

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2012

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

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 13 pages numérotées de 1 à 13, y compris celle-ci.

Les pages d'annexes (pages 12 et 13) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées.

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

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 :

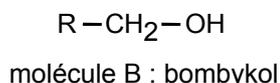
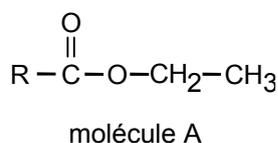
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- électron-volt : $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- célérité de la lumière dans la vide : $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- masse molaire moléculaire de la phéromone C : $M(\text{phéromone C}) = 224 \text{ g.mol}^{-1}$.

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).

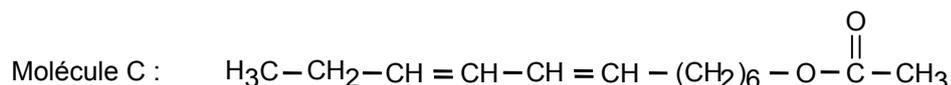
Le groupement R, composé d'atomes de carbone et d'hydrogène, représente un enchaînement de plus d'une dizaine d'atomes de carbone. La connaissance de R n'est pas nécessaire pour la suite de l'exercice.



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 ($\text{Na}^+ + \text{HO}^-$)_{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 grimpances (phéromone 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.
- 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.
 - Cette transformation chimique est lente. Comment pourrait-on augmenter la vitesse de cette réaction ?
 - 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 $v = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ à 20°C . Un papillon situé à une distance $d = 1,70 \text{ m}$ 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 $350 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et pour une proie située à 1,70 m, la durée $\Delta t'$ 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 $\Delta t''$ 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 $f = 200 \text{ kHz}$.

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.

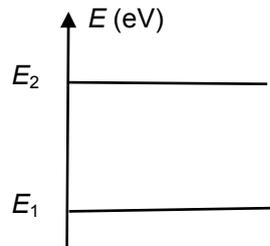


Figure 1. Diagramme énergétique simplifié d'un atome

- 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 :				
$\frac{6,62}{3,0} = 2,2$	$6,62 \times 3,0 = 20$	$\frac{3,0}{6,62} = 0,45$	$2,5 \times 1,6 = 4,0$	$\frac{2,5}{1,6} = 1,6$

- 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.

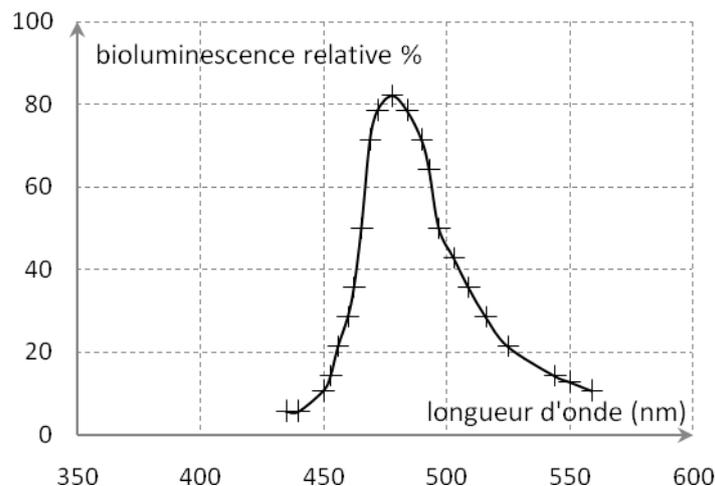
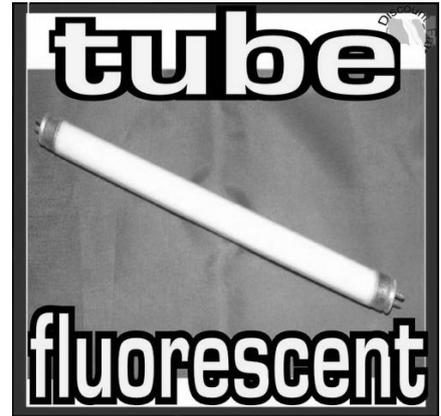


Figure 2. Spectre d'émission du dinoflagellé

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.

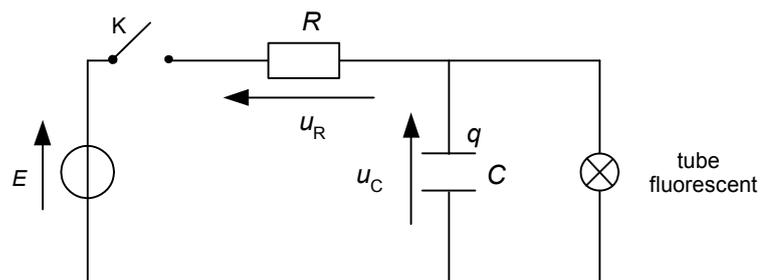


Figure 3. Schéma du circuit

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 : $E = 100 \text{ V}$;
- capacité du condensateur : $C = 0,60 \mu\text{F}$;
- résistance du conducteur ohmique : $R = 60 \text{ k}\Omega$.

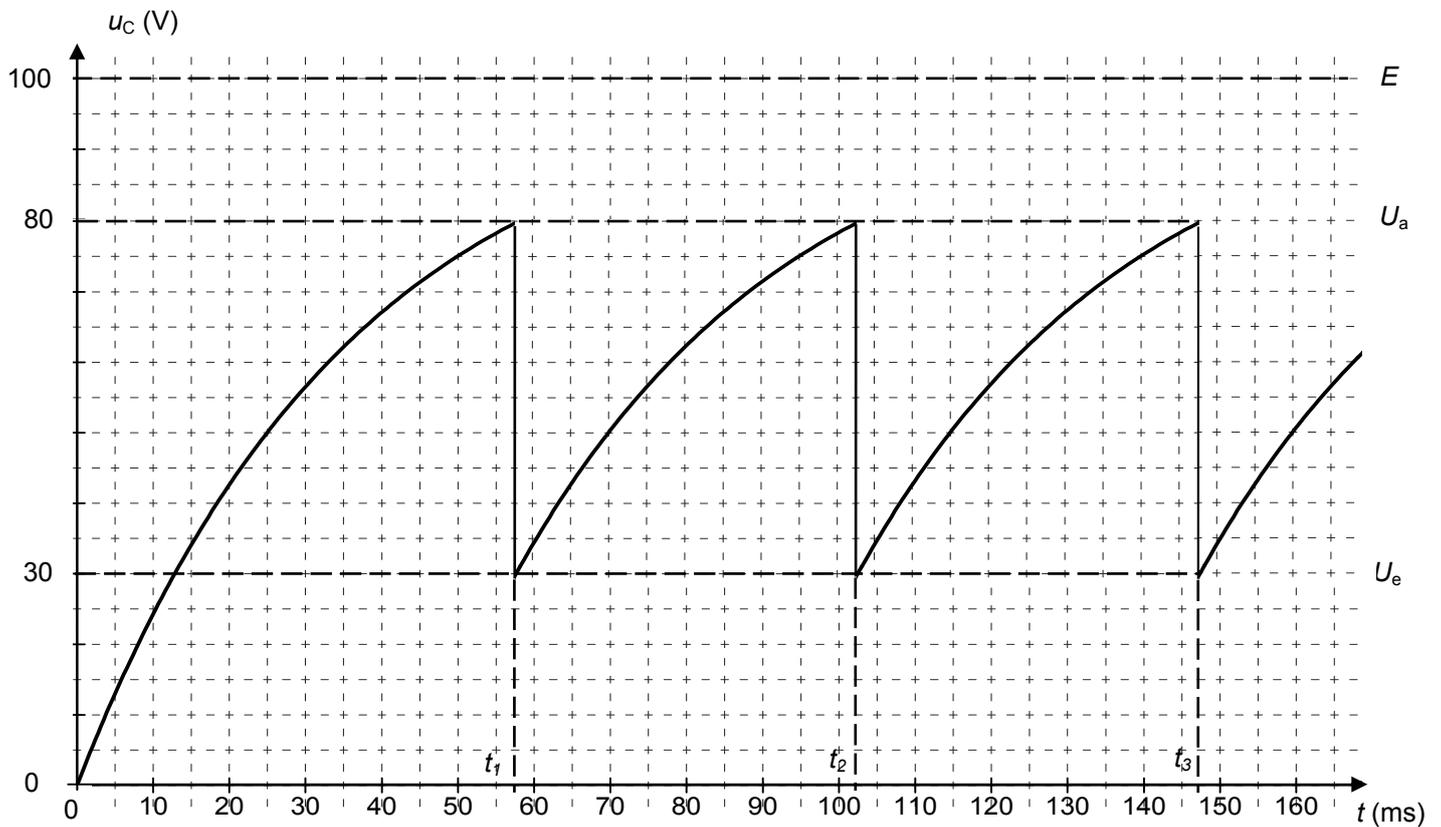


Figure 4. Évolution de la tension aux bornes du condensateur

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.

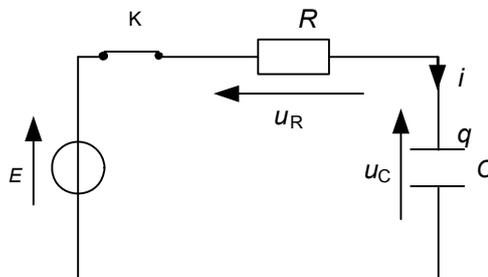


Figure 5. Schéma du circuit simplifié

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.

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**.

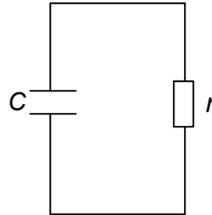


Figure 6. Schéma équivalent du montage simplifié quand le tube est allumé

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 $U_e = 30 \text{ V}$, 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 $E = 60 \text{ V}$? 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) ?

EXERCICE III. UN ARÔME ALIMENTAIRE (4 points)

Cet exercice est présenté sous la forme de Questions à Réponses Ouvertes et Courtes. Pour chacune des affirmations, il est demandé de répondre par « VRAI » ou « FAUX » en complétant le tableau de l'ANNEXE PAGES 12 ET 13 À RENDRE AVEC LA COPIE.

Justifier toute réponse « VRAI » en argumentant par des définitions, calculs, exemples ou contre-exemples, schémas sauf quand cela n'est pas demandé.

Toutes les réponses à cet exercice doivent être portées dans l'annexe à rendre avec la copie

La vanilline est le constituant principal de l'essence de vanille, que l'on extrait de gousses séchées et fermentées de la fleur nommée « Orchidée Vanille ».

La vanilline est l'un des parfums les plus utilisés. Son prix de revient étant élevé, elle peut être synthétisée en plusieurs étapes, en particulier à partir de l'isoeugénol, isomère d'un composé présent dans l'huile essentielle de clou de girofle.

d'après P. Atkins, Molécules au quotidien.

Dans cet exercice, on s'intéresse à deux des étapes de la synthèse de la vanilline ainsi qu'à son identification.

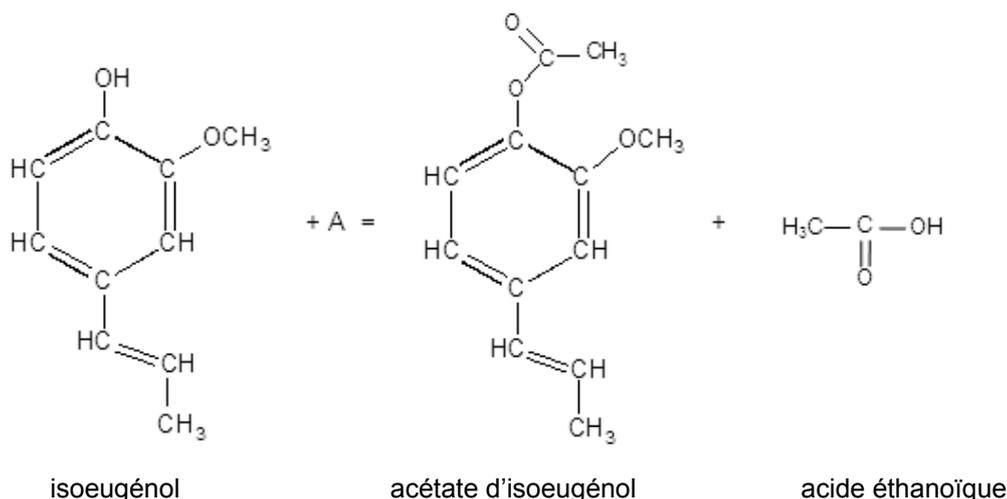
Données :

- masse volumique du dichlorométhane : $1,3 \text{ g. cm}^{-3}$;
- masse volumique de l'eau : $1,0 \text{ g. cm}^{-3}$;
- tableau des solubilités :

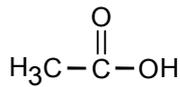
nom	solubilité dans l'eau	solubilité dans l'éthanol	solubilité dans le dichlorométhane
acétate de vanilline	faible	bonne	élevée
vanilline	faible	bonne	élevée
acide éthanoïque (acide acétique)	bonne	élevée	très faible
acide chlorhydrique	bonne	élevée	quasi-nulle
dichlorométhane	quasi-nulle	élevée	
éthanol	bonne		bonne

1. Synthèse de l'acétate d'isoeugénol à partir de l'isoeugénol

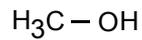
On considère que la synthèse de l'acétate d'isoeugénol à partir de l'isoeugénol est une réaction chimique d'estérification qui s'écrit :



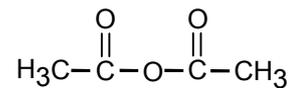
1.1. La formule semi-développée du réactif A est :



a.



b.



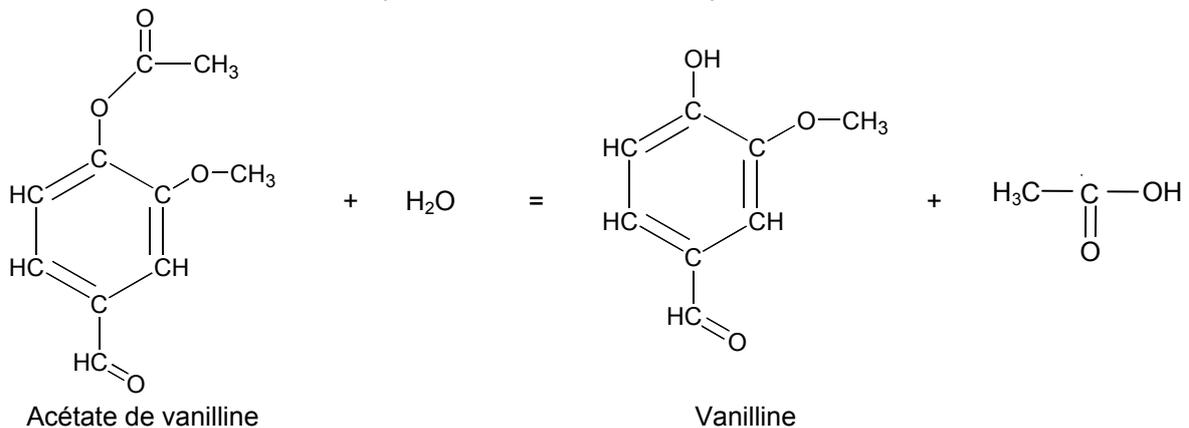
c.

1.2. On peut affirmer :

- que la réaction entre un alcool et un anhydride d'acide est totale ;
- que la réaction entre un acide carboxylique et un alcool est limitée ;
- que le taux d'avancement final de la réaction entre un alcool et un anhydride d'acide est inférieur à 1 ;
- que le taux d'avancement final de la réaction entre un alcool et un acide carboxylique est inférieur à 1.

2. Synthèse de la vanilline à partir de l'acétate de vanilline

Suite à la synthèse décrite dans la partie précédente, l'acétate d'isoeugénol est transformé en acétate de vanilline par un procédé non détaillé dans cet exercice. On s'intéresse maintenant à la transformation de l'acétate de vanilline en vanilline. L'équation de la réaction chimique de cette dernière transformation s'écrit :



2.1. Synthèse de la vanilline

On introduit dans un ballon une masse $m = 1,5$ g d'acétate de vanilline solide, correspondant à une quantité de matière $n = 7,7$ mmol. On y ajoute 10 mL d'éthanol, puis 50 mL d'acide chlorhydrique à 6 mol.L^{-1} . L'eau présente dans le milieu réactionnel est largement en excès.

On chauffe à reflux durant 30 minutes.

2.1.1. La molécule d'acétate de vanilline contient le groupe caractéristique :

- acide carboxylique ;
- alcool ;
- ester.

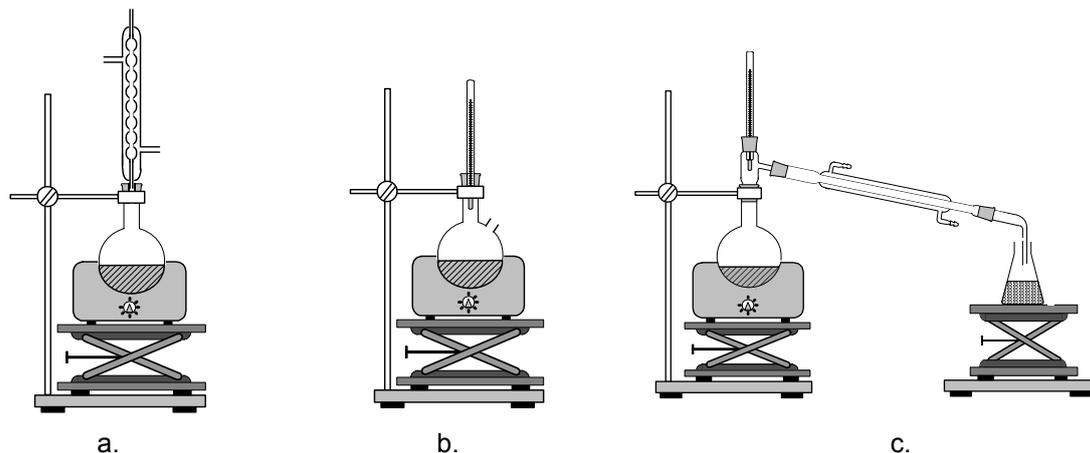
2.1.2. La transformation décrite est :

- une estérification ;
- une hydrolyse ;
- une saponification.

2.1.3. On peut dire que l'éthanol mentionné dans le protocole expérimental :

- est un réactif ;
- est un solvant de l'acétate de vanilline ajouté pour favoriser la synthèse de la vanilline.

2.1.4. La transformation chimique décrite à la question 2.1 s'effectue avec le montage schématisé par :



2.2. Extraction de la vanilline

Après refroidissement dans un bain d'eau glacée, on transvase le contenu du ballon dans une ampoule à décanter.

On réalise l'extraction de la vanilline synthétisée en ajoutant 25 mL de dichlorométhane.

La décantation achevée, on identifie les phases obtenues.

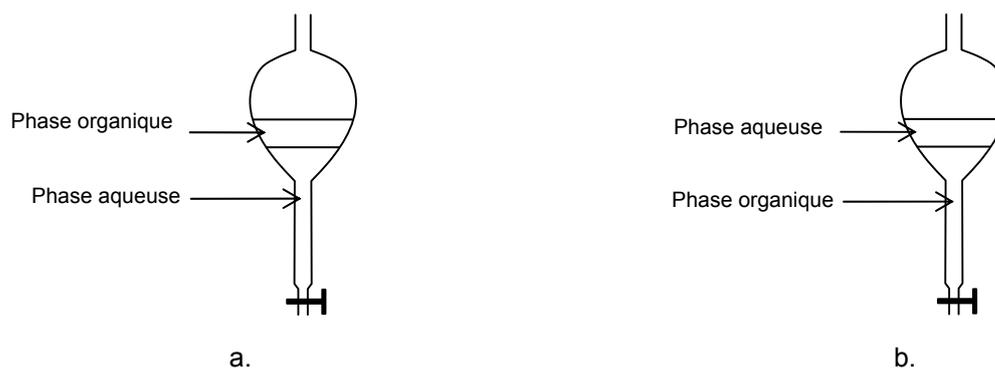
2.2.1. Une ampoule à décanter permet de :

- séparer une phase solide d'une phase liquide ;
- séparer deux phases liquides non miscibles.

2.2.2. La vanilline se trouve :

- dans la phase organique ;
- dans la phase aqueuse.

2.2.3. Le schéma correspondant à la décantation terminée est :



2.3. Rendement de la synthèse de la vanilline

La phase contenant la vanilline est récupérée, séchée sur du sulfate de magnésium anhydre, puis filtrée.

Ensuite un dispositif permet d'évaporer le solvant et ainsi de récupérer la vanilline. La quantité de matière de vanilline obtenue vaut $n' = 2,5$ mmol.

En admettant que le produit obtenu est uniquement composé de vanilline, choisir le rendement de la transformation réalisée :

- a. 3,1% ;
- b. 19 % ;
- c. 32 % ;
- d. 60 %.

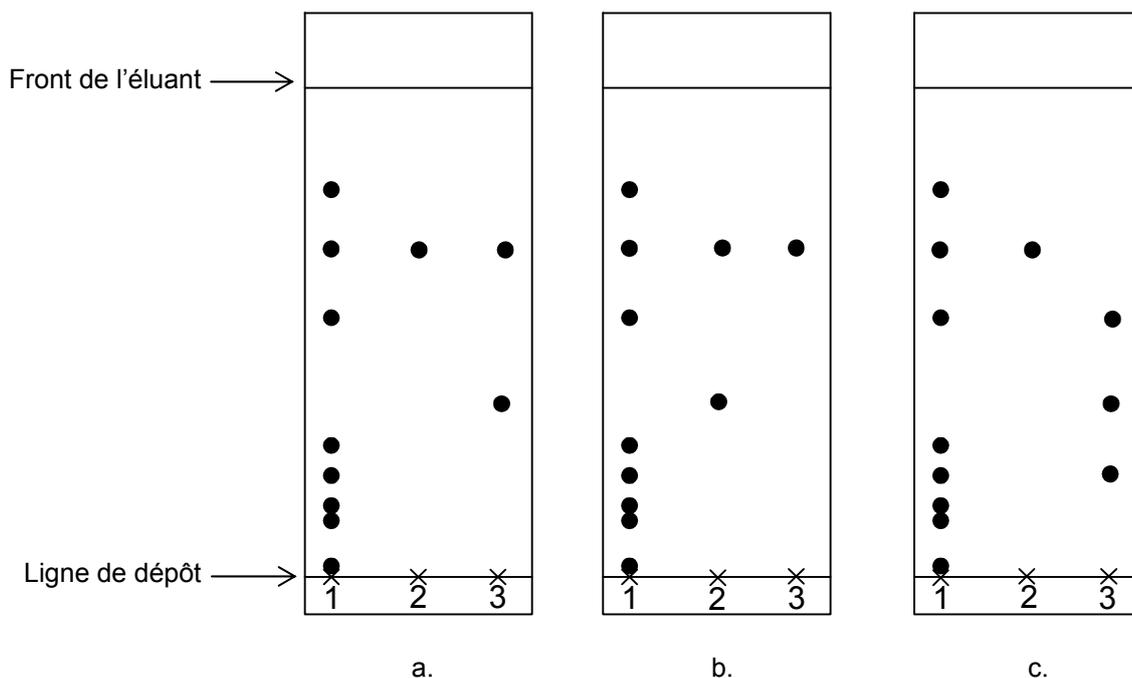
<i>Aide au calcul. On prendra :</i>			
$\frac{7,7}{2,5} = 3,1$	$\frac{2,5}{7,7} = 0,32$	$7,7 \times 2,5 = 19$	$\frac{1,5}{2,5} = 0,60$

3. Identification de la vanilline synthétisée

L'identification de la vanilline synthétisée peut se faire par chromatographie sur couche mince. Sur les chromatogrammes proposés, les dépôts (1), (2) et (3) correspondent à :

- (1) extrait d'arôme artificiel de vanille ;
- (2) vanilline pure ;
- (3) phase récupérée après extraction.

Le (ou les) chromatogramme(s) possible(s) est (sont) :



ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**ANNEXE DE L'EXERCICE III**

Question	Proposition	Répondre par VRAI ou FAUX	Justification ou explication
1.1.	a.		
	b.		
	c.		
1.2.	a.		PAS DE JUSTIFICATION
	b.		
	c.		
	d.		
2.1.1	a.		
	b.		
	c.		
2.1.2.	a.		
	b.		
	c.		
2.1.3.	a.		
	b.		
2.1.4.	a.		
	b.		
	c.		

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**ANNEXE DE L'EXERCICE III (suite)**

Question	Proposition	Répondre par VRAI ou FAUX	Justification ou explication
2.2.1.	a.		PAS DE JUSTIFICATION
	b.		
2.2.2.	a.		
	b.		
2.2.3.	a.		
	b.		
2.3.	a.		
	b.		
	c.		
	d.		
3.	a.		
	b.		
	c.		