

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S
ENSEIGNEMENT DE SPECIALITE

Durée de l'épreuve : 3 h 30

L'usage de la calculatrice est autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétrée.

Ce sujet comporte 3 exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9 y compris celle-ci.

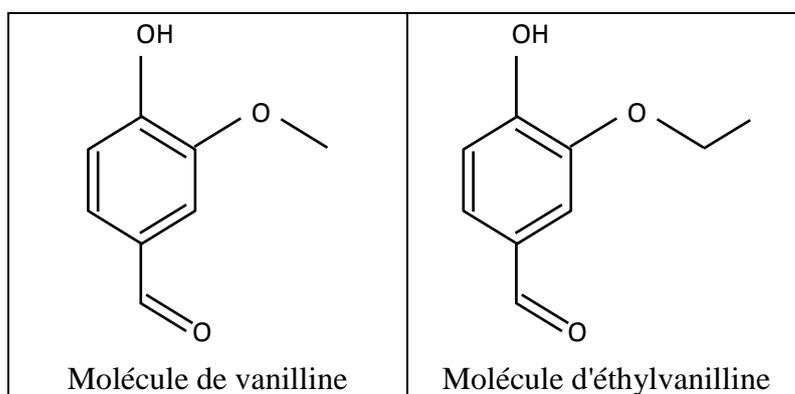
- 1- L'ARÔME DE VANILLE (7 POINTS)
- 2- LE PISTOLET LANCE-FUSEE (7 POINTS)
- 3- DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES POUR UN TOUR DU MONDE EN AVION (6 POINTS)

EXERCICE 1. L'ARÔME DE VANILLE (7 points)

La vanille est le fruit d'une orchidée grimpante, le vanillier, qui a besoin d'un climat tropical chaud et humide pour se développer. On la cultive à Madagascar, à Tahiti, à La Réunion, en Amérique du Sud...

Elle est utilisée dans de nombreux domaines comme par exemple la parfumerie, l'industrie agro-alimentaire, en tant qu'intermédiaire de synthèse dans l'industrie pharmaceutique.

La composition de la gousse de vanille est très riche en arômes dont le principal est la vanilline. Du fait de son coût d'extraction élevé, on lui préfère souvent aujourd'hui la vanilline de synthèse ou encore l'éthylvanilline qui a un pouvoir aromatisant 2 à 4 fois plus grand.



1. À propos de la molécule de vanilline.

1.1. La molécule de vanilline possède-t-elle un carbone asymétrique ? Justifier la réponse.

1.2. La molécule de vanilline possède plusieurs groupes caractéristiques.

Après avoir recopié la formule de la molécule sur votre copie, entourer et nommer deux d'entre eux.

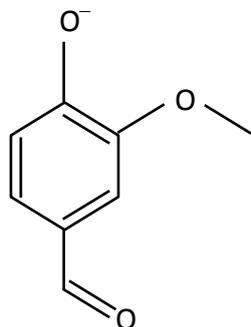
1.3. Indiquer en justifiant brièvement si les propositions suivantes sont vraies ou fausses :

Proposition a : les molécules de vanilline et d'éthylvanilline sont isomères.

Proposition b : les molécules de vanilline et d'éthylvanilline sont chirales.

2. Dosage spectrophotométrique de la vanilline contenue dans un extrait de vanille acheté dans le commerce

Principe du dosage



La vanilline contenue dans un échantillon du commerce (solution aqueuse sucrée) est extraite par du dichlorométhane.

Un traitement basique à l'aide d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) permet ensuite de faire repasser la vanilline en solution aqueuse sous forme d'ion phénolate représenté ci-contre.

On réalise ensuite un dosage par étalonnage de cet ion par spectrophotométrie UV-visible afin de déterminer la concentration en vanilline de l'échantillon du commerce.

Protocole du dosage

Etape 1 : Extraction de la vanilline et passage en solution basique

- À 1,0 mL d'échantillon de vanille liquide, on ajoute 10 mL d'eau distillée.
- On procède à trois extractions successives en utilisant à chaque fois 20 mL de dichlorométhane.
- À partir de la phase organique, on extrait trois fois la vanilline avec 50 mL d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.
- On rassemble les phases aqueuses.

Etape 2 : Préparation de la solution à doser et mesure de son absorbance

On introduit les phases aqueuses précédentes dans une fiole jaugée de 250 mL et on complète jusqu'au trait de jauge avec la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

La mesure de l'absorbance de la solution à doser donne $A = 0,88$.

Etape 3 : Préparation d'une gamme étalon de solutions de vanilline basique et mesure de leur absorbance

À partir d'une solution mère de vanilline, on prépare par dilution dans une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ des solutions filles et on mesure leur absorbance.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Solution fille	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Concentration en vanilline (mol.L^{-1})	$5,0 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-5}$	$3,0 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-5}$
Absorbance	1,36	1,08	0,81	0,54	0,27

Données :

- **Couples acido-basiques de l'eau :** $H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$ et $H_2O_{(l)}/HO^-_{(aq)}$

- **Dichlorométhane CH_2Cl_2 :** densité $d = 1,33$; non miscible à l'eau.

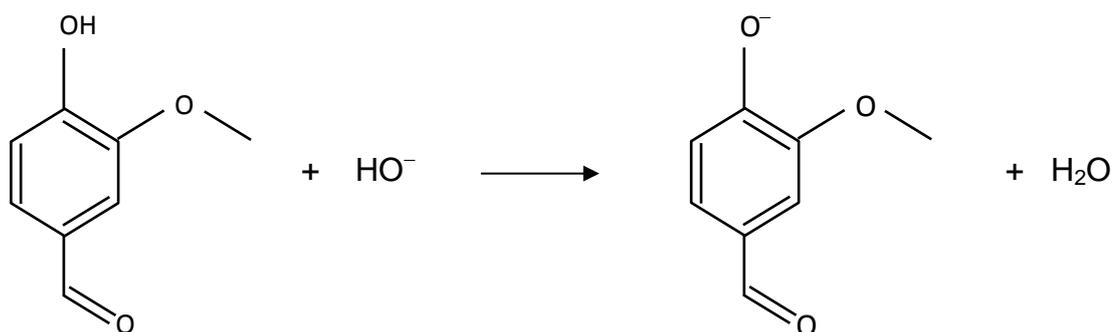
- **Vanilline $C_8H_8O_3$:**

• **Solubilité :** soluble dans la plupart des solvants organiques, très peu soluble dans l'eau.

• **Masse molaire moléculaire :** $M_{vanilline} = 152 \text{ g.mol}^{-1}$.

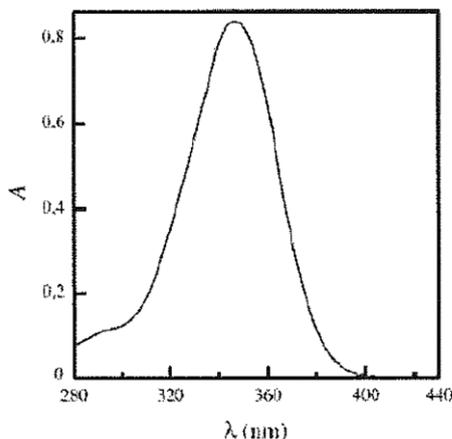
- **Deux doubles liaisons entre des atomes sont dites conjuguées si elles ne sont séparées que par une liaison simple**

2.1. L'équation de réaction de la vanilline avec les ions hydroxyde de la solution d'hydroxyde sodium s'écrit :



Dans la théorie de Brönsted, la vanilline est-elle un acide ou une base ? Expliquer la réponse.

2.2. Le spectre d'absorption UV-visible de l'ion phénolate est donné ci-dessous :



2.2.1. Cet ion absorbe-t-il dans le domaine du visible ? Justifier la réponse à l'aide du graphe ci-dessus.

2.2.2. On rappelle que la présence de sept liaisons conjuguées ou plus dans une molécule organique qui ne présente pas de groupe caractéristique forme le plus souvent une substance colorée. Les solutions basiques de vanilline sont-elles colorées ? Expliquer pourquoi à l'aide de la structure de l'ion phénolate.

2.3.

2.3.1. Tracer sur papier millimétré la courbe d'étalonnage $A = f(c)$
(Échelle : 1 cm pour 0,10 en absorbance et 1 cm pour $0,50 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ en concentration)

2.3.2. . La loi de Beer-Lambert est vérifiée. À l'aide du graphique précédent, expliquer pourquoi elle s'énonce sous la forme $A = k.c$.

2.4. Déterminer en détaillant la méthode utilisée la concentration en vanilline dans la solution à doser. On précise que la concentration en vanilline est égale à celle de l'ion phénolate.

2.5. Compte tenu du protocole suivi, en déduire la concentration en g.L^{-1} de vanilline dans l'échantillon de vanille liquide du commerce.

EXERCICE 2. LE PISTOLET LANCE-FUSEE (7 POINTS)

Lors de fouilles préventives sur un chantier de travaux publics, on a retrouvé ce qui ressemble à une arme à feu. Il s'agit d'un ancien pistolet lance-fusées en bronze datant probablement de la première Guerre Mondiale. Il est dans un état de conservation assez remarquable.

Ce type de pistolet était très utilisé lors de cette guerre car, en plus de lancer des fusées éclairantes, il pouvait servir de moyen de communication. En effet, à l'époque très peu de moyens étaient mis à disposition des troupes : les ondes hertziennes étaient très peu utilisées et c'étaient des kilomètres de câbles téléphoniques qui devaient être déroulés pour permettre la transmission de messages divers et variés.



Pistolet lance-fusées (d'après www.histoire-collection.com)

1. DUREE DE VISIBILITE DE LA FUSEE

Sur la notice des fusées éclairantes que l'on peut utiliser dans ce type de pistolet, on trouve les informations suivantes :

Cartouche qui lance une fusée éclairante s'allumant 1,0 seconde après son départ du pistolet et éclaire d'une façon intense pendant 6 secondes environ.

Masse de la fusée éclairante : $m_f = 58 \text{ g}$.

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

On négligera toutes les actions dues à l'air ainsi que la perte de masse de la fusée pendant qu'elle brille et on considèrera cette dernière comme un objet ponctuel.

On définit un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) avec O au niveau du sol et tel que la position initiale de la fusée éclairante à la sortie du pistolet soit à une hauteur $h = 1,8 \text{ m}$. Le vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 est dans le plan (O,x,y) ; Ox est horizontal et Oy est vertical et orienté vers le haut.

À l'instant $t = 0 \text{ s}$, le vecteur vitesse de la fusée éclairante fait un angle $\alpha = 55^\circ$ avec l'axe Ox et sa valeur est $v_0 = 50 \text{ m.s}^{-1}$. On pourra se référer au schéma 1 ci-contre.

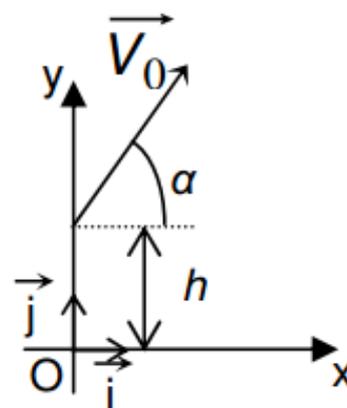


schéma 1

1.1. Redessinez (ou découper et coller) le schéma 1 ci-dessus sur votre copie.

- Y représenter le vecteur champ de pesanteur \vec{g} **sans souci d'échelle**

- Tracer également qualitativement l'allure de la trajectoire suivie par la fusée éclairante dans ce champ de pesanteur.

1.2. En utilisant une loi de Newton que l'on énoncera, déterminer les coordonnées du vecteur accélération de la fusée éclairante : $a_x(t)$ suivant x et $a_y(t)$ suivant y.

1.3. En déduire les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse de la fusée éclairante et montrer que les équations horaires du mouvement de la fusée s'écrivent et

$$\begin{pmatrix} x(t) = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ y(t) = -\frac{g}{2} t^2 + v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t + h \end{pmatrix}$$

avec t en seconde, v_0 en mètre par seconde et $x(t)$, $y(t)$ et h en mètre.

1.4. Déterminer la valeur de la durée du vol de la fusée éclairante.

On rappelle qu'une équation du second degré de la forme $ax^2 + bx + c = 0$ admet deux solutions

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \text{ et } x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a} \text{ si son discriminant } \Delta = b^2 - 4a \cdot c > 0$$

1.5. Calculer l'altitude à partir de laquelle la fusée commence à éclairer puis l'altitude à laquelle elle s'arrête. Ces valeurs paraissent-elles adaptées au but recherché ?

2. POUR ALLER UN PEU PLUS LOIN

Par souci de simplification, on ne considère que le système {fusée – pistolet} et on s'intéresse à sa quantité de mouvement. La masse du pistolet à vide est $m_p = 0,98$ kg.

2.1. Exprimer la quantité de mouvement totale \vec{p}_0 du système {fusée - pistolet} avant que la fusée ne quitte le pistolet puis montrer que celle-ci est équivalente au vecteur nul.

2.2. Éjection de la fusée

2.2.1. Que peut-on dire de la quantité de mouvement totale du système {fusée-pistolet} si l'on considère ce système comme un système isolé au cours de l'éjection de la fusée du pistolet ?

2.2.2. En déduire dans ce cas l'expression vectorielle de la vitesse \vec{v}_p de recul du pistolet juste après l'éjection de la fusée en fonction de la masse du pistolet m_p , de la masse de la fusée m_f et du vecteur vitesse initiale de la fusée \vec{v}_0 .

2.2.3. La valeur réelle de la vitesse est beaucoup plus faible que la valeur que l'on obtient à la question précédente.

Pourquoi observe-t-on une telle différence ? Justifier la réponse.

EXERCICE 3. : DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES POUR UN TOUR DU MONDE EN AVION (6 POINTS)



« Voler sans carburant, mais avec les rayons solaires comme unique source d'énergie de propulsion, jusqu'à cinq jours et cinq nuits de suite, avec un seul pilote à bord, le tout pour tenter de réaliser un tour du monde par étapes : c'est l'objectif du Solar Impulse 2 (SI2). Cet avion solaire d'une envergure plus grande que celle d'un Boeing 747, mais léger comme une grosse voiture, imaginé par l'aérostier-psychiatre suisse Bertrand Piccard et l'ingénieur-pilote militaire André Borschberg, a été dévoilé, mercredi 9 avril, sur la base militaire de Payerne, en Suisse. »

d'après un article du 9 avril 2014 édité sur Le Monde.fr

Ce défi de tour du monde est prévu pour le premier semestre 2015. Il implique l'optimisation de nouvelles technologies et une réduction drastique de la consommation d'énergie.

Données :

- $1 \text{ Wh (watt-heure)} = 3600 \text{ J}$;
- *Au voisinage du sol, une surface horizontale de 1 m^2 reçoit de la part du Soleil une puissance moyenne calculée sur 12 heures égale à 500 W .*

CARACTERISTIQUES DE SOLAR IMPULSE 2

Cellules solaires et batteries

Une cellule photovoltaïque est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse et la transforme directement en énergie électrique.

Une cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique. Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module (ou panneau). La puissance totale est proportionnelle à la surface du module.

Le jour, les cellules solaires de Solar Impulse 2 alimentent en énergie renouvelable les quatre moteurs électriques de l'avion ainsi que les quatre batteries.

Ces quatre batteries au lithium, d'une masse totale de 633 kg et d'une densité énergétique de 260 Wh.kg^{-1} , permettent à l'appareil de voler la nuit et d'avoir ainsi une autonomie quasi illimitée.

Les cellules photovoltaïques, situées sur les ailes, le fuselage et le stabilisateur horizontal, possèdent un rendement de 23 %.

Puissance des moteurs :

Chaque moteur a une puissance de 15 CV, puissance comparable à celle d'une petite moto.

Le cheval-vapeur est une unité de puissance ne faisant pas partie du Système international d'unités : $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$.

Vitesse

Solar Impulse 2 peut voler à la vitesse d'une voiture, entre 36 km.h^{-1} et 140 km.h^{-1} .

Fiche Technique

- Envergure des ailes : 72 mètres
- Volume du Cockpit : $3,8 \text{ m}^3$
- Épaisseur des cellules solaires : 135 micromètres (μm)
- Dimension d'une cellule : $12,5 \text{ cm} \times 12,5 \text{ cm}$
- Nombre de cellules solaires = ?

Question:

On veut déterminer le nombre de cellules solaires nécessaires pour que l'avion puisse voler pendant 12 heures tout en rechargeant totalement ses quatre batteries. On supposera que l'avion décolle tôt le matin avec ses batteries quasiment vides.