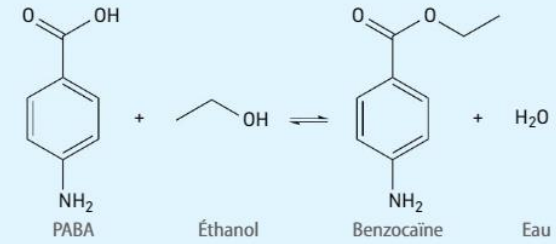
Devoir de physique chimie Février 2023 Spécialité Terminale

Exercice 1

La benzocaïne (ou 4-aminobenzoate d'éthyle) peut être préparée à partir d'acide paraaminobenzoïque (nommé PABA dans la nomenclature des constituants cosmétiques) et d'éthanol suivant la réaction suivante.



PABA — Éthanol — Benzocaïne — Eau

La benzocaïne est le principe actif de nombreux médicaments antalgiques. Elle est souvent utilisée dans des crèmes comme anesthésique local.

Données

- Masses molaires :
  $M_{PABA} = 137\ g \cdot mol^{-1}$
  $M_{benzocaïne} = 165\ g \cdot mol^{-1}$
  $M_{éthanol} = 46\ g \cdot mol^{-1}$
- Masse volumique : $\rho_{éthanol} = 0{,}79\ g \cdot mL^{-1}$
- Températures de fusion :
  θ_{fusion} (PABA) = 189 °C ;
  θ_{fusion} (benzocaïne) = 89 °C
- La benzocaïne est très peu soluble dans l'eau tiède ou chaude, insoluble dans l'eau froide ou glacée.

Protocole

Étape 1

- Dans un ballon, introduire 0,70 g de PABA, 10 mL d'éthanol et des grains de pierre ponce.
- Agiter doucement dans un bain de glace et ajouter goutte à goutte 1 mL d'acide sulfurique.
- Chauffer ensuite à reflux pendant une heure puis laisser refroidir le mélange réactionnel à température ambiante.

Étape 2

- Verser le contenu du ballon dans un bécher de 250 mL contenant 10 mL d'eau distillée glacée.
- Ajouter, par petites fractions, une solution saturée de carbonate de sodium en agitant jusqu'à obtenir une solution à pH = 9.
  Un dégagement gazeux se produit et un précipité de sulfate de sodium $Na_2SO_{4\,(s)}$ apparaît.
- Filtrer le mélange sur Büchner, récupérer et verser le filtrat dans une ampoule à décanter. Agiter et laisser décanter. Récupérer la phase organique.
- Ajouter du sulfate de magnésium anhydre dans la phase organique puis filtrer de nouveau.
- Récupérer le filtrat puis évaporer le solvant à l'aide d'une distillation sous pression réduite à l'évaporateur rotatif. Une huile apparaît.
- La verser dans un erlenmeyer et le déposer dans un cristallisoir contenant un mélange eau-glace-sel. L'huile se solidifie.
- Filtrer sur Büchner les cristaux du solide obtenu, les rincer avec de l'eau froide et les placer à sécher dans une étuve.

Garder une très petite quantité de produit brut.

Étape 3

- Recristalliser le produit brut dans environ 20 mL d'éthanol :
  – Placer le produit brut dans un bécher placé sur une plaque chauffante.
  – Dès que le solide est dissout dans l'éthanol chaud, retirer le bécher de la plaque et ajouter 10 mL d'eau.
  – Attendre qu'un trouble apparaisse et refroidir le bécher dans un cristallisoir contenant un mélange eau-glace-sel.
  – Récupérer le solide par filtration sur Büchner, laver à l'eau froide, sécher à l'étuve et peser.

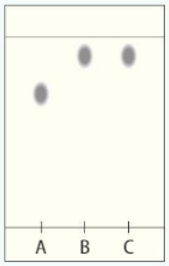
Garder une très petite quantité de produit cristallisé.

Étape 4

Une laborantine obtient ainsi une masse $m = 0{,}26$ g de produit recristallisé.

- Elle mesure les températures de fusion :
  – θ_{fusion} (produit brut) = 91 °C ;
  – θ_{fusion} (produit recristallisé) = 89 °C.
- Elle réalise une chromatographie sur couche mince (CCM) sur une plaque de silice en faisant trois dépôts de solutions A, B et C dans l'éthanol.
  La plaque est révélée sous une lampe ultraviolette.

Solution	Produit dissous
A	PABA
B	Produit brut
C	Produit recristallisé



1. **a.** Identifier les groupes caractéristiques dans le PABA, l'éthanol la benzocaïne.
   b. À quel type de réactions appartient la synthèse de la benzocaïne ?
2. **a.** Nommer chacune des quatre étapes du protocole.
   b. Quel est le rôle de l'acide sulfurique dans l'**étape 1** ?
   c. Quel double rôle joue l'éthanol dans l'**étape 1** ?
   d. Schématiser et légender le montage utilisé dans l'**étape 1**.
   e. Quel est l'intérêt de rajouter du sulfate de magnésium anhydre dans la phase organique dans l'**étape 2** ?
   f. Quel est l'intérêt de refroidir le bécher dans un cristallisoir contenant un mélange eau-glace-sel dans l'**étape 3** ?
   g. Pourquoi lave-t-on les cristaux de produit recristallisé à l'eau froide dans l'**étape 3** ?
3. **a.** Quel est le réactif limitant ?
   b. En déduire le rendement de la synthèse.
4. **a.** Interpréter les résultats de la chromatographie sur couche mince CCM.
   b. Comparer les températures de fusions obtenues et conclure. La recristallisation était-elle nécessaire ?

Exercice 2

En 2004, la sonde européenne Rosetta a quitté la Terre pour un voyage long de 10 ans. Sa destination était la comète 67P Churyumov-Gerasimenko, dont elle s'est approchée en 2014.
Une fois à proximité de cette dernière, Rosetta a été mise en orbite autour de la comète et a débuté ses observations.

1 La comète 67P Churyumov-Gerasimenko

La comète 67P Churyumov-Gerasimenko a été découverte en septembre 1969. Elle tourne sur une orbite elliptique dont le Soleil occupe l'un des foyers. La valeur de la vitesse de la comète varie entre 5 et 35 $km \cdot s^{-1}$ environ dans le référentiel héliocentrique.

a. Représenter la trajectoire de la comète autour du Soleil en précisant les positions du Soleil, de l'aphélie et du périhélie.

b. Expliquer, en utilisant une des lois de Kepler, pourquoi la vitesse de la comète n'est pas constante sur sa trajectoire. On complétera le schéma précédent pour expliciter la loi utilisée.

Préciser, sur ce schéma, la position de la comète pour laquelle la valeur de sa vitesse est la plus grande et celle où elle est minimale. Justifier.

c. À l'aide de la troisième loi de Kepler, déterminer la valeur de la période de révolution T de la comète autour du Soleil, en années.

Données

- Constante gravitationnelle : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$
- Masse de la comète 67P : $M_C = 1{,}0 \times 10^{13}$ kg
- Masse de Rosetta : $M = 3{,}0 \times 10^3$ kg
- Distance moyenne Terre-Soleil : 1 unité astronomique
  1 ua $= 1{,}50 \times 10^8$ km
- Dans cet exercice, la comète 67P est modélisée par une sphère de rayon $R = 2{,}0$ km.
- Caractéristiques de la trajectoire de la comète autour du Soleil :
  – ellipse
  – distance au plus près du Soleil (périhélie) : 1,24 ua
  – distance au plus loin du Soleil (aphélie) : 5,68 ua

2 Satellisation de Rosetta

Au cours des mois d'août et septembre 2014, la sonde Rosetta est arrivée à proximité de la comète et a été mise en orbite autour de celle-ci sur une trajectoire que l'on considère comme circulaire à une altitude h de 20 km.

Le référentiel d'étude dans cette partie est le référentiel « cométocentrique » dont l'origine est le centre de la comète et dont les axes pointent vers des étoiles lointaines. Ce référentiel est supposé galiléen.

a. Faire un schéma de Rosetta en orbite autour de la comète en précisant :

• le vecteur unitaire $\vec{u}$ orienté du centre de la comète vers Rosetta ;

• le vecteur modélisant la force d'interaction gravitationnelle exercée par la comète sur Rosetta.

Donner l'expression vectorielle de cette force gravitationnelle en fonction de G, M, M_C, h, R et $\vec{u}$.

b. En supposant que seule l'action de la comète s'exerce sur Rosetta, donner l'expression vectorielle du champ de pesanteur $\vec{g}$ au voisinage de la comète en fonction de G, M_C, h, R et $\vec{u}$.

c. En supposant que Rosetta n'est soumise qu'à l'interaction gravitationnelle avec la comète 67P, établir l'expression vectorielle de l'accélération $\vec{a}_R$ de Rosetta en fonction de G, M_C, h, R et $\vec{u}$.

d. Montrer que, dans l'approximation d'un mouvement circulaire, la norme de la vitesse de Rosetta s'écrit : $v = \sqrt{\dfrac{GM_C}{R+h}}$

Calculer sa valeur.

e. Combien de temps Rosetta met-elle pour faire un tour de la comète ?

Exercice 3

Une lunette astronomique est constituée d'un objectif de distance focale $f_1' = 0{,}500$ m et d'un oculaire de distance focale $f_2' = 5{,}00$ cm, placé à une distance d de l'objectif.

a. Que doit valoir d pour que cette lunette soit afocale ? Justifier.

b. La lunette est mal réglée, de sorte que $d = 54{,}0$ cm. Où se situe, par rapport à l'oculaire, l'image intermédiaire A_1B_1 d'un objet AB à l'infini ?
Que peut-on dire de l'image définitive A′B′ ?

c. Réaliser un schéma à l'échelle $\frac{1}{5}$ où l'on fera figurer les lentilles et leurs caractéristiques, les images A_1B_1 et A′B′ et où l'on tracera le trajet de trois rayons issus d'un point B à l'infini hors de l'axe optique.

d. L'œil voit-il cette image nette sans accommoder ? Et en accommodant ?