

1 Les familles de composés organiques

a. Modélisation des molécules

On peut modéliser une molécule de plusieurs façons.

Pour écrire une **formule brute**, on écrit les symboles des éléments présents dans la molécule, en précisant en indice le nombre d'atomes de chaque élément. L'indice 1 n'est jamais spécifié.

- Dans un **modèle moléculaire**, chaque atome est modélisé par une boule de taille et de couleur déterminées.
- La **formule brute** indique la nature et le nombre des atomes de la molécule.
- Dans une **formule semi-développée**, les liaisons sont représentées par des tirets entre les symboles des atomes excepté celles engagées par les atomes d'hydrogène.

Exemple : Trois modèles d'une molécule d'acide lactique

Modèle moléculaire	Formule brute
	$C_3H_6O_3$
	Formule semi-développée
	$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{C} - \text{OH} \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \quad \text{O} \end{array} $

b. Groupes caractéristiques et familles de composés

Dans une molécule, un **groupe caractéristique** est un groupement spécifique d'atomes qui ne contient pas uniquement des atomes de carbone C et d'hydrogène H.

R n'est pas le symbole d'un atome mais désigne un groupe dit hydrocarboné constitué d'atomes de carbone C et d'hydrogène H.

L'étude des propriétés physico-chimiques des molécules amène à définir des **familles de composés** qui s'identifient par la présence d'un **groupe caractéristique** :

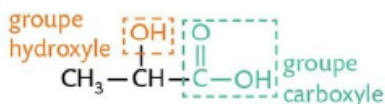
Groupe caractéristique*	Famille de composés	Formule générale
$\begin{array}{c} \boxed{-\text{OH}} \\ \text{hydroxyle} \end{array}$	Alcool	$\text{R} - \text{OH}$
$\begin{array}{c} \boxed{\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}} \\ \text{carbonyle} \end{array}$	Aldéhyde	$\text{H} - \overset{\text{O}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{H} \text{ ou } \text{R} - \overset{\text{O}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{H}$
	Cétone	$\text{R} - \overset{\text{O}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{R}'$
$\begin{array}{c} \boxed{\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}} \\ \text{carboxyle} \end{array}$	Acide carboxylique	$\text{R} - \overset{\text{O}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{OH}$

*Ces groupes ne peuvent être liés directement qu'à des atomes d'hydrogène H ou à des atomes de carbone C non liés à des atomes autres que l'hydrogène H ou le carbone C.

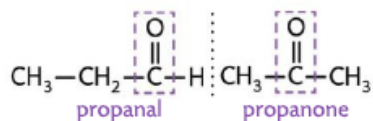
Exemple : L'acide lactique contient un groupe **hydroxyle** et un groupe **carboxyle**

A La propanone et le propanal contiennent un groupe **carbonyle** mais chacune de ces molécules appartient à une famille différente de composés organiques (doc. **A**).

A Différents groupes caractéristiques



> L'acide lactique possède un groupe hydroxyle et un groupe carboxyle.



> Le propanal est un aldéhyde, la propanone une cétone.

2 Le nom et la formule semi-développée

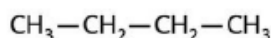
- Une molécule organique comporte un enchaînement d'atomes de carbone. Cet enchaînement est appelé « chaîne carbonée ». Cette chaîne peut être linéaire, ramifiée ou cyclique (doc. **B**).
- Chaque molécule organique possède un nom qui donne des informations sur sa chaîne carbonée et la famille de composés à laquelle elle appartient.

Le **nom** des molécules organiques oxygénées est de la forme :

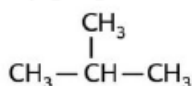
préfixe – **racine** – **suffixe**

B Squelette carboné

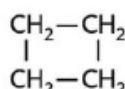
- Butane :



- 2-méthylpropane :



- Cyclobutane :



> La chaîne carbonée du butane est **linéaire**, tandis que celle du 2-méthylpropane est **ramifiée** et celle du cyclobutane est **cyclique**.

a. Le suffixe

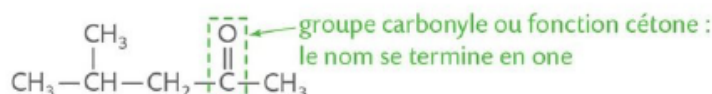
Le **suffixe** indique la famille de composés à laquelle appartient l'espèce chimique.

Famille de composés	alcool*	aldéhyde	cétone	acide carboxylique
Suffixe	ol	al	one	oïque**

* Dans un alcool, l'atome de carbone lié au groupe hydroxyle doit former 4 liaisons simples.

** Pour les acides carboxyliques, le nom de la molécule commence par le mot acide.

Exemple



C Racine du nom

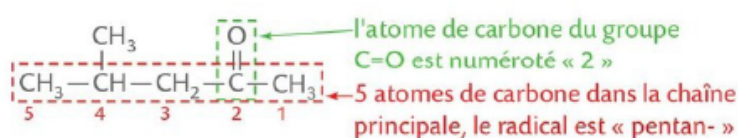
Nombre d'atomes de carbone	Racine
1	méthan-
2	éthan-
3	propan-
4	butan-
5	pentan-
6	hexan-
7	heptan-
8	octan-

b. La racine

- La **racine** indique le nombre d'atomes de carbone C dans la chaîne principale (doc. **C**).

- L'atome de **carbone fonctionnel** est celui qui appartient au groupe caractéristique (carbonyle, carboxyle) ou qui est lié au groupe hydroxyle.
- La **chaîne principale** est la chaîne carbonée qui comporte le plus grand nombre d'atomes de carbone ainsi que l'atome de carbone fonctionnel. Elle est numérotée de sorte que le numéro de l'atome de carbone fonctionnel soit le plus petit possible.

Exemple



D Groupes alkyles

Groupe alkyle	Nom du groupe alkyle
-CH ₃	méthyl-
-CH ₂ -CH ₃	éthyl-
-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	propyl-
-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	butyl-

c. Le préfixe

Un préfixe apparaît dans le nom si la chaîne principale est ramifiée par un ou plusieurs groupe(s) hydrocarboné(s) appelé(s) groupe(s) alkyle(s) (doc. **D**).

Le **préfixe** indique la position et la nature du groupe alkyle.

Exemple

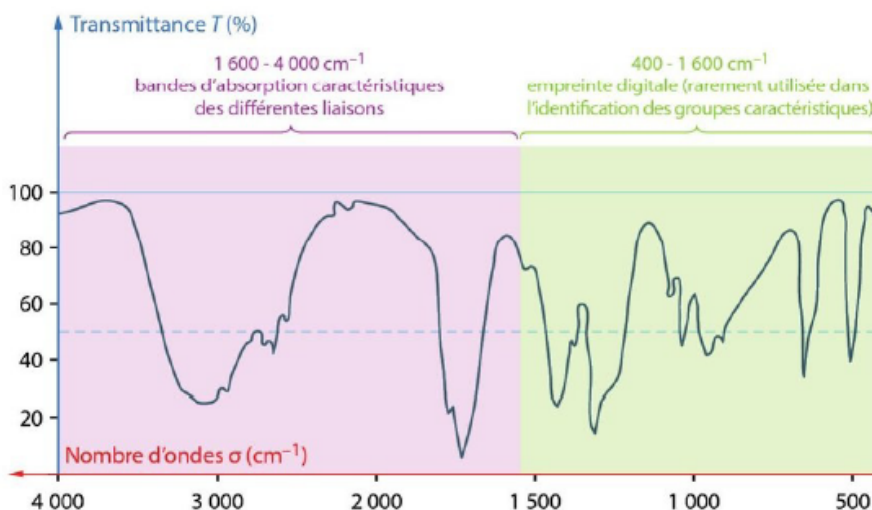


Nom : **4-méthylpentan-2-one**

3 La spectroscopie infrarouge

a. Le spectre infrarouge

- Un **spectre infrarouge** (IR) est un graphe présentant :
 - en abscisse : le **nombre d'ondes** σ en cm^{-1} . Le nombre d'ondes est relié à la longueur d'onde λ par la relation $\sigma = \frac{1}{\lambda}$.
 - en ordonnée : la **transmittance** T en pourcent (doc. **E**).
- Allure d'un spectre infrarouge :



E Transmittance T

Onde incidente d'intensité : I_0
 Onde transmise d'intensité : I
 λ
 Espèce chimique
 > Plus une onde est absorbée, plus la transmittance $T = \frac{I}{I_0}$ est faible.

Dans un spectre infrarouge, la zone d'identification des groupes caractéristiques correspond à :
 $\sigma : 1\,600\text{ cm}^{-1}$

b. Bandes d'absorption caractéristiques

Chaque bande d'absorption du spectre infrarouge est associée à la vibration d'une liaison.

Le nombre d'ondes σ de la vibration absorbée permet de reconnaître la présence de liaisons ($\text{C}=\text{O}$, $\text{O}-\text{H}$, etc.) dans la molécule. L'**identification de groupes caractéristiques** est ainsi possible.

La table ci-dessous donne les intervalles des nombres d'ondes et l'allure des bandes d'absorption pour différents types de liaison.

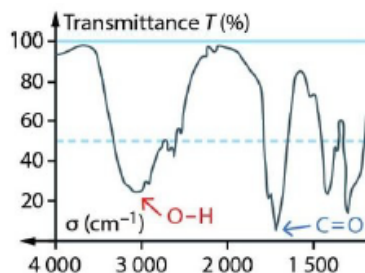
Liaison	$\text{O}-\text{H}$ alcool	$\text{O}-\text{H}$ acide carboxylique	$\text{C}=\text{O}$
$\sigma\text{ (cm}^{-1}\text{)}$	3 200-3 400 Bande forte et large*	2 600-3 200 Bande forte et très large*	1 700-1 760 Bande forte et fine*

* On dit qu'une bande est « forte » lorsque la transmittance est faible, une bande est « large » si elle s'étale sur un intervalle de nombre d'ondes important.

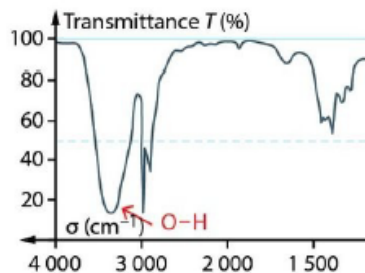
Exemple : Un groupe carboxyle est identifié par la présence de deux bandes de vibration caractéristiques contrairement à un groupe hydroxyle qui est identifié par une seule bande. Cela permet de les différencier (doc. **F**).

F Groupes hydroxyle et carboxyle

- Groupe carboxyle :



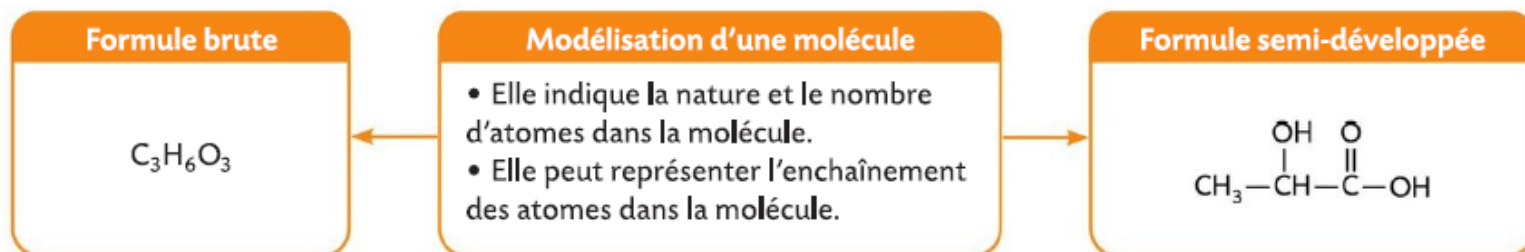
- Groupe hydroxyle :



> Le groupe carboxyle se distingue du groupe hydroxyle car il possède deux bandes de vibration caractéristiques de deux liaisons ($\text{O}-\text{H}$ et $\text{C}=\text{O}$).



1 Les familles de composés organiques



Groupes caractéristiques et familles de composés

Groupe caractéristique	Hydroxyle	Carbonyle		Carboxyle
Structure	—OH	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}$		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$
Famille de composés	Alcool	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ ou $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ Aldéhyde	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$ Cétone	Acide carboxylique

R et R' représentent des composés hydrocarbonés

2 Le nom et la formule semi-développée

indique la nature et la position des substituants → **préfixe - racine - suffixe** ← désigne la famille de composés

donne le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne principale

Exemple :

1 groupe méthyl comme substituant sur l'atome de carbone n° 3 : « 3-méthyl- »

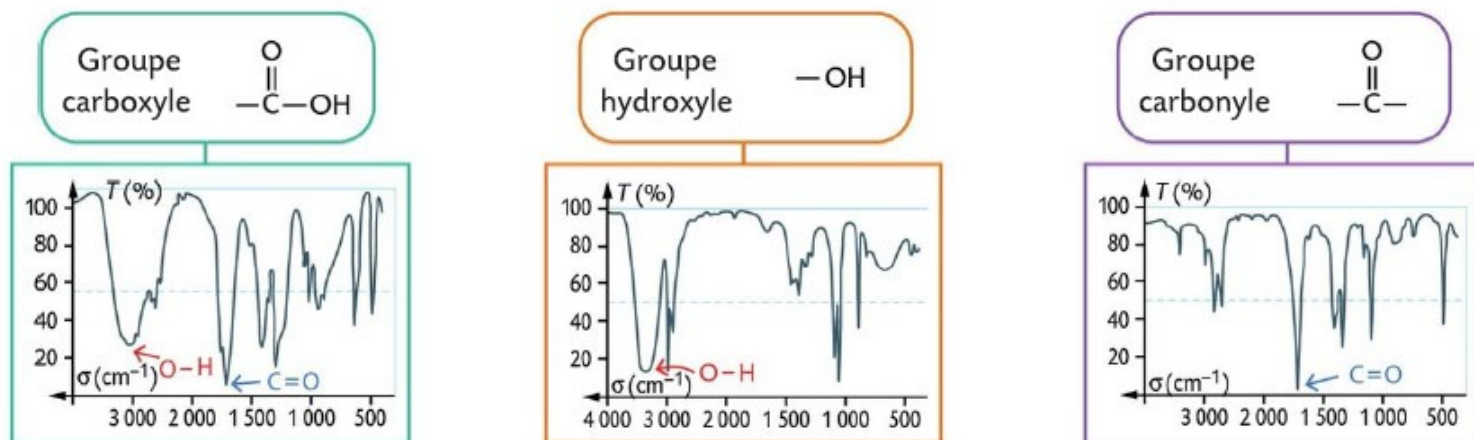
4 atomes de carbone dans la chaîne principale : « butan- »

alcool : 1-ol

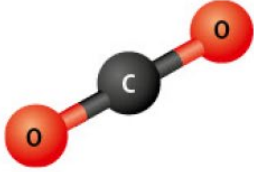
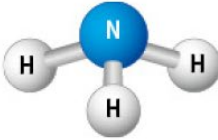
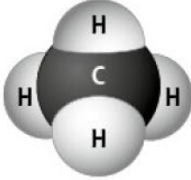
On numérote de façon à ce que l'atome de carbone fonctionnel ait le numéro le plus petit

3-méthylbutan-1-ol

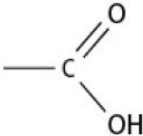
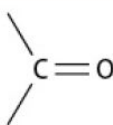
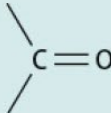
3 La spectroscopie infrarouge



1 Les molécules organiques

	A	B	C
1 Indiquer la ou les molécule(s) organique(s).			
2 Ceci est la formule semi-développée d'une molécule :	$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H} - \text{C} - \text{C} - \text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	CH_5N
3 La formule brute de l'éthanol est :	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_1$	OC_2H_6	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
4 Le propyle est un :	alcane.	alkyle.	alcool.

2 Groupes caractéristiques et familles de composés





	A	B	C
5 Un acide carboxylique possède un groupe :	$-\text{OH}$		
6  est un groupe :	carbonyle.	carboxyle.	hydroxyle.
7 $\text{H}_3\text{C} - \text{CH} = \text{O}$ est :	un aldéhyde.	une cétone.	un composé carbonylé.

3 Spectroscopie infrarouge

	A	B	C
8 La transmittance est le rapport de :	l'intensité de la radiation transmise sur l'intensité de la radiation incidente.	l'intensité de la radiation incidente sur l'intensité de la radiation transmise.	l'intensité de la radiation absorbée sur l'intensité de la radiation incidente.
9 Le nombre d'onde est :	l'opposé de la longueur d'onde.	l'inverse de la longueur d'onde.	une grandeur exprimée en cm^{-1} .

DONNÉES

► Code de couleurs des atomes :

Carbone	Hydrogène	Oxygène	Chlore
			

10 Organique ou inorganique ?

1. a. Quels sont les deux principaux constituants d'une molécule organique ?
b. Citer d'autres atomes pouvant être contenus dans une telle molécule.

2. Parmi les molécules suivantes, indiquer celles qui sont des molécules organiques :

- a. butane C_4H_{10} ; b. éthanol C_2H_6O ;
c. eau H_2O ; d. acide éthanoïque $H_3C-COOH$;
e. ammoniac NH_3 ; f. dioxyde de carbone CO_2 ;
g. éthanamide C_2H_5NO .

11 Différentes ?

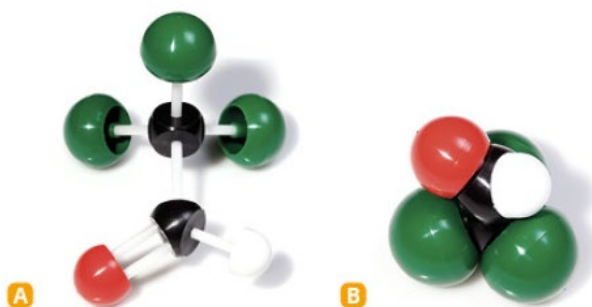
Voici différentes formules de molécules organiques :

- A $H_3C-CH_2-CH_2-OH$
B $HO-CH_2-CH_2-CH_3$
C $H_3C-CH_2-\underset{\substack{| \\ OH}}{CH_2}$
D $H_3C-\underset{\substack{| \\ CH_2-OH}}{CH_2}$

- Comment appelle-t-on ces écritures ?
- Que pouvez-vous dire sur ces différentes écritures ?
- Donner la formule brute des molécules.

13 Modèles moléculaires

Quelles différences présentent ces deux représentations de molécules ?

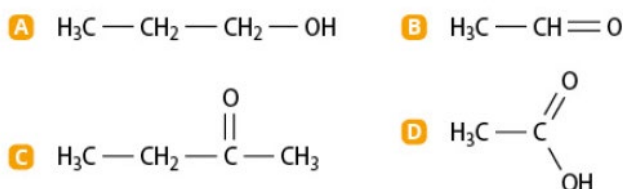


16 Composés organiques

- À quelle famille appartiennent les composés suivants ?
a. 3-éthyl-2-méthylpentan-1-ol.
b. 4-éthyl-2-méthylhexan-3-one.
c. 2,3-diméthylbutanal.
- Écrire la formule semi-développée de ces composés.

15 Groupe caractéristique

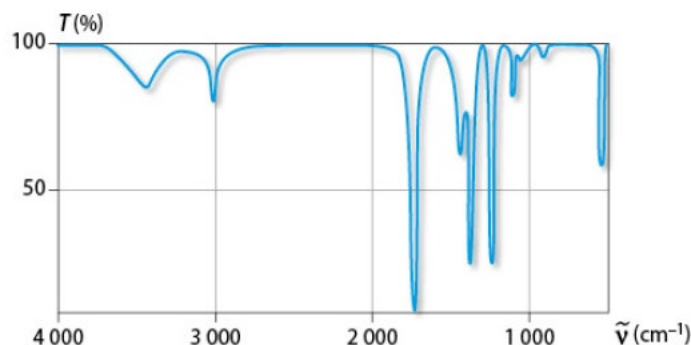
Des formules semi-développées sont données ci-dessous :



- a. Les recopier et entourer leur groupe caractéristique.
b. Donner le nom de chacun de ces groupes.
- En déduire la famille de composés à laquelle chaque molécule appartient.

35 Identifier un composé

On donne ci-dessous le spectre d'absorption d'une molécule organique :



DÉMARCHE AVANCÉE

À quelle famille de composés appartient la molécule à identifier ?



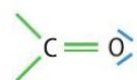
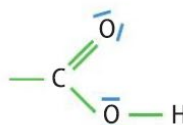
DÉMARCHE ÉLÉMENTAIRE

- Quelle liaison peut-on facilement identifier sur le spectre ?
- Quel nom porte le groupe caractéristique correspondant ?
- Quelles familles de composés possèdent ce groupe ?
- Trouve-t-on sur ce spectre une autre bande caractéristique des aldéhydes ? Justifier.
- En déduire la famille de composés à laquelle cette molécule appartient.

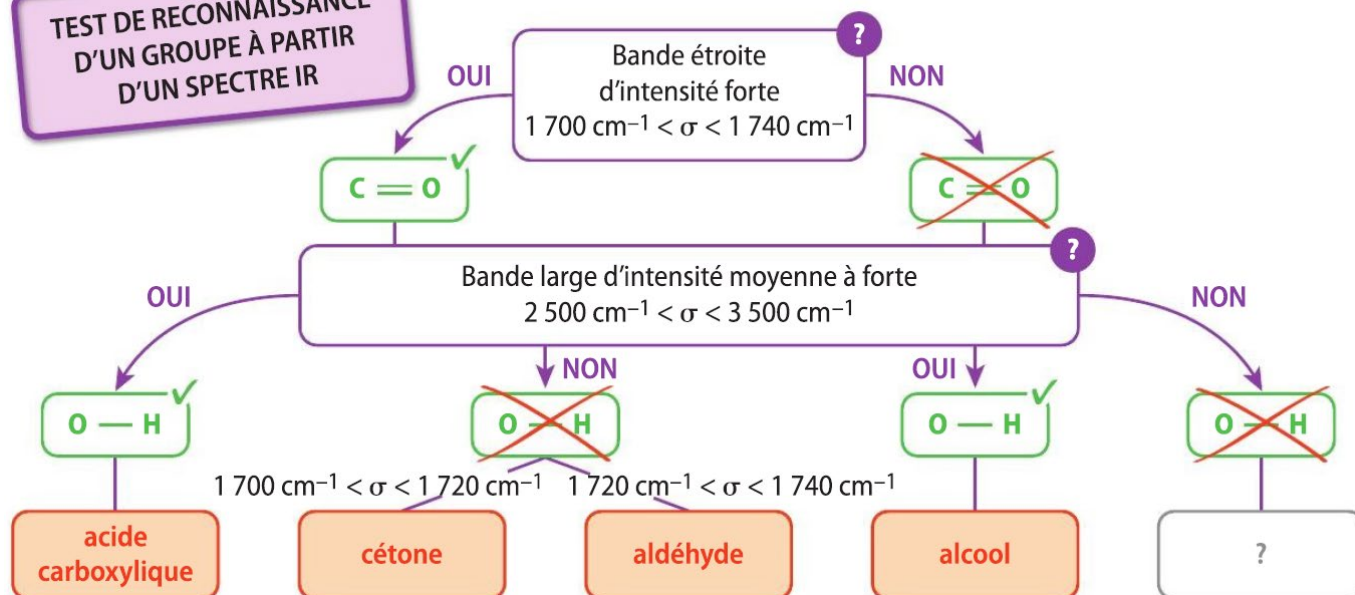
Type de liaison	σ (en cm^{-1})	Largeur de la bande	Intensité de la bande
C-H	2 900 - 3 100	Variable	Moyenne à forte
O-H (phase gazeuse)	vers 3 600	Fine	Forte
O-H (alcool, phase condensée)	3 200 - 3 550	Large	Forte
O-H (groupe carboxyle)	2 500 - 3 500	Large	Moyenne à forte
C=O (acide carboxylique)	1 700 - 1 730	Fine	Forte
C=O (aldéhyde)	1 720 - 1 740	Fine	Forte
C=O (cétone)	1 700 - 1 720	Fine	Forte

Extrait de tables spectroscopiques.

GROUPES CARACTÉRISTIQUES

Atomes	C, H	C, O, H	C, O		C, O, O, H
Groupe	alkyle	hydroxyle	carbonyle		carboxyle
					
Famille	alcane	alcool	aldéhyde	cétone	acide carboxylique
Formule brute	C_nH_{2n+2}	$C_nH_{2n+2}O$	$C_nH_{2n}O$	$C_nH_{2n}O$	$C_nH_{2n}O_2$
Nomenclature	méth-éth-prop-but-... -yle racine	-an- numéro du carbone -ol racine	-al numéro du carbone -al racine	-an- numéro du carbone -one racine	acide -anoïque racine

TEST DE RECONNAISSANCE D'UN GROUPE À PARTIR D'UN SPECTRE IR

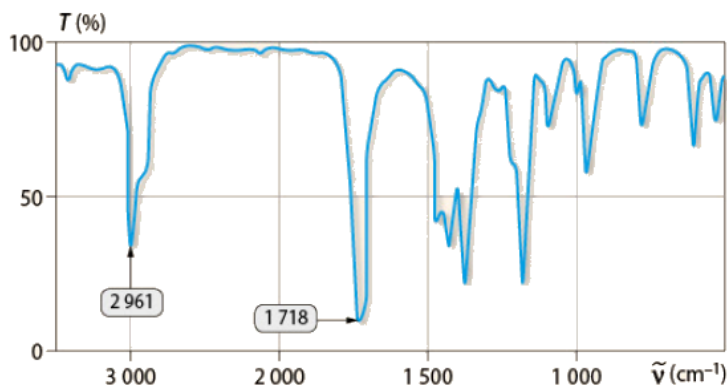


30 Étude d'un composé carbonyle

On a enregistré le spectre infrarouge d'un composé contenant un groupe carbonyle.

Données : le tableau des bandes caractéristiques se situe en rabat v de couverture.

1. Préciser à quoi correspond la grandeur portée en abscisse sur le spectre.
2. Rappeler le groupe caractéristique que possèdent les aldéhydes et les cétones. Donner son nom et sa formule.
3. Sur le spectre donné ci-contre, identifier la bande caractéristique de ce groupe.
4. Dédurre du spectre la famille de la molécule étudiée.

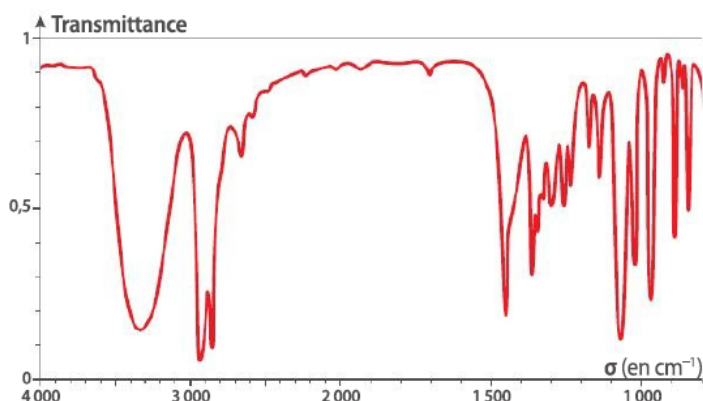


60 C₆H₁₂O

- Une molécule organique a pour formule brute C₆H₁₂O.
- Elle possède un unique groupe caractéristique.
- Sa chaîne carbonée ne comporte aucune ramification.
- Elle est *hygroscopique*, c'est-à-dire qu'elle tend à absorber l'humidité de l'air et agit comme un dessiccateur (agent desséchant).



Doc. Spectre infrarouge de la molécule



Question préliminaire

Quelles sont les diverses molécules correspondant à la molécule décrite dans l'énoncé, indépendamment de son spectre IR ?

Problème

Donner la formule semi-développée de la molécule cherchée et expliquer pourquoi elle est susceptible de se lier à une molécule d'eau, agissant ainsi comme dessiccateur.

DES CLÉS POUR RÉUSSIR

- 1 **Chercher les squelettes carbonés**
 - Les alcanes à chaîne non ramifiée peuvent être linéaires ou cycliques.
 - On peut en déduire les deux seuls squelettes carbonés possibles.
- 2 **Chercher les groupes possibles**

La formule brute permet de déterminer le ou les groupes possibles pour chaque chaîne carbonée.
- 3 **Déterminer la molécule exacte**

Exploiter le spectre IR pour éliminer ou sélectionner les molécules.

Données • Extrait de la table de spectroscopie IR :

Liaison	O-H	C=O
σ (en cm ⁻¹)	2 500 - 3 550	1 700 - 1 740
Bande	Large	Fine
Intensité	Forte	Forte