

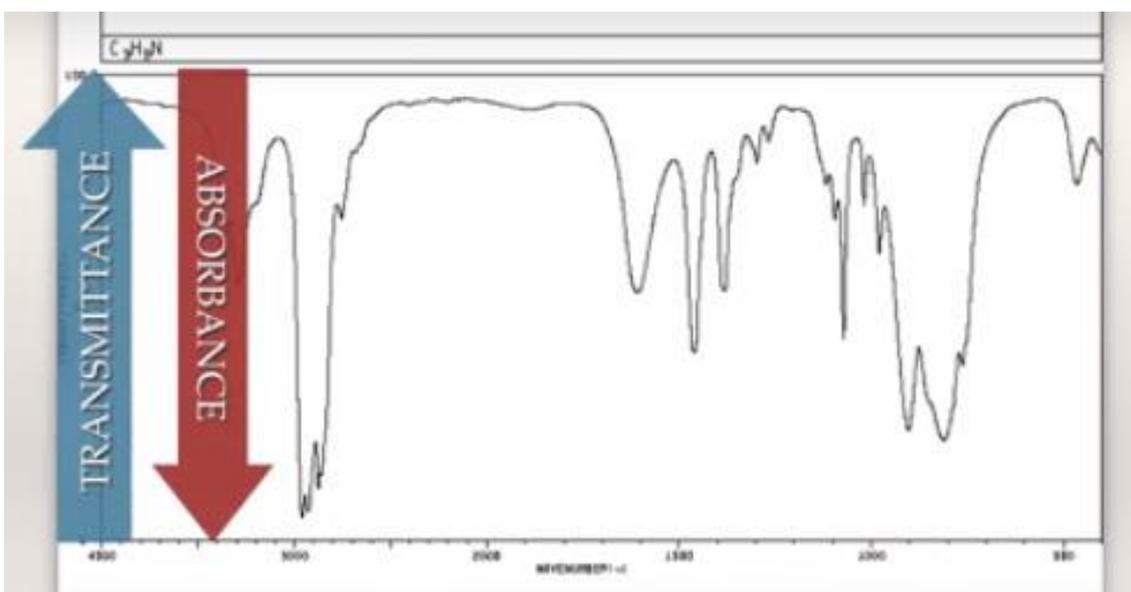
# Analyse spectrale

## Spectres IR

5 Extraits de sujets corrigés du bac S

© <http://labolycee.org>

**La spectroscopie infrarouge : un moyen de déterminer les groupes caractéristiques d'une molécule**



<https://youtu.be/U0Hu3-J0igE>

Animation par Ostralo.net [http://www.ostralo.net/3\\_animations/js/spectreIR/index.htm](http://www.ostralo.net/3_animations/js/spectreIR/index.htm)

*Les corrigés sont rédigés par les professeurs de l'association Labolycée.  
Toute reproduction de ces corrigés sans l'autorisation de l'association est interdite.  
Ces corrigés sont accessibles gratuitement et sans inscription sur <http://labolycee.org>*

Contacts : <https://twitter.com/Labolycee> ; <https://www.facebook.com/labolycee/> ;  
[labolycee@labolycee.org](mailto:labolycee@labolycee.org)

*Les exercices de bac sont conçus à partir de la colonne Compétences exigibles.*

Notions et contenus	Compétences exigibles
<p>Spectres IR <a href="https://youtu.be/1ZQXEZKBKTY">https://youtu.be/1ZQXEZKBKTY</a></p> <p>Identification de liaisons à l'aide du nombre d'onde correspondant ; détermination de groupes caractéristiques.</p> <p>Mise en évidence de la liaison hydrogène.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Exploiter un spectre IR pour déterminer des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données ou de logiciels.</li><li>• Associer un groupe caractéristique à une fonction dans le cas des alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide.</li><li>• Connaître les règles de nomenclature de ces composés ainsi que celles des alcanes et des alcènes. <a href="https://youtu.be/icmXwHywn9g">https://youtu.be/icmXwHywn9g</a></li></ul>

Identification d'une molécule organique par IR et RMN, film d'une durée de 10 min, réalisé par la fondation Maison de la Chimie et le CNDP : <https://youtu.be/swvc0fQL5RQ>

**EXERCICE I : ASPIRINE ET PRÉVENTION CARDIOVASCULAIRE (8,5 points)**

2.2. Spectre IR de la molécule d'acide éthanoïque.

[Accès à la correction](#)

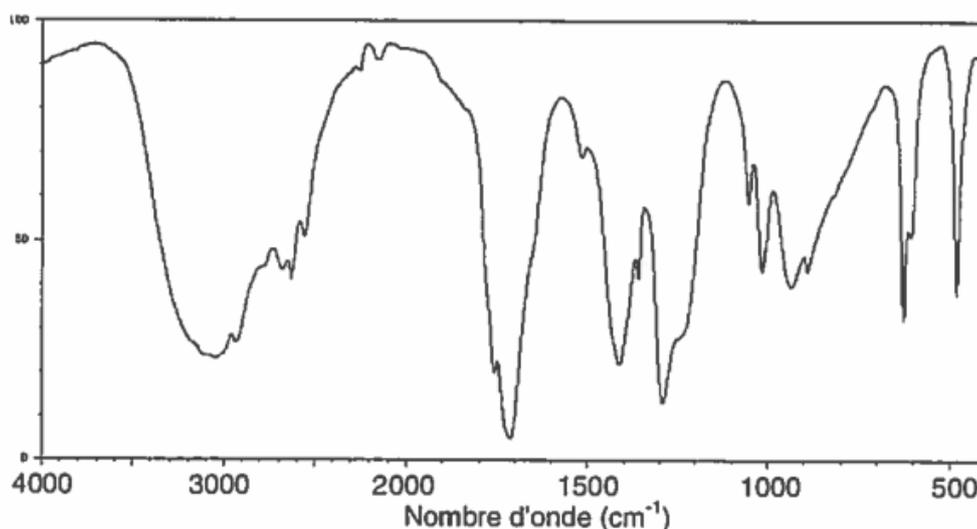
L'autre produit issu de la synthèse de l'aspirine est l'acide éthanoïque de formule brute  $C_2H_4O_2$ .

2.2.1. Donner la formule semi-développée de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle qui est un isomère de l'acide éthanoïque.

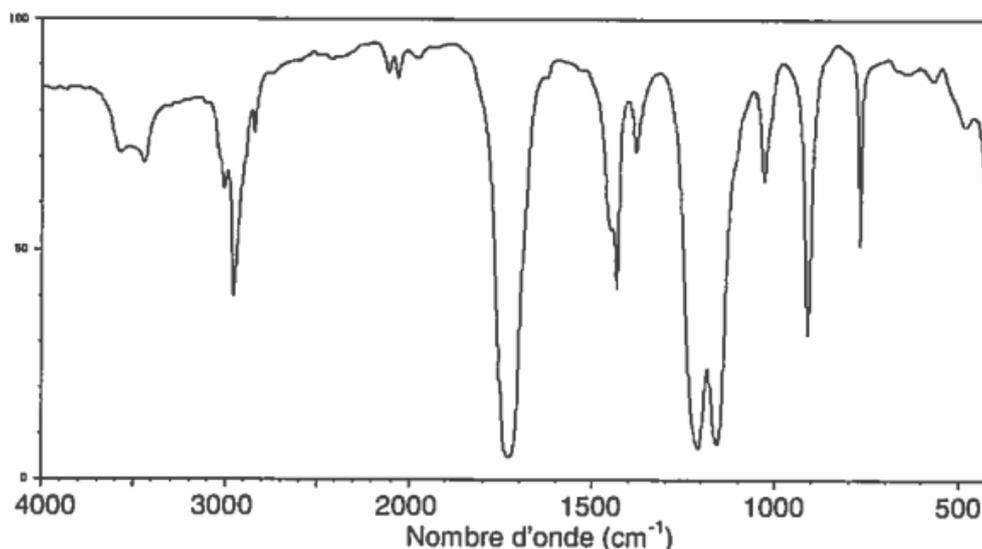
2.2.2. Les spectres infrarouges de ces deux espèces chimiques sont regroupés dans le **document 3** ci-dessous. Une table de données de spectroscopie infrarouge est également fournie (**document 4**).

Identifier celui qui appartient à l'acide éthanoïque en justifiant.

**Document 3** : spectres IR de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle.



**Spectre IR 1**



**Spectre IR 2**

**Document 4** : table de données pour la spectroscopie IR.

famille	liaison	nombres d'onde ( $cm^{-1}$ )
cétone	$C = O$	1705 - 1725
aldéhyde	$C_{tri} - H$	2700 - 2900
	$C = O$	1720 - 1740
acide carboxylique	$O - H$	2500 - 3200
	$C = O$	1740 - 1800
ester	$C = O$	1730 - 1750
alcool	$O - H_{lié}$	3200 - 3450
	$O - H_{libre}$	3600 - 3700

On trouve dans un document publié par l'Institut suisse de prévention de l'alcoolisme (ISPA) les informations suivantes :

Quand une personne consomme de l'alcool, celui-ci commence immédiatement à passer dans le sang. Plus le passage de l'alcool dans le sang est rapide, plus le taux d'alcool dans le sang augmentera rapidement, et plus vite on sera ivre. L'alcool est éliminé en majeure partie par le foie. Dans le foie, l'alcool est éliminé en deux étapes grâce à des enzymes. Dans un premier temps, l'alcool est transformé en éthanal par l'enzyme alcool déshydrogénase (ADH). L'éthanal est une substance très toxique, qui provoque des dégâts dans l'ensemble de l'organisme. Il attaque les membranes cellulaires et cause des dommages indirects en inhibant le système des enzymes. Dans un deuxième temps, l'éthanal est métabolisé par l'enzyme acétaldéhyde déshydrogénase (ALDH).

Alcool pur : Ethanol :  $C_2H_6O$

↓ Enzyme ADH

Ethanal  $C_2H_4O$

↓ Dégradation ultérieure...

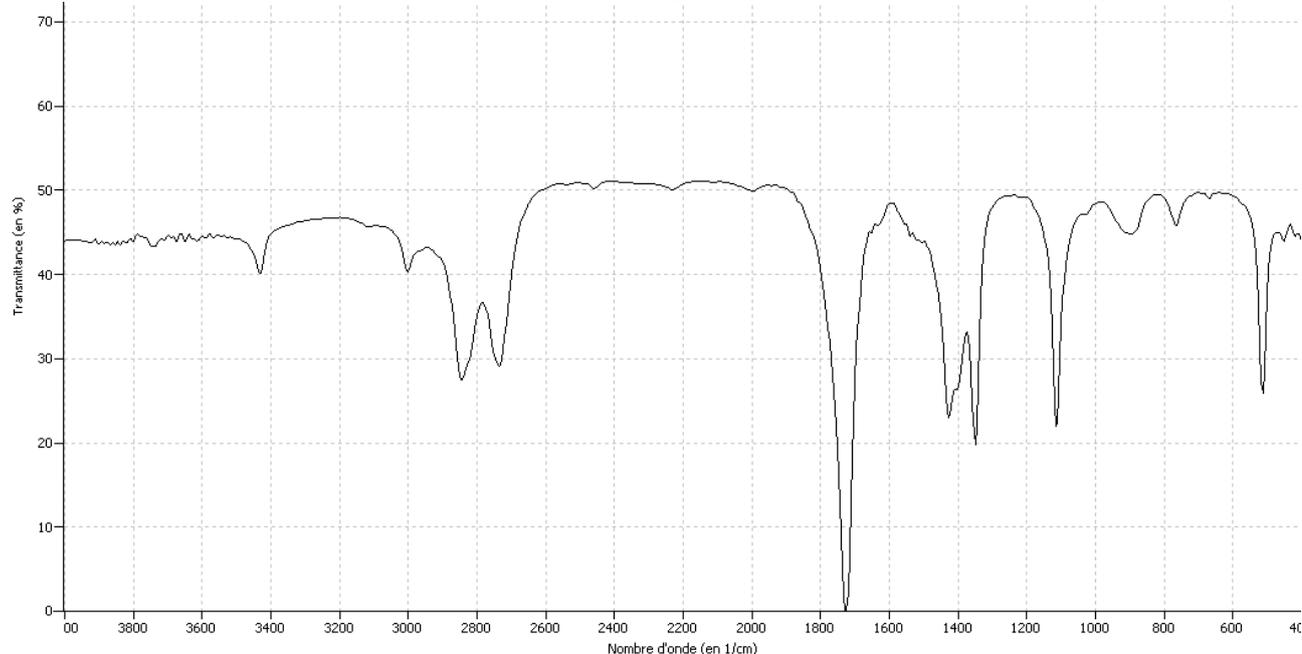
Synthèse du cholestérol

[www.sfa-ispa.ch](http://www.sfa-ispa.ch)

Document 1

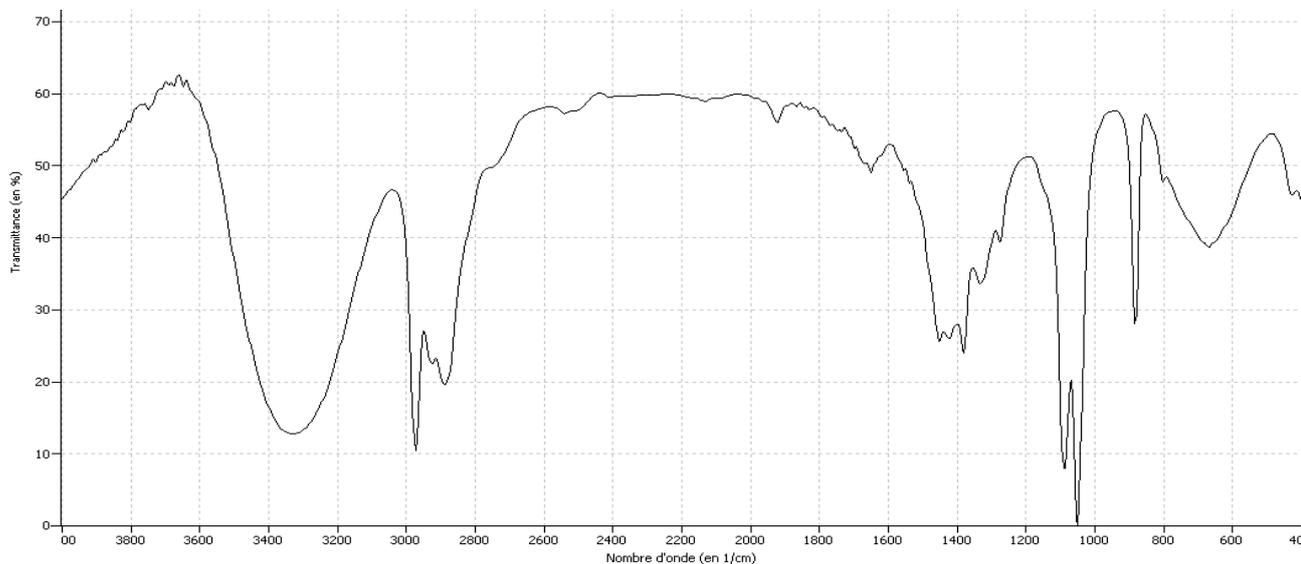
## 1. Spectroscopie

On se propose d'étudier la structure et les fonctions organiques de ces molécules par spectroscopie.



<http://www.sciences-edu.net>

Document 2a : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR1



<http://www.sciences-edu.net>

Document 2b : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR2

Liaison	C - C	C - O	C = O (carbonyle)	C - H	O - H
Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	1000-1250	1050-1450	1650-1740	2800-3000	3200-3700

Document 2c : Table de données pour la spectroscopie IR

- 1.1. Le document 1 évoque les molécules d'éthanol et d'éthanal : représenter en formule semi-développée ces deux molécules et encadrer leurs fonctions caractéristiques.
- 1.2. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanol ? À quelle famille appartient cette molécule ?
- 1.3. Quel est le nom du groupe fonctionnel porté par l'éthanal ? À quelle famille appartient cette molécule ?
- 1.4. En utilisant les données spectroscopiques du document 2, associer chaque spectre infrarouge (IR) à la molécule correspondante en justifiant.

**Accès à la correction**

**EXERCICE II. SYNTHÈSE D'UN ANESTHÉSIQUE : LA BENZOCAÏNE (9 points)**

La benzocaïne (4-aminobenzoate d'éthyle) est utilisée en médecine comme anesthésique local d'usage externe. Elle est présente dans des crèmes pour le traitement des coups de soleil, mais on la trouve aussi dans de nombreuses autres préparations : pastilles contre les maux de gorge, produits gingivaux contre les douleurs dentaires.

Dans le cadre d'un projet de recherche, demandé en premier cycle universitaire, on envisage de synthétiser de la benzocaïne. Pour cela quatre grandes tâches devront être réalisées :

- l'étude bibliographique préliminaire ;
- la vérification de la pureté du réactif ;
- la réalisation de la dernière étape de la synthèse et l'évaluation de son rendement ;
- l'identification du produit obtenu.

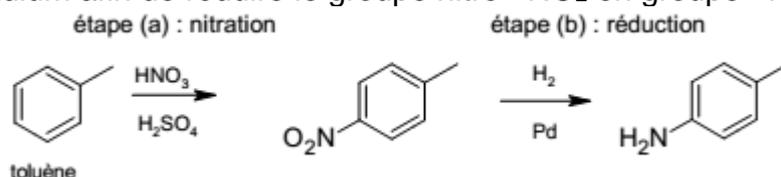
**4. Identification du produit formé**

4.1. Dans le document 3, on donne les spectres infrarouge de l'acide 4-aminobenzoïque et du produit obtenu. Associer à chaque molécule son spectre IR en justifiant. [Accès à la correction](#)

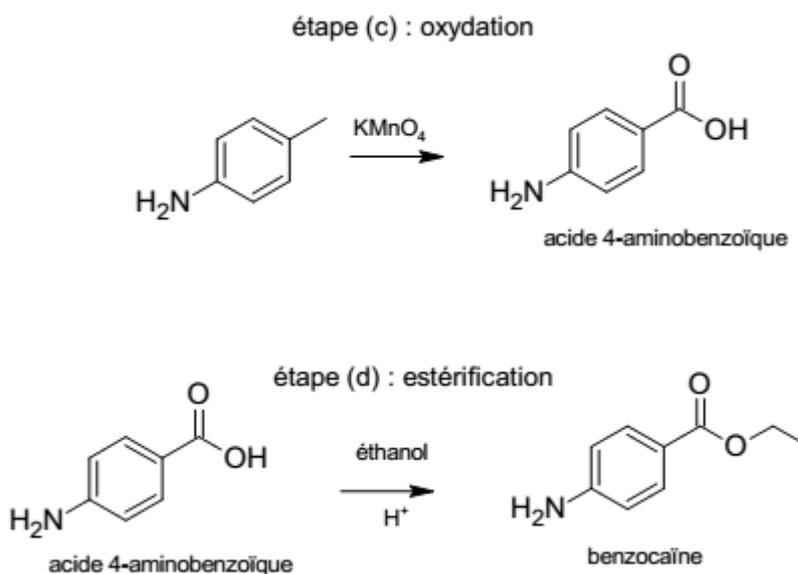
**Document 1 : La synthèse de la benzocaïne**

La benzocaïne est préparée à partir du toluène en plusieurs étapes.

La première étape débute par une nitration du toluène, suivie par une hydrogénation catalytique en présence de palladium afin de réduire le groupe nitro  $-NO_2$  en groupe  $-NH_2$ .



On procède ensuite à une oxydation sélective, par du permanganate de potassium, pour obtenir l'acide 4-aminobenzoïque, suivie d'une estérification pour obtenir la benzocaïne.



Adapté d'un ouvrage universitaire de chimie organique (J. Clayden & al. Chimie organique)

**Document 3 : Analyse du produit obtenu**

**Spectres infrarouge de l'acide 4-aminobenzoïque et du produit obtenu**

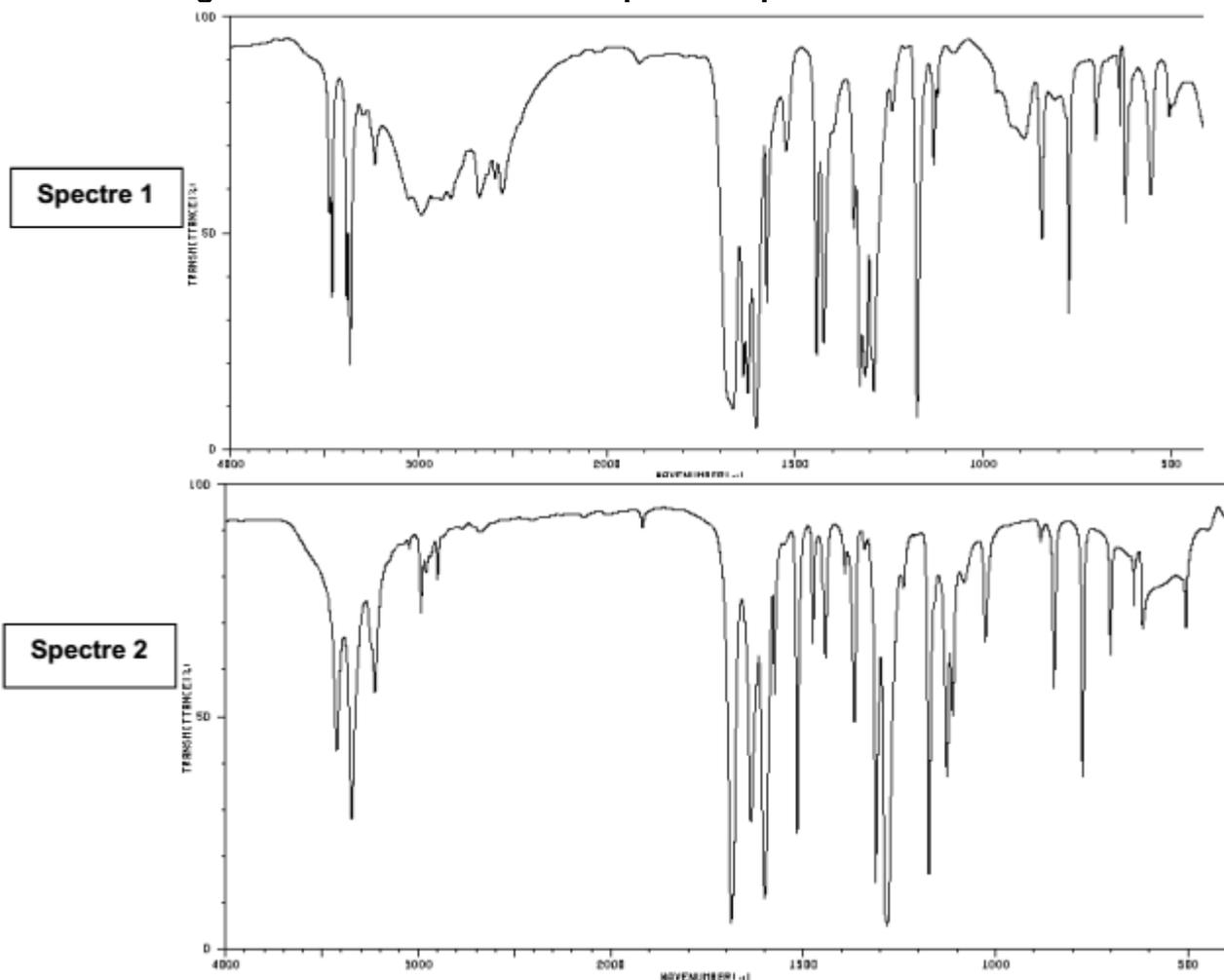


Table spectroscopique IR simplifiée :

<b>Liaison</b>	<b>Nombre d'onde (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Intensité</b>
O-H alcool libre	3500 - 3700	forte, fine
O-H alcool lié	3200 - 3400	forte, large
O-H acide carboxylique	2500 - 3200	forte à moyenne, large
N-H amine	3100 - 3500	moyenne
N-H amide	3100 - 3500	forte
N-H amine ou amide	1560 - 1640	forte ou moyenne
C <sub>tri</sub> - H	3000 - 3100	moyenne
C <sub>tét</sub> - H	2800 - 3000	forte
C = O ester	1700 - 1740	forte
C = O amide	1650 - 1740	forte
C = O aldéhyde et cétone	1650 - 1730	forte
C = O acide	1680 - 1710	forte

Remarque :

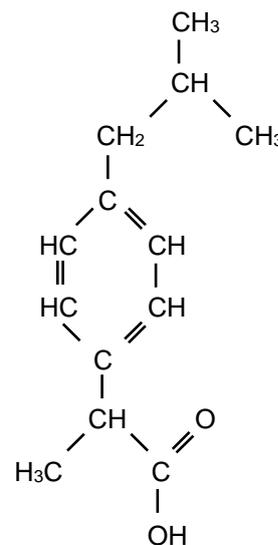
C<sub>tri</sub> signifie que l'atome de carbone est trigonal, c'est-à-dire relié à trois voisins.

C<sub>tét</sub> signifie que l'atome de carbone est tétragonal, c'est-à-dire relié à quatre voisins.

L'ibuprofène est une molécule de formule brute  $C_{13}H_{18}O_2$ . Son nom en nomenclature officielle est acide 2-(4-isobutylphényl)propanoïque.

De par ses propriétés anti-inflammatoire, antalgique et antipyrétique, elle constitue le principe actif de divers médicaments.

Cet exercice comporte trois parties indépendantes conduisant à étudier la structure de la molécule d'ibuprofène, sa synthèse dans le cadre de la chimie verte et le dosage d'un médicament.



*Formule semi-développée  
de l'ibuprofène*

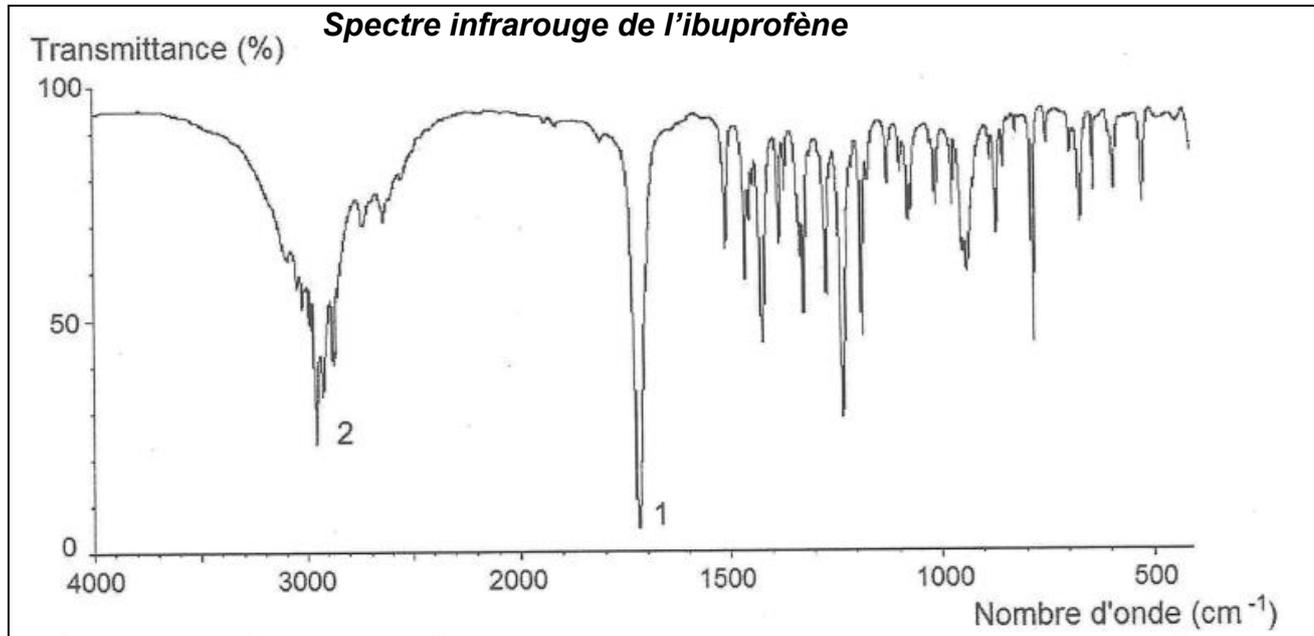
### Partie 1 : La molécule d'ibuprofène

1.3. Diverses techniques d'analyse ont permis de connaître la structure de la molécule d'ibuprofène. Les spectroscopies IR (infrarouge) et de RMN (résonance magnétique nucléaire) en sont deux exemples.

1.3.1. Donner l'origine des bandes d'absorption 1 et 2 du spectre infrarouge IR (document 1) en exploitant les données du document 2.

[Accès à la correction](#)

### Document 1



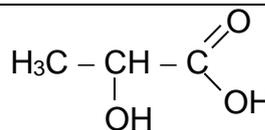
### Document 2

#### *Bandes d'absorption IR de quelques types de liaisons chimiques*

Type de liaison	Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	Largeur de la bande	Intensité d'absorption
O-H sans liaison hydrogène	3580 - 3650	fine	forte
O-H avec liaison hydrogène	3200 - 3300	large	forte
O-H d'un acide carboxylique	2500 - 3200	large	variable
C-H des groupes CH <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> , CH dans les alcanes, les alcènes et les cycles aromatiques	2900 - 3100	variable (bandes multiples)	variable
C=C dans un cycle aromatique	1500 - 1600	fine	moyenne
C=O d'un acide carboxylique	1700 - 1725	fine	forte

**Extrait 5** Bac S 2013 Liban Exercice I. ACIDE LACTIQUE ET MÉDECINE ANIMALE (7 points)<http://labolycee.org>**1. L'acide lactique**

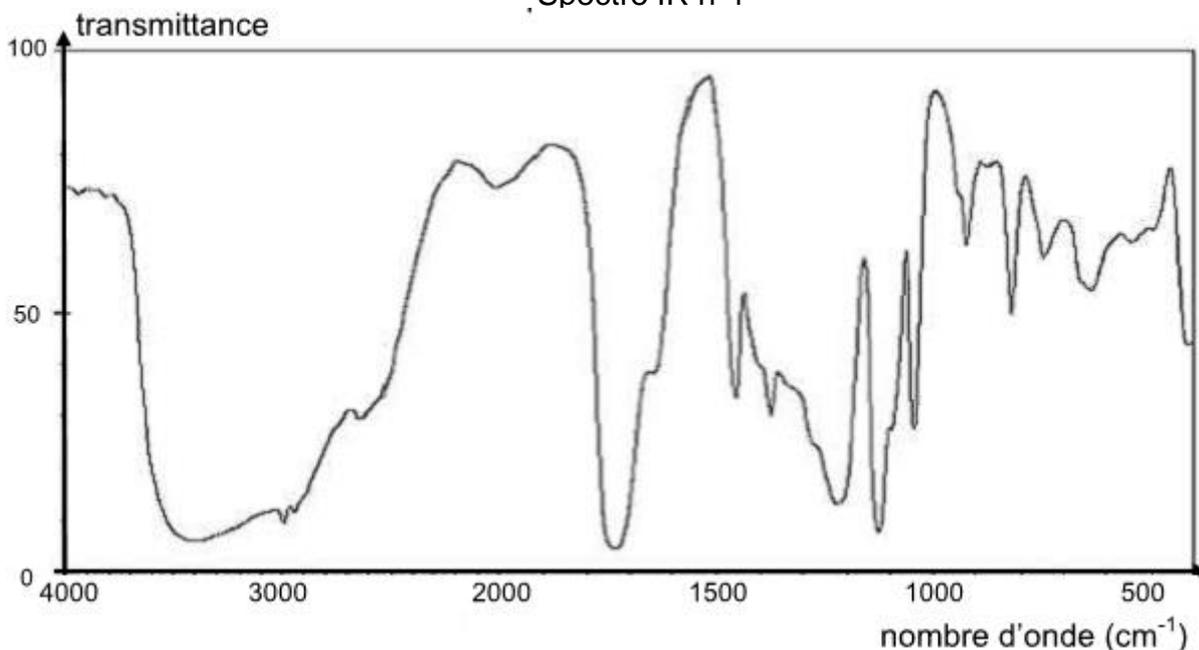
La formule semi-développée de l'acide lactique est la suivante :

**1.2. Analyse spectroscopique**

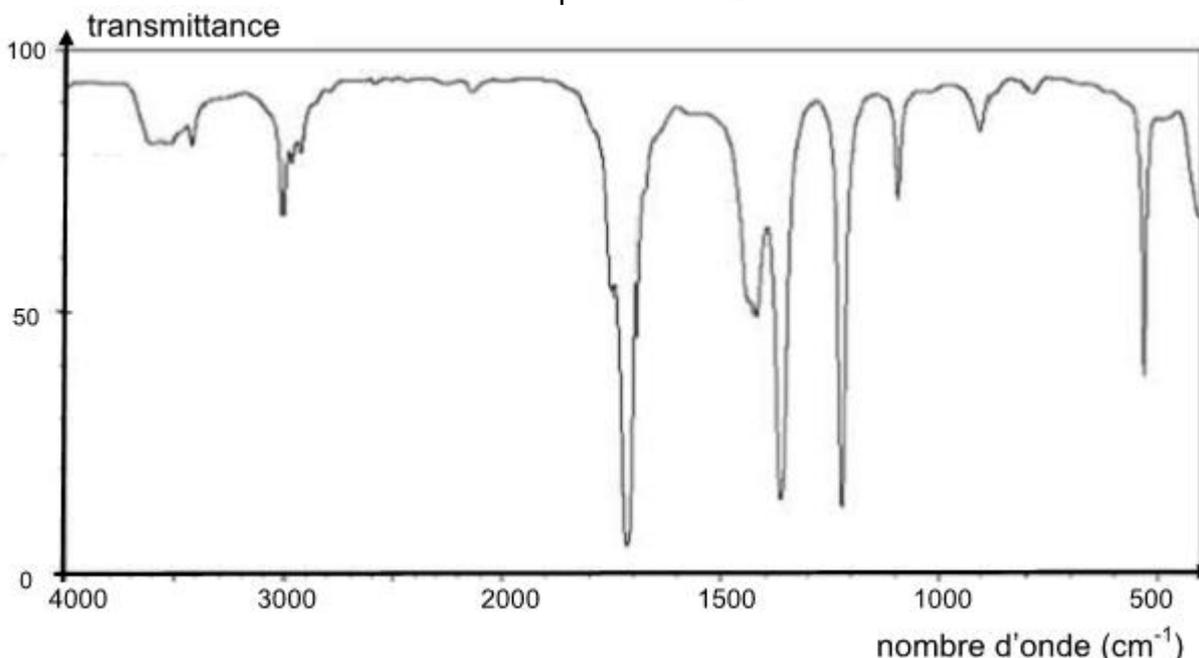
Accès à la correction

1.2.1. Parmi les spectres IR proposés dans le document 1 ci-après, choisir en justifiant celui correspondant à l'acide lactique. [Accès à la correction](#)**Document 1 : Spectres IR**

Spectre IR n°1



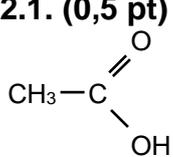
Spectre IR n°2

**Donnée :** bandes d'absorption en spectroscopie IR

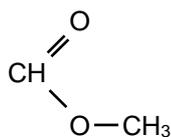
Liaison	C-C	C=O	O-H (acide carboxylique)	C-H	O-H (alcool)
Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )	1000 - 1250	1700 - 1800	2500 - 3200	2800 - 3000	3200 - 3700

2.2. Spectre IR de la molécule d'acide éthanoïque.

2.2.1. (0,5 pt)



Acide éthanoïque

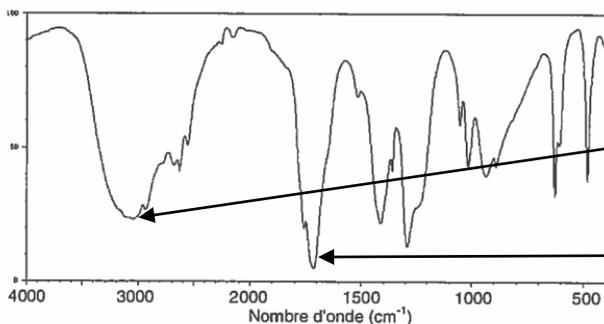


méthanoate de méthyle

Il s'agit d'un ester.

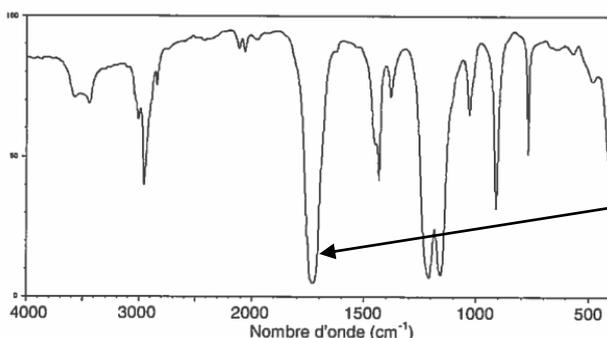
[Retour vers le sujet](#)

2.2.2. (0,5 pt)



Bande à 2500 – 3200 cm<sup>-1</sup>  
Caractéristique de la liaison OH  
de l'acide carboxylique

Bande à 1740 – 1800 cm<sup>-1</sup>  
Caractéristique de la liaison C = O  
de l'acide carboxylique

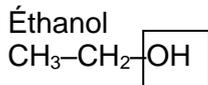


Bande à 1730 – 1750 cm<sup>-1</sup>  
Caractéristique de la liaison  
C = O de l'ester

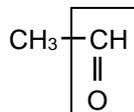
Le spectre IR1 correspond à celui de l'acide éthanoïque et le spectre IR2 à celui du méthanoate de méthyle.

1. Spectroscopie

1.1. Formules semi-développées



Éthanal



[Retour vers le sujet](#)

1.2. Groupe fonctionnel hydroxyle

Famille : alcool

1.3. Groupe fonctionnel carbonyle

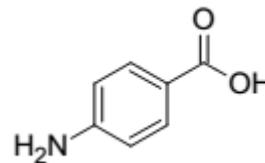
Famille : aldéhyde

1.4. Le spectre IR2 montre une bande large et intense autour de 3300 cm<sup>-1</sup> qui caractérise le groupe hydroxyle de l'éthanol.

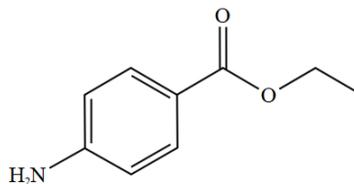
Le spectre IR1 montre une bande fine et intense autour de 1700 cm<sup>-1</sup> qui caractérise le groupe carbonyle de l'éthanal.

## 4. Identification du produit formé

4.1. L'un des spectres est celui de l'acide 4-aminobenzoïque :  
(0,5 + 0,5)



tandis que l'autre est celui de la benzocaïne :

[Retour vers le sujet](#)

Pour pouvoir attribuer ces 2 spectres, il faut chercher les différences entre ces 2 molécules : une fonction acide carboxylique pour la 1<sup>ère</sup>, une fonction ester pour la 2<sup>nde</sup>.

La différence du nombre d'onde pour la liaison C=O ester et C=O acide n'est pas suffisamment importante pour attribuer les spectres.

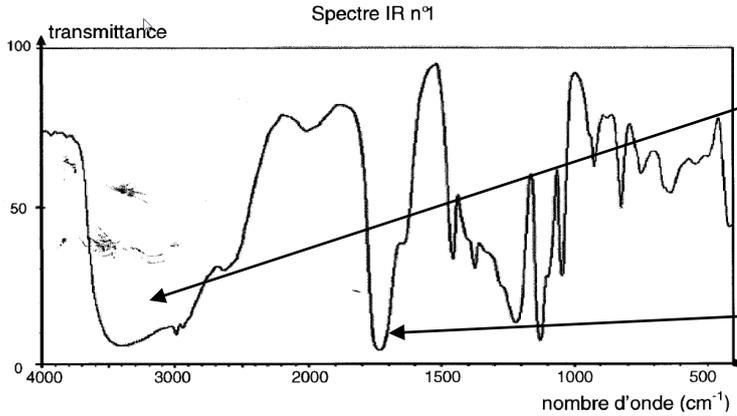
On retrouve dans le spectre 1, une bande large pour la liaison O-H acide carboxylique de l'acide 4-aminobenzoïque entre 2500 et 3200 cm<sup>-1</sup>. Cette liaison n'est pas présente dans le spectre 2.

Donc le spectre de la benzocaïne est le spectre 2, et celui de l'acide 4-aminobenzoïque est le spectre 1.

1.3.1. (0,5 pt) La bande n°1 est fine, de forte intensité et correspond à un nombre d'onde  $\sigma$  d'environ 1700 cm<sup>-1</sup> caractéristique de la liaison C = O d'un acide carboxylique.

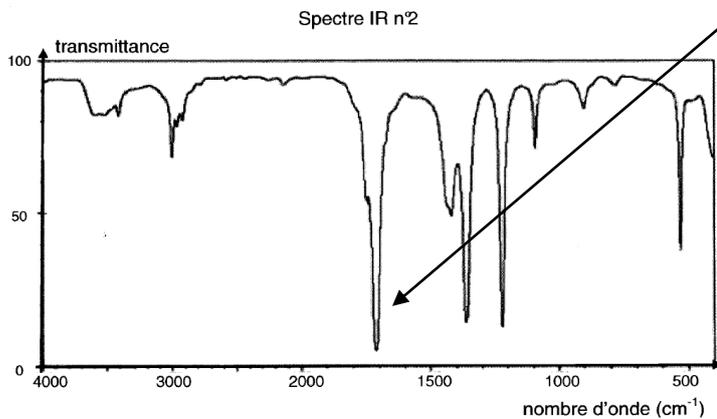
(0,5 pt) La bande n°2 est large et centrée autour de  $\sigma = 3000$  cm<sup>-1</sup>, elle peut caractériser les liaisons C - H ou/et la liaison O-H de l'acide carboxylique.

[Retour vers le sujet](#)

**Extrait 5****EXERCICE I : ACIDE LACTIQUE ET MÉDECINE ANIMALE (7 points)**CORRECTION © <http://labolycee.org>**1. L'acide lactique****1.2.1. (0,5 pt) Analyse spectroscopique**[Retour vers le sujet](#)

Bande large qui peut englober la liaison O – H (alcool) entre 3200 et 3700 cm<sup>-1</sup> et la liaison O – H de l'acide carboxylique (2500 – 3200 cm<sup>-1</sup>), non présente dans le deuxième spectre

Bande fine vers 1750 cm<sup>-1</sup> caractéristique de la liaison C = O



Le spectre n°1 correspond à l'acide lactique car la bande O – H n'est présente que dans le spectre n°1.