



## 1 Spectrophotométrie

La teinture d'iode est une solution antiseptique qui contient du diiode  $I_2$  (s) dissous dans de l'éthanol. Cette solution est utilisée pour désinfecter les plaies et les brûlures superficielles.

On se propose de déterminer les concentrations en quantité de matière et en masse de diiode dans une teinture d'iode officinale.

On commence par diluer 200 fois la teinture d'iode (trop concentrée pour une étude spectrophotométrique directe). La solution aqueuse obtenue à l'issue de cette dilution est appelée solution S. Par ailleurs, on dispose d'un ensemble de solutions aqueuses de diiode notées  $D_i$  ( $D_1$ ,  $D_2$ , etc.) de concentrations en quantité de matière de diiode connues toutes différentes. Ces solutions ont des colorations proches de celle de la solution S.

À l'aide d'un spectrophotomètre, on mesure l'absorbance  $A_i$  de chaque solution  $D_i$  de diiode, puis celle de la solution S pour laquelle on trouve une valeur d'absorbance  $A_S = 0,78$ .

### DOC 2 Étiquette du flacon de solution de diiode

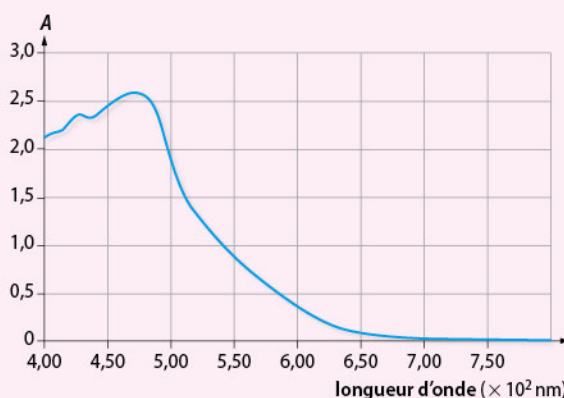


Teinture d'iode  
officinale :  
– 5,0 % en masse  
de diiode ;  
– masse  
volumique :  
 $9,0 \times 10^2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

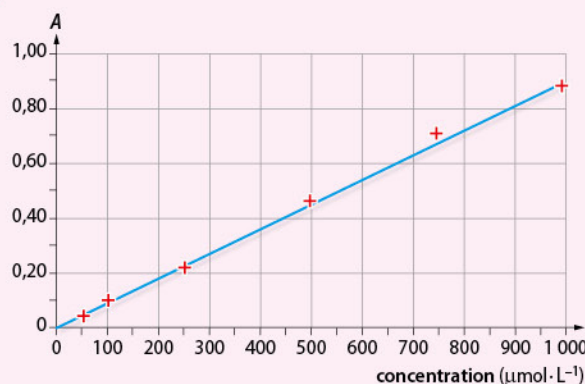
1. a. La liaison covalente de la molécule de diiode est-elle polaire ? Justifier.
- b. Le solide  $I_2$  (s) n'est pas un solide ionique : de quoi est-il constitué ?
2. Le principe de la spectrophotométrie repose sur la mesure de l'absorbance  $A$  d'une espèce X en solution dans un solvant Y. Expliquer la manière dont on détermine la grandeur  $A$ .
3. Donner la valeur d'une longueur d'onde qui vous paraît bien appropriée pour les mesures d'absorbance. Justifier brièvement.
4. La courbe d'étalonnage obtenue est-elle en accord avec la loi de Beer-Lambert ? Justifier.
5. Déterminer graphiquement la concentration en quantité de matière de diiode  $c_S$  de la solution S. En déduire la concentration en quantité de matière de diiode  $c$  de la teinture d'iode officinale.
6. Vérifier que la concentration en masse de diiode  $c_m$  attendue dans cette teinture est  $45 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .



### DOC 1 Spectre d'absorption d'une solution aqueuse diluée de diiode



### DOC 3 Courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de la concentration en quantité de matière de diiode





# Thème 1 : Constitution et transformations de la matière

## 2 Les acides dans le vin

L'acidité totale d'un vin est la somme de son acidité « fixe » (principalement due à l'acide tartrique) et de son acidité « volatile », due à la présence d'acides susceptibles de s'évaporer (dioxyde de soufre, et, principalement, l'acide éthanóïque). Elle rend compte de ses qualités gustatives.

La réglementation européenne définit une limite de l'acidité totale d'un vin, en lien avec la présence d'acide tartrique dans le vin. Par ailleurs, elle impose une teneur maximale en dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$  (aq).

Un technicien d'un laboratoire départemental d'analyse doit contrôler la concentration en dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$  (aq) dans un vin blanc.

Pour cela, il effectue un dosage à l'aide d'une solution aqueuse de diiode  $\text{I}_2$  (aq). Il introduit dans un bécher, un volume  $V_1 = 10,00 \text{ mL}$  de vin blanc limpide, quelques gouttes d'acide sulfurique incolore et d'empois d'amidon également incolore. Il verse ensuite la solution titrante, de concentration en diiode  $c_2 = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , jusqu'à l'équivalence. Celle-ci est obtenue après avoir versé un volume  $V_E = 3,20 \text{ mL}$  de solution de diiode.

### DOC 1 Extrait de la réglementation européenne sur le vin

La réglementation européenne dit :

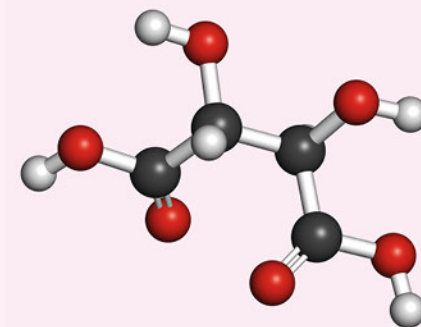
« La concentration en masse de dioxyde de soufre ne doit pas dépasser  $210 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  dans un vin blanc [...] »



### DOC 3 Données

- Couples oxydant/réducteur :  
 $\text{I}_2$  (aq) /  $\text{I}^-$  (aq) ;  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) /  $\text{SO}_2$  (aq).
- En présence d'empois d'amidon, le diiode prend une teinte bleu foncé.
- Les ions iodure  $\text{I}^-$  (aq), les ions sulfate  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) et le dioxyde de soufre en solution sont incolores.
- Masses molaires en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$  :  
 $M_S = 32,0$  ;  $M_O = 16,0$ .

1. a. Écrire la formule semi-développée de la molécule d'acide tartrique.  
b. Entourer dans cette formule les groupes caractéristiques présents.
2. Écrire les demi-équations électroniques, puis montrer que l'équation du dosage s'écrit :  
 $\text{I}_2$  (aq) +  $\text{SO}_2$  (aq) +  $2 \text{H}_2\text{O}$  (l)  $\rightarrow$   $2 \text{I}^-$  (aq) +  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) +  $4 \text{H}^+$  (aq)



Parmi les autres acides que peut contenir le vin, on trouve un gaz dissous dont la présence contribue à apporter de l'acidité au vin : le dioxyde de soufre.

3. Préciser, en justifiant, la manière dont le technicien repère l'équivalence.
4. a. Déterminer la concentration en quantité de matière de dioxyde de soufre de ce vin  $c_1$ .  
b. En déduire que sa concentration en masse de dioxyde de soufre  $c_m$  est égale à  $0,205 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .
5. Cette concentration est-elle conforme à la réglementation européenne ? Justifier.



### DOC 2 Les acides du vin

L'acide tartrique est l'acide majoritaire dans le vin :





### 3 Synthèse d'un anesthésique local

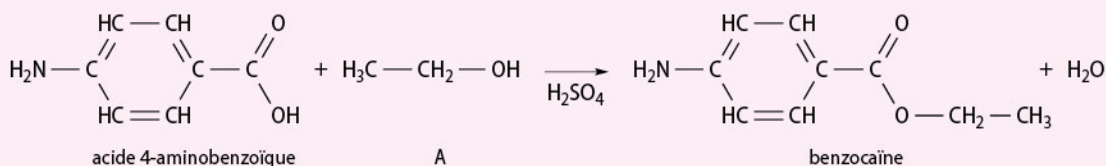
On synthétise la benzocaïne, une espèce chimique utilisée en médecine comme anesthésique local, selon le protocole donné ci-dessous :

- Dans un ballon de 100 mL, introduire une masse  $m = 1,50$  g d'acide 4-aminobenzoïque solide et un volume  $V = 20,0$  mL d'un liquide A.
- Agiter doucement le mélange, le ballon étant placé dans un bain de glace, et ajouter goutte à goutte 1,00 mL d'une solution concentrée d'acide sulfurique.
- Chauffer à reflux pendant une heure, puis laisser le mélange revenir à température ambiante.
- Après plusieurs étapes de séparation afin de récupérer le produit formé, on obtient un solide blanc, qui est séché et pesé.

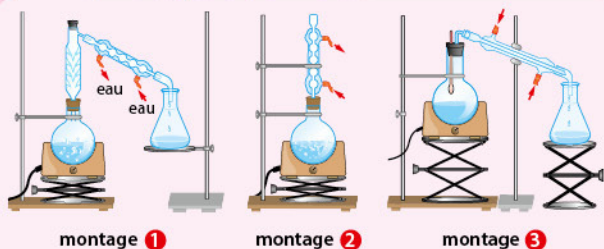


**Données :** masses molaires en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$  : réactif A : 46,0 ; benzocaïne : 165,2 ; acide 4-aminobenzoïque : 137,1. Masse volumique du réactif A :  $0,79 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ .

#### DOC 1 Équation de la réaction de synthèse de la benzocaïne



#### DOC 2 Montages expérimentaux



montage 1

montage 2

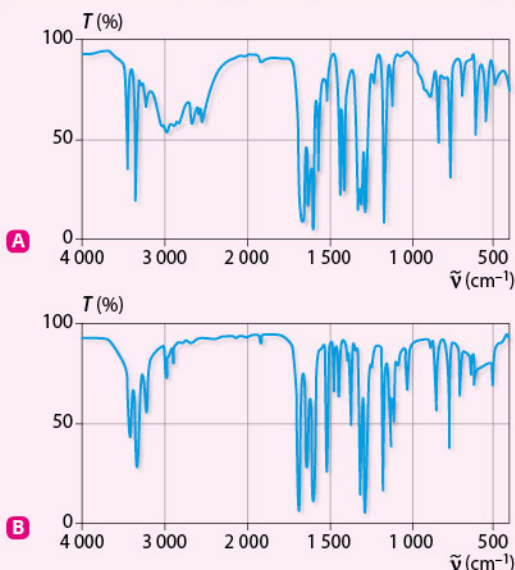
montage 3

#### DOC 4 Table de données pour la spectroscopie infrarouge

Liaison	Nombre d'onde ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité de la bande
O—H alcool	3 200-3 700	forte
O—H acide carboxylique	2 500-3 200	forte à moyenne, large
N—H	3 100-3 500	forte à moyenne
C=O	1 650-1 740	forte

1. Quel groupe caractéristique reconnaît-on dans la molécule A ? Nommer la famille chimique à laquelle cette molécule appartient.
2. Parmi les montages expérimentaux représentés dans le document 2, choisir celui qui est utilisé pour une des étapes de cette synthèse.

#### DOC 3 Spectres infrarouge de l'acide 4-aminobenzoïque A et du produit obtenu B



3. Montrer que la masse de benzocaïne, notée  $m_{\text{théorique}}$ , que l'on peut espérer former à l'issue de la synthèse vaut :  $m_{\text{théorique}} = 1,80$  g.
4. En fin de synthèse, la masse de produit récupéré est  $m_{\text{expérimental}} = 0,81$  g. Définir et calculer le rendement de cette réaction.
5. Associer à chaque molécule du document 3 son spectre infrarouge en justifiant.



## Thème 1 : Constitution et transformations de la matière

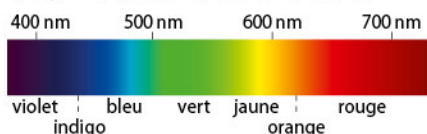
### 4 Extraction de la vanilline

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 cultive donc le vanillier à Madagascar, à Tahiti, à La Réunion, en Amérique du Sud, etc. La vanille est utilisée dans de nombreux domaines comme la parfumerie, l'industrie agro-alimentaire, ou encore en tant qu'intermédiaire de synthèse dans l'industrie pharmaceutique.

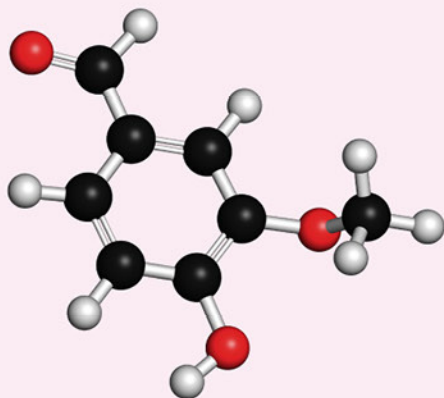
La gousse de vanille est très riche en arômes, dont le principal est la vanilline.

On s'intéresse à l'extraction de la vanilline contenue dans un échantillon de vanille du commerce à l'aide de dichlorométhane. Un traitement faisant intervenir une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium permet ensuite de faire repasser la vanilline en solution aqueuse sous forme d'ions phénolate.

**Données :** dichlorométhane  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  : masse volumique  $\rho = 1,33 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  ; non miscible à l'eau. Vanilline  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$  : soluble dans la plupart des solvants organiques, très peu soluble dans l'eau. Masses molaires en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$  :  $M_{\text{C}} = 12$  ;  $M_{\text{H}} = 1$  ;  $M_{\text{O}} = 16$ . Spectre du domaine visible :



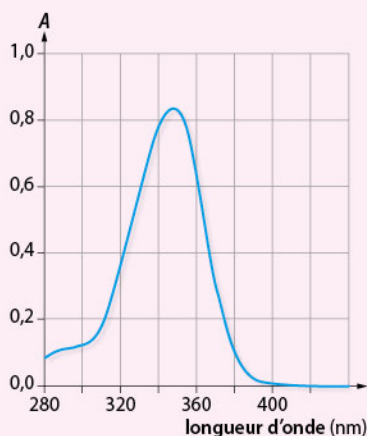
#### DOC 1 Molécule de vanilline



#### DOC 2 Protocole d'extraction de la vanilline

- 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  $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .
- On rassemble les phases aqueuses.

#### DOC 3 Spectre d'absorption UV-visible de l'ion phénolate



1. a. Calculer la masse molaire de la vanilline.  
b. En déduire la quantité de matière extraite si on récupère après extraction 0,90 g de vanilline.
2. La molécule de vanilline possède plusieurs groupes caractéristiques.  
a. Comment est obtenue la représentation du document 1 ? Quel avantage cela présente-t-il par rapport à un modèle moléculaire classique ?  
b. Après avoir donné la formule semi-développée de la molécule, entourer et nommer deux des groupes caractéristiques de la vanilline.
3. Lors de l'extraction de la vanilline par le dichlorométhane, quel instrument de verrerie utilise-t-on ? Faire un schéma et, en justifiant sa position, indiquer la phase dans laquelle se trouve la vanilline en fin d'extraction.
4. a. L'ion phénolate absorbe-t-il dans le domaine du visible, dont le spectre figure dans les données ? Justifier la réponse.  
b. Les solutions de vanilline le contenant sont-elles colorées ? Justifier la réponse.





## 5 Synthèse d'un savon

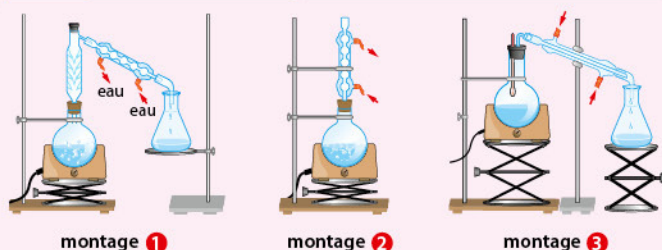
Les premiers savons ont été fabriqués au Proche-Orient 2 500 à 3 000 ans avant notre ère. Selon Claude Galien, médecin grec du II<sup>e</sup> siècle, le meilleur savon s'obtient en traitant la graisse de bœuf par une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium.

La fabrication du savon par ébullition d'un corps gras (l'huile d'olive, qui contient de l'oléate de glycéryle) et d'une base, une solution d'hydroxyde de potassium ( $K^+(aq) + HO^-(aq)$ ), ne se développa qu'au xv<sup>e</sup> siècle.

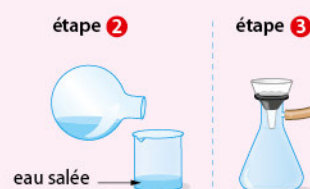
Depuis le xix<sup>e</sup> siècle, la saponification est la réaction chimique privilégiée par l'industrie pour la fabrication des savons.



### DOC 1 Différents montages

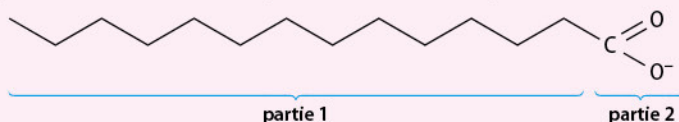


### DOC 2 Deux étapes d'obtention du savon solide



### DOC 3 Données

- La réaction de saponification utilisée dans l'industrie des savons a pour équation :  
oléate de glycéryle +  $3 (K^+(aq) + HO^-(aq)) \rightarrow 3 \text{ savons} + \text{glycérol}$
- Un ion carboxylate, comme l'ion oléate, peut être schématisé par :



- Tableau de données :

Espèce chimique	Masse molaire (en $g \cdot mol^{-1}$ )	Soluble dans		
		l'eau	l'éthanol	l'eau salée
oléate de glycéryle	884	non	oui	non
hydroxyde de potassium	56	oui	oui	oui
savon	320	oui	-	oui, peu

- Parmi les 3 montages proposés dans le document 1, choisir celui à utiliser pour réaliser la synthèse du savon.
  - Donner son nom et préciser l'intérêt d'un tel montage.
- Après la synthèse, on réalise les deux étapes décrites dans le document 2.
  - Justifier l'utilisation d'eau salée dans l'étape 2.
  - Quel est le nom du dispositif utilisé à l'étape 3 ? Quel est son intérêt ?
- Le pouvoir nettoyant du savon est lié aux propriétés de l'ion carboxylate, qui possède deux parties.
  - De quoi est constituée la partie 1 de l'ion carboxylate ?
  - Identifier sur le schéma donné dans le document 2 la partie hydrophile et la partie hydrophobe de l'ion carboxylate.
- Sachant que l'hydroxyde de potassium a été introduit en excès, montrer que la masse maximale de savon  $m_{sav}$  susceptible d'être obtenue lors de la saponification de 884 kg d'oléate de glycéryle est de 960 kg.



# Thème 1 : Constitution et transformations de la matière

## 6 La méthanisation

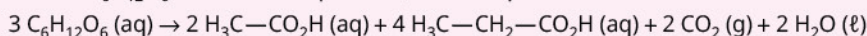
La méthanisation est un processus naturel de dégradation biologique de la matière organique sous l'action de différentes bactéries. Elle présente le double avantage de traiter les déchets organiques comme, par exemple, la cellulose d'origine agricole, tout en produisant du « biogaz », constitué essentiellement de méthane  $\text{CH}_4(\text{g})$ , qui peut servir à produire de l'électricité. Cela constitue une source d'énergie renouvelable, car le gaz produit se substitue aux énergies fossiles.

Enfin, le résidu de la méthanisation peut être utilisé comme engrais pour l'agriculture.

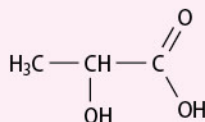


### DOC 1 Étapes de la méthanisation

La méthanisation se déroule en plusieurs étapes dans une unité industrielle appelée « digesteur ». Dans une première étape, la cellulose est transformée en glucose grâce à l'action de bactéries. La seconde étape du processus de conversion de la matière organique transforme le glucose, de formule brute  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , en différents produits, selon l'équation suivante :



Cette étape permet également de former de l'acide lactique, de formule semi-développée :



Deux autres étapes conduisent ensuite au méthane.

### DOC 2 Données

- Un digesteur produit annuellement  $4,5 \times 10^5 \text{ m}^3$  de méthane.
- Pouvoir calorifique massique du méthane :  $PC = 50 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .
- Masses molaires en  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$  :  $M_{\text{C}} = 12$  ;  $M_{\text{H}} = 1$ .
- Volume occupé par une mole de gaz dans les conditions de l'exercice :  $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;

### DOC 3 Extrait du tableau périodique

$1\text{H}$									$2\text{He}$
$3\text{Li}$	$4\text{Be}$		$5\text{B}$	$6\text{C}$	$7\text{N}$	$8\text{O}$	$9\text{F}$	$10\text{Ne}$	
$11\text{Na}$	$12\text{Mg}$		$13\text{Al}$	$14\text{Si}$	$15\text{P}$	$16\text{S}$	$17\text{Cl}$	$18\text{Ar}$	

1. Écrire le schéma de Lewis des molécules d'eau et de dioxyde de carbone, qui sont deux produits de la transformation du glucose.
2. Nommer les deux autres produits obtenus lors de la première étape de la méthanisation.
3. Recopier la formule de la molécule d'acide lactique et entourer ses groupes caractéristiques. Nommer les familles associées à ces groupes caractéristiques.
4. L'équation de la transformation du glucose est-elle celle d'une réaction de combustion ? Justifier.
5. Écrire l'équation ajustée correspondant à la combustion complète du méthane.
6. Calculer la masse de méthane produite en un an par le digesteur présenté dans le **document 2**.
7. En déduire l'énergie libérée par la combustion de ce méthane.