilisant les formules semi-développées.

2.1.3. Donner le nom de l'alcool (B).

2.1.4. Rappeler les caractéristiques de cette transformation chimique.

2.2. Synthèse au laboratoire

Dans un ballon, on mélange une quantité de matière n_A = 0,22 mol d'acide butanoïque (A) avec un volume V_B = 12,8 mL d'alcool (B). On ajoute environ 1 mL d'une solution concentrée d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce.
On réalise le montage de la **figure 7** et on chauffe à ébullition pendant 30 minutes.
On refroidit ensuite le ballon sous le robinet d'eau froide, puis on verse son contenu dans un récipient contenant de l'eau salée. On observe deux phases liquides que l'on sépare à l'aide d'une ampoule à décanter. La phase organique est alors lavée et séchée.
On obtient une masse m_E = 14,8 g de butanoate d'éthyle (E).

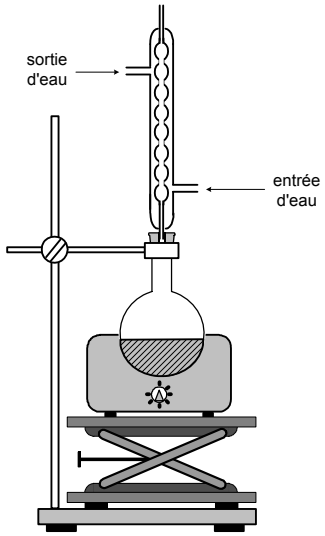


Figure 7. Schéma du montage expérimental

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 9 / 10
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Données :

nom	masse molaire	masse volumique
acide butanoïque (A)	$M_A = 88\ g.mol^{-1}$	$\rho_A = 0,96\ g.mL^{-1}$
alcool (B)	$M_B = 46\ g.mol^{-1}$	$\rho_B = 0,79\ g.mL^{-1}$
butanoate d'éthyle (E)	$M_E = 116\ g.mol^{-1}$	$\rho_E = 0,88\ g.mL^{-1}$

2.2.1. Comment nomme-t-on le montage de la **figure 7** ?

2.2.2. L'acide sulfurique concentré ajouté dans le mélange réactionnel sert de catalyseur. Quel est le rôle d'un catalyseur ?

2.2.3. Donner l'expression littérale de la quantité de matière n_B d'alcool introduite dans le ballon en fonction des données ci-dessus et du volume V_B.

2.2.4. Le mélange d'acide butanoïque (A) et d'alcool (B) est équimolaire. Calculer le rendement de la synthèse.

Aide au calcul. On prendra :			
$\frac{14,8\times0,22}{116} = 2,8\times10^{-2}$	$\frac{0,22}{14,8\times116} = 1,3\times10^{-4}$	$\frac{14,8}{116\times0,22} = 5,8\times10^{-1}$	$\frac{0,22\times116}{14,8} = 1,7$

2.2.5. On souhaite augmenter la quantité maximale de butanoate d'éthyle produit. Plusieurs propositions sont envisagées :

Proposition 1 : ajouter l'alcool (B) en excès au 0,22 mol d'acide butanoïque ;

Proposition 2 : doubler le volume d'acide sulfurique ;

Proposition 3 : remplacer l'acide butanoïque par l'anhydride correspondant.

Quelle(s) est (sont) celle(s) qui le permet(tent) (aucune justification n'est demandée) ?