

# CHAPITRE 5 : SYNTHÈSE D'UNE ESPÈCE CHIMIQUE

## EXERCICES



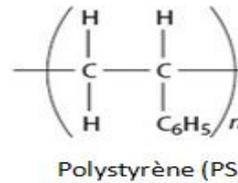
- > distinguer les molécules et les matériaux naturels, synthétiques et artificiels (1)
- > expliquer à quoi sert la chimie de synthèse : matériaux composites, polymères, nanomatériau (2 à 4)
- > citer les étapes d'une synthèse chimique et les points importants à écrire dans un protocole opératoire (5 à 8)
- > élaborer et mettre en œuvre un protocole d'extraction et d'identification : utiliser une ampoule à décanter, un dispositif de filtration, un appareil de chauffage dans les conditions de sécurité (9 à 20)

### 1 Saveurs sucrées

Les édulcorants sont des espèces chimiques à saveur sucrée.

1. Parmi ces édulcorants, lesquels sont naturels ?
2. Lesquels sont artificiels ?
3. Peut-on savoir si certains sont synthétiques ? Pourquoi ?

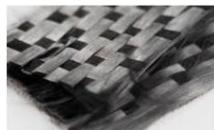
Édulcorant	Exemple d'aliment
saccharose	betterave sucrière
xylitol	framboise
aspartame	boisson « light »
acésulfame	soda « light »
fructose	miel
glucose	raisin



Données :

- 1  $\mu\text{m}$  (micromètre) =  $1.10^{-6}\text{m}$  = 0,000001 m
- 1 nm (nanomètre) =  $1.10^{-9}\text{m}$  = 0,000000001 m
- volume d'une sphère de rayon R :  $V = 4/3 \pi R^3$  (R en mètres)

### 2 Fibres de carbone



Ce sont des filaments de carbone très fins. Les matériaux « en fibres de carbone » ne sont pas constitués à 100% de ces fibres mais ils en contiennent. Ce sont en fait des matériaux composites et donc constitués :

- d'un « renfort » composé de fibres de carbone qui donnent sa résistance au matériau
- d'une « matrice », généralement un polymère, qui sert de liant pour souder les fibres ensemble

Les matériaux composites ne sont pas une nouveauté : autrefois, les hommes mélangeaient de la paille et de la boue pour construire des huttes. Aujourd'hui, les matériaux composites sont utilisés dans de nombreux domaines car ils offrent des performances exceptionnelles. On construit, par exemple, des cadres de vélo en fibres de carbone.

1. Donner un autre exemple de matériau composite utilisé dans le bâtiment

2. Dans l'exemple du matériau composite à base de paille et de boue, qui est le renfort ? qui est la matrice ?

3. Un cadre de vélo en acier a une masse de 12kg.

Quelle est sa masse s'il est fabriqué en :

a - aluminium ? b - fibres de carbone ?

On supposera qu'il fait toujours le même volume.

4. Quels sont donc les avantages des matériaux composites ?

Données :

$$\rho(\text{acier}) = 7,7 \text{ kg/dm}^3, \rho(\text{alu}) = 2,7 \text{ kg/dm}^3, \rho(\text{fibre de C}) = 1,8 \text{ kg/dm}^3$$



### 3 2 polymères : le polystyrène et le néoprène

Le polystyrène (PS) est un polymère utilisé comme isolant thermique ou flotteur dans les maillots de bain pour enfants.

Le Néoprène<sup>®</sup> est le nom commercial de la molécule de polychloroprène (PCR). Il a une bonne flottabilité, c'est pourquoi il est utilisé pour fabriquer des combinaisons de natation

1. En regardant leurs formules, expliquer comment on peut savoir qu'il s'agit de polymères.

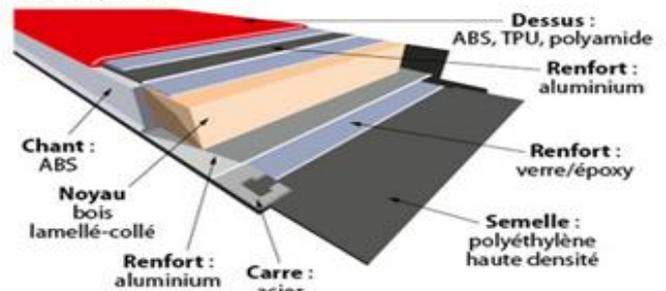
2. Donner la formule brute du :

a - polystyrène de degré de polymérisation 20000

b - néoprène de degré de polymérisation 30000

### 4 Structure d'un ski

Le schéma ci-dessous présente la structure actuelle d'un ski de compétition.



ABS : poly(Acrylonitrile, Butadiène, Styrène)

TPU : polyuréthanes thermoplastiques

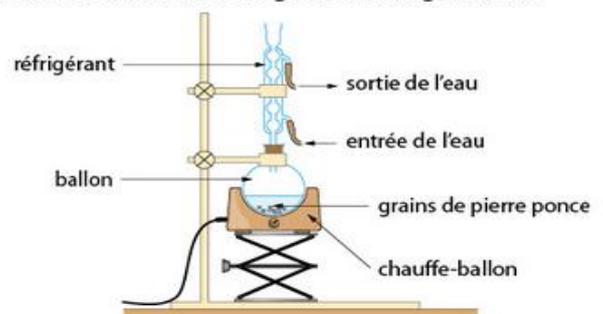
Verre/époxy : polymère époxy renforcé de fibres de verre

- a. Citer un matériau naturel entrant dans la composition de ce ski.
- b. Citer un composite utilisé dans la fabrication de ce ski. Quel est son rôle ?
- c. Quels sont les polymères utilisés ?

Commenter de manière argumentée la phrase suivante : « Avec le collage de l'ensemble de ces matériaux, le ski lui-même devient un composite complexe ! »

### 5 Savoir utiliser un montage à reflux

Voici le schéma d'un montage de chauffage à reflux :



1. Quel peut être le rôle de la pierre ponce dans le ballon ?
2. Le support mis sous le chauffe-ballon doit être en position haute lors du chauffage. Pourquoi ?
3. Pourquoi fixe-t-on le réfrigérant et le ballon à une potence ?
4. Doit-on fermer l'extrémité supérieure du réfrigérant ?
5. Pour quelles raisons l'alimentation en eau du réfrigérant se fait-elle par le bas ?

## 6 Synthèse d'un savon

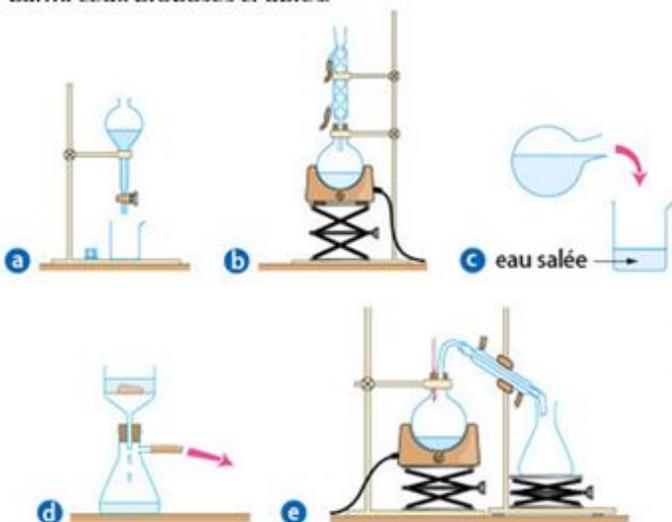
Les étapes de la synthèse d'un savon sont détaillées ci-dessous.

**Étape 1 :** Dans un ballon, on introduit 22 mL d'huile d'olive, 40 mL de soude à  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 20 mL d'éthanol et quelques grains de pierre ponce. On chauffe à reflux pendant 30 min.

**Étape 2 :** On verse alors le tout dans un grand bécher contenant une solution aqueuse de chlorure de sodium et, après agitation, on observe l'apparition d'un solide jaunâtre : le savon.

**Étape 3 :** Le savon obtenu est filtré sur Büchner.

1. Associer à chaque étape le dispositif lui correspondant parmi ceux proposés ci-après.



- a. Quelle est l'utilité du chauffage ?
- b. Dans un montage à reflux, à quoi sert le réfrigérant ?
3. Quel est l'avantage de filtrer sur Büchner ?
4. Pourquoi ne peut-on pas utiliser les 2 autres méthodes schématisées ? Expliquer dans quel cas, chacune s'utilise

## 7 Synthèse de l'acétanilide

L'acétanilide est l'un des premiers médicaments combattant la fièvre fabriqués par l'industrie chimique. Un protocole expérimental possible de sa synthèse est le suivant.

- Dans un erlenmeyer sec, introduire 10 mL d'aniline, 15 mL d'acide éthanóique pur et 15 mL d'anhydride éthanóique. Adapter un réfrigérant à air, puis chauffer au bain-marie à  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  pendant 20 min.
- Retirer l'erlenmeyer du bain-marie, y introduire délicatement 50 mL d'eau en faisant attention aux vapeurs acides.
- Refroidir l'erlenmeyer dans un bain d'eau glacée et attendre la cristallisation.
- Filtrer sur Büchner et récupérer les cristaux d'acétanilide brut formés.

1. Le pictogramme ci-contre se trouve sur les flacons d'acide éthanóique pur et d'anhydride éthanóique. Quelles précautions doit-on prendre pour les prélever ?



- a. Dessiner le schéma légendé du montage à reflux utilisé.
- b. Quels sont les intérêts de ce montage ?
- c. Pourquoi chauffe-t-on pendant 20 min ?
- d. Pourquoi utilise-t-on un réfrigérant « à air » plutôt qu'un réfrigérant traditionnel à eau ?

3. Expliquer pourquoi l'acétanilide recristallise lorsqu'on place l'erlenmeyer dans l'eau glacée.

4. Comment procéder pour vérifier que le solide obtenu est bien de l'acétanilide ?

Données. Solubilités dans le mélange réactionnel :

Température	$10 \text{ }^\circ\text{C}$	$60 \text{ }^\circ\text{C}$
Solubilité de l'aniline	soluble	soluble
Solubilité de l'acétanilide	très peu soluble	soluble

## 8 Synthèse de l'aspirine

L'aspirine est un des médicaments les plus consommés dans le monde. Sa synthèse au laboratoire est relativement simple.



### Protocole expérimental

- On introduit dans un ballon 10,0 g d'acide salicylique, 21,6 g d'anhydride éthanóique et quelques gouttes d'acide sulfurique, qui sert de catalyseur (il est utilisé pour accélérer la réaction).
- On réalise ensuite un chauffage à reflux du mélange à une température de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  pendant 20 minutes.
- Au bout de 20 minutes, on retire le ballon du chauffe-bain et on le place dans un bain d'eau glacée. Un solide blanc cristallise alors.
- On filtre le mélange et on récupère le solide.
- Pour identifier le produit formé, on mesure sa température de fusion.

1. Quels sont les réactifs de cette synthèse ?
2. Quel volume d'anhydride éthanóique doit-on mesurer pour prélever la masse requise ?
3. a. Faire un schéma correctement légendé du montage de chauffage à reflux.  
b. Quels sont les avantages d'un tel montage ?

4a. Quand on place le mélange de produits dans un bain d'eau glacée, l'aspirine devient solide. Comment appelle-t-on cette méthode de séparation ?

b. expliquer ce qui s'est passé alors. Préciser quel est le plus efficace.

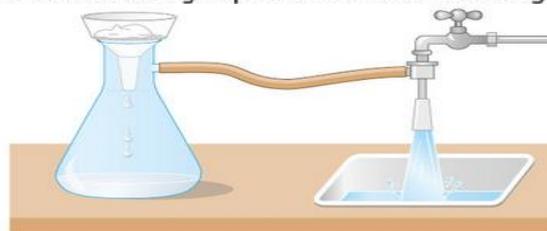
6. a. Décrire le protocole permettant d'obtenir la température de fusion du solide synthétisé.  
b. Comment s'assurer qu'on a bien synthétisé de l'aspirine ?

Données. Masse volumique de l'anhydride éthanóique :  $\rho = 1,08 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$   
L'aspirine est très peu soluble dans le mélange réactionnel à basse température. Sa température de fusion est  $T_f = 135 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 9 Filtration d'un mélange solide-liquide

Lors d'un TP, des élèves ont préparé du paracétamol au laboratoire. Ils ont ainsi obtenu un solide blanc mélangé à de l'eau. Ils doivent maintenant filtrer ce mélange pour isoler les cristaux.

1. Un premier groupe d'élèves choisit de réaliser une filtration simple. Le résidu obtenu a une masse de 2,4 g. Faire le schéma annoté du dispositif expérimental utilisé.
2. Un deuxième groupe d'élèves réalise le montage suivant :



- Quel nom donne-t-on à la technique mise en œuvre par ce montage ?
- La masse du résidu filtré est de seulement 1,8 g.

Ces élèves ont-ils pour autant obtenu moins de paracétamol pur que leurs camarades ? Justifier.

## 10 Choix d'un solvant d'extraction

- Rappeler à quelle(s) condition(s) un solvant est adapté pour extraire une espèce chimique initialement présente dans un liquide.
- L'anéthol est une espèce chimique présente dans le fenouil qui aide, entre autres, à lutter contre l'aérophagie. Parmi les solvants ci-dessous, lequel convient pour extraire l'anéthol d'une infusion aqueuse de fenouil ? Justifier la réponse en s'appuyant sur la question 1.

Solvant	eau	dichlorométhane	éthanol
Solubilité de l'anéthol	faible	grande	modérée
Température d'ébullition	100 °C	40 °C	78 °C
Miscible à l'eau ?		non	oui

- Imaginons que l'on choisisse le dichlorométhane comme solvant extracteur de l'anéthol. Sa densité vaut 1,32. Faire un schéma d'une ampoule à décanter contenant 40 mL d'eau et 20 mL de dichlorométhane. Préciser le contenu de chaque phase. Où se trouve l'anéthol à la fin de l'extraction ?

## 11 Extraction de l'eugénol

L'huile essentielle de clou de girofle contient principalement de l'eugénol. On trouve notamment cette molécule dans des bains de bouche afin de soigner les infections.

Pour extraire l'eugénol de l'huile essentielle de clou de girofle (mélange d'eau et d'eugénol), on verse 10 mL d'huile essentielle dans une ampoule à décanter et, sous hotte aspirante, on ajoute 10 mL de dichlorométhane. On agite vigoureusement l'ampoule en dégazant régulièrement. On enlève le bouchon de l'ampoule, puis on laisse décanter son contenu.

Données.

Densité et miscibilité à l'eau de quelques solvants à 25 °C :

	Cyclohexane	Dichlorométhane	Éthanol
Densité	0,78	1,3	0,79
Miscibilité à l'eau	faible	faible	très grande

Solubilité de l'eugénol dans différents solvants :

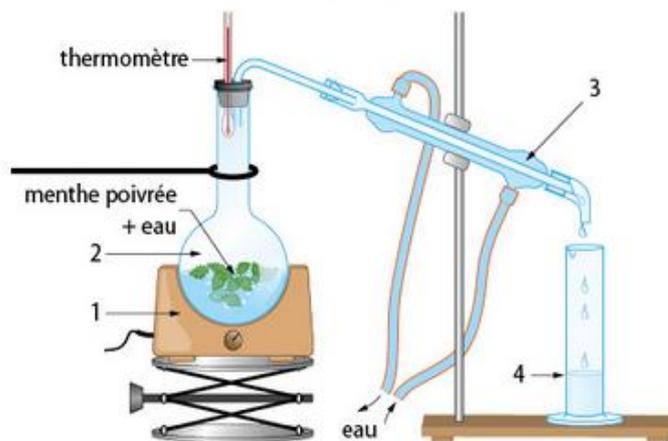
Solvant	eau	cyclohexane	éthanol	dichlorométhane
Solubilité	faible	grande	grande	grande

- Quel est le nom de la technique d'extraction dont il est question ?
- Justifier le fait qu'il y ait deux phases dans l'ampoule à décanter, la phase organique et la phase aqueuse.
- La phase inférieure dans l'ampoule est-elle la phase aqueuse ou la phase organique ? Justifier.
- Après agitation, dans quelle phase se trouve l'eugénol ? Justifier.
- L'éthanol et le cyclohexane sont-ils utilisables pour réaliser l'extraction ? Justifier.

## 12 Extraction et identification de la menthone

Les feuilles de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) contiennent une huile essentielle utilisée dans la fabrication de médicaments. L'extraction de l'huile essentielle se fait par hydrodistillation : un mélange d'eau et de feuilles de menthe est porté à ébullition. Les cellules de la plante éclatent, libérant les substances odorantes qui sont entraînées par la vapeur d'eau. Après liquéfaction, on recueille dans une éprouvette le distillat, constitué de deux phases. L'une a une forte odeur de menthe : c'est l'huile essentielle. On suppose que cette huile essentielle ne contient que de la menthone.

- Sur le schéma ci-dessous du montage, associer à chaque numéro le nom du matériel qu'il représente.



Lors du chauffage, l'eau va se vaporiser et va entraîner l'huile essentielle avec elle.

- Quelle est approximativement la température affichée par le thermomètre durant l'hydrodistillation ? Justifier.
  - On souhaite extraire par solvant l'huile essentielle du contenu de l'éprouvette.
    - Quel solvant peut-on choisir ? Justifier.
    - Schématiser l'expérience.
  - Après élimination de la phase aqueuse, on ajoute une spatule de sulfate de magnésium anhydre. Quel est son rôle ?
  - Proposer un protocole expérimental permettant de séparer l'huile essentielle du solvant choisi pour l'extraction.
  - Proposer un protocole expérimental permettant de confirmer qu'il s'agit bien de menthone.
- En réalité, l'huile essentielle obtenue par hydrodistillation de la menthe poivrée ne contient qu'environ 10 % de menthone, mais aussi du menthol et de l'eucalyptol.
- On observe sur les bords du récipient contenant l'huile essentielle des dépôts de solide blanc de consistance proche de la cire. De quelle espèce peut-il s'agir ? Justifier.

Données. Densité de la menthone : 0,90 • Température d'ébullition de la menthone : 207 °C • Température de fusion de la menthone : - 6 °C • Température de fusion du menthol : 37 °C • Température de fusion de l'eucalyptol : 2 °C.

Caractéristiques de solvants :

	Eau	Eau salée	Éther
Solubilité de la menthone	Faible	Très faible	Très grande
Densité	1,00	1,13	0,71

L'éther n'est pas miscible à l'eau.