

CHAP 13 *Les molécules organiques*

1. Généralités sur les molécules organiques

1.1. Les atomes de la chimie organique

Un peu d'histoire : A l'origine, le terme organique s'appliquait aux molécules présentes dans les organismes vivants (plantes, animaux). L'analyse de ces molécules (les lipides, glucides, protéines, l'ADN...) a montré que le carbone y était systématiquement présent, accompagné la plupart du temps d'hydrogène et parfois d'azote, d'oxygène. On a longtemps pensé que ces molécules très complexes ne pouvaient être synthétisées que par des êtres vivants. Mais en 1828, Friedrich Wöhler réussit la synthèse de l'urée, molécule du vivant, qu'il fabrique hors d'un organisme vivant.

Dès lors, le terme organique a changé de définition : en chimie, on appelle molécule organique une molécule contenant les éléments C et H. (en SVT les professeurs ajoutent les éléments N et O)

Rappels sur ces atomes :

Atome	H (Z=1)	C (Z=6)	N (Z=7)	O (Z=8)
Structure électronique				
Schéma de Lewis de l'atome				
Valence (= nombre de liaisons covalentes)				
Liaisons possibles				

1.2. Allure générale d'une molécule organique.

Une molécule organique est formée par

Un enchaînement de carbones, liés entre eux par des liaisons covalentes simples, doubles ou triples. Cette chaîne de carbone constitue le squelette carboné de la molécule.

Le squelette d'une molécule organique peut être

Linéaire

Ramifié

Cyclique

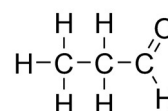
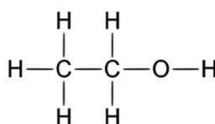
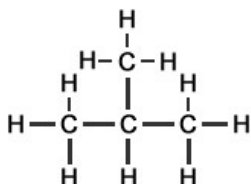
Cette année on se limitera aux squelettes carbonés saturés c'est-à-dire ne comportant ni liaisons multiples (double ou triple) ni cycle.

Sur ce squelette se greffent

- Soit uniquement des atomes d'hydrogène. On a alors un hydrocarbure (carbone et hydrogène).
- Soit un ou plusieurs groupes caractéristiques et des H.

Le groupe caractéristique d'une molécule organique est un groupe d'atomes (contenant souvent un atome différent de C et H), qui confère à la molécule des propriétés chimiques particulières. Chaque groupe caractéristique définit une famille organique.

Exemples :



1.3. Représentations d'une molécule organique.

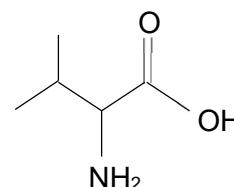
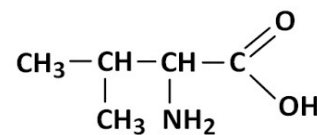
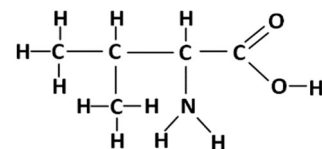
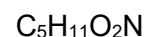
Formule brute : formule globale qui indique la composition de la molécule.

Formule développée : représentation qui montre toutes les liaisons covalentes (mais pas les doublets non liants, bien qu'il ne soit pas interdit de les mettre)

Formule semi-développée : ne développe pas les liaisons vers les hydrogènes (qui sont toujours des liaisons simples), on indique simplement le nombre d'hydrogènes présents sur chaque atome. Mais montre tout le reste : liaisons du squelette, ramifications, groupes caractéristiques.

Formule topologique (programme Terminale) : Elle ne montre plus les atomes C et H du squelette qui apparaît sous la forme d'une ligne brisée. Chaque segment est une liaison C C simple (-), double (=) ou triple (≡). Tout le reste est représenté. Au sommet de chaque segment il y a un C avec le nombre convenable d'H.

Exemple : la valine



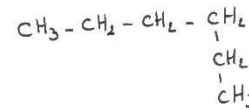
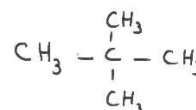
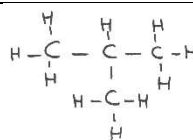
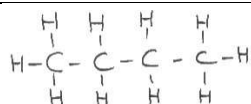
2. La famille des alcanes

2.1. Description :

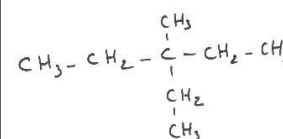
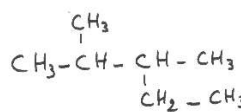
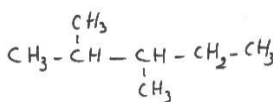
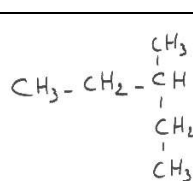
Définition : Un alcane est un hydrocarbure saturé.

- Hydrocarbure : molécule qui ne comporte que les éléments C et H
- Saturé : molécule qui ne comporte ni liaison multiple ni cycle

Exemples :



Type de squelette				
Longueur de la chaîne principale (= le plus long enchaînement de C)				
Nombre et type de ramification				



Type de squelette				
Longueur chaîne principale ou cycle				
Nombre et type de ramification				

Parmi toutes ces molécules, deux sont identiques, lesquelles ?

Etablir la formule brute générale d'un alcane contenant n atomes de C

2.2. La nomenclature des alcanes :

Les règles pour nommer une molécule sont appelées les règles de nomenclature. Les règles de nomenclature des molécules organiques sont internationales et permettent d'associer à une molécule un nom et un seul ! Ce qui permet de l'identifier sans ambiguïté. Les règles de nomenclature des alcanes sont une base (à bien maîtriser) sur laquelle on s'appuie pour nommer les autres molécules.

Règle 1 : La terminaison du nom indique la famille organique.

Tous les alcanes ont un nom se terminant par **ane**.

Règle 2 : Identification de la chaîne carbonée principale.

Pour les alcanes, la chaîne principale est le plus long enchaînement de carbones de la molécule.

Selon le nombre de C, on place devant la terminaison le préfixe suivant :

Nombre de C	Préfixe	Nombre de C	Préfixe
1	Méth...	6	Hex...
2	Eth...	7	Hept...
3	Prop...	8	Oct...
4	But...	9	Non...
5	Pent...	10	Déc...

Règle 3 : Numérotation de la chaîne carbonée principale.

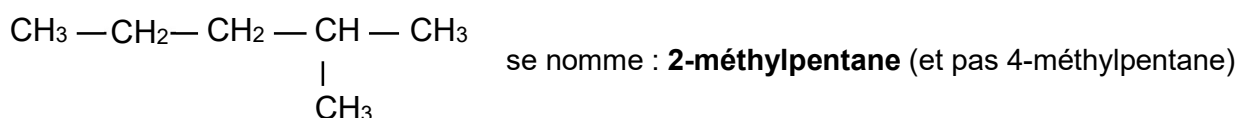
On appelle **substituants alkyles** les ramifications de la molécule. Ce sont les petites chaînes carbonées présentes mais ne faisant pas partie de la chaîne principale. Lorsqu'une molécule comporte des substituants alkyles, il faut indiquer où ils se situent. Pour cela, il faut numéroter la chaîne principale.

Pour les alcanes, on numérote de façon à ce que les carbones qui portent les substituants aient les plus petits numéros possibles.

Les noms des substituants les plus courants sont les suivants :

Substituant	Nom
- CH ₃	méthyl
- CH ₂ - CH ₃ noté aussi -C ₂ H ₅	éthyl
- CH ₂ - CH ₂ - CH ₃ noté aussi -C ₃ H ₇	propyl

On peut à présent construire le nom. Il faut indiquer, dans cet ordre, **la position et le nom des substituants, la longueur de la chaîne principale** par le préfixe adéquat et enfin la famille par **la terminaison**.



A vous : Indiquer les formules semi-développées des molécules suivantes :

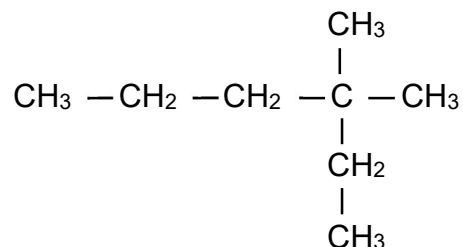
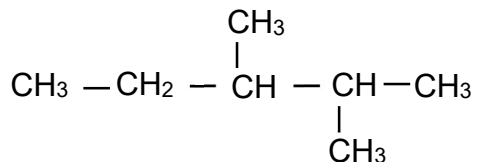
propane :

2,3 diméthylbutane

2,2,3-triméthylpentane

méthylbutane

Nommer les deux molécules suivantes



2.3. Propriétés et réactivité des alcanes

Rappel : polarité, solubilité, miscibilité :

- Indiquer la nature polaire ou apolaire des alcanes, justifier.

- Que peut-on dire de la miscibilité des alcanes dans l'eau ?

- Les alcanes liquides (plus de 5C) peuvent être utilisés comme solvants pour quels types de molécules ?

- Les alcanes liquides sont de mauvais solvants pour quels types d'entités chimiques ?

Réactions de combustion :

Les alcanes sont des molécules peu réactives. Mais elles sont souvent utilisées comme combustibles dans des réactions de combustion (les essences par exemple).

- Les réactions de combustion sont des réactions d'oxydo-réduction entre un comburant, le plus souvent le dioxygène O_2 (mais d'autres comburants existent) et un combustible, ici un alcane. Au cours de cette transformation, le comburant O_2 joue le rôle d'oxydant (couple $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$) et le combustible de réducteur (couple $\text{CO}_2/\text{C}_x\text{H}_y$ lorsque la combustion est complète).
- Lorsque O_2 est en quantité suffisante, la combustion est dite **complète** : les produits de la réaction sont alors H_2O et CO_2 .
- Les combustions sont des réactions **exothermiques** (qui dégagent de l'énergie thermique)

Exemple : établir l'équation chimique de la combustion de l'octane qui a lieu dans le moteur d'une voiture.

Avantages et inconvénients de la combustion des alcanes :

- Avantage :

- Inconvénients :

3. Les molécules organiques comportant des oxygènes O (= les composés oxygénés)

3.1. Description :

Les molécules oxygénées ont un groupe caractéristique comportant un ou plusieurs O

1. La famille des **ALCOOLS** : présence d'un **groupe hydroxyle – OH**

Un alcool, est une molécule organique, dans laquelle un H d'un alcane est remplacé par l'enchaînement – O – H. Cette association OH est nommée le groupe hydroxyle.

2. Les familles des **ALDEHYDES ET DES CETONES** : présence du **groupe carbonyle C=O**

Le groupe carbonyle est formé d'un C de la chaîne principale doublement lié avec un O et deux simplement lié avec des H ou d'autres C.

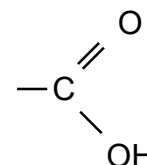
- Si le groupe carbonyle est en bout de chaîne carbonée, la famille se nomme **les aldéhydes**

Le groupe caractéristique est alors $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$ et se note CHO en formule semi-développée

- Si le groupe carbonyle n'est pas en bout de chaîne (il est donc lié à 2C), la famille se nomme **les cétones**

Le groupe caractéristique se note $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R} - \text{C} - \text{R}' \end{array}$ avec R et R' deux chaînes carbonées saturées. Il se note CO en formule semi-développée.

3. Famille des **ACIDES CARBOXYLIQUES** : présence du **groupe carboxyle :**



Un acide carboxylique est une molécule organique pour laquelle le C à l'extrémité de la chaîne carbonée porte le groupe $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$ qu'on note COOH ou CO₂H en formule semi-développée.



Application 1 : Pour chaque molécule, entourer d'une couleur différente le groupe caractéristique, la chaîne principale (la plus longue chaîne de carbones de la molécule passant obligatoirement par le carbone qui porte le groupe caractéristique) et les substituants alkyles. Identifier la famille de chaque molécule.

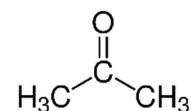
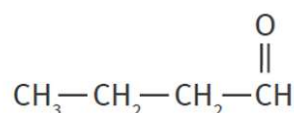
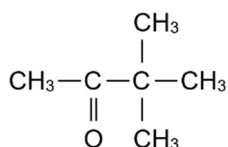
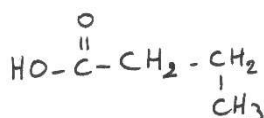
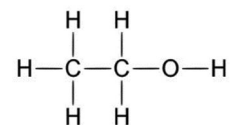
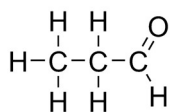
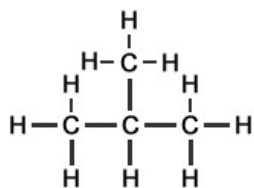
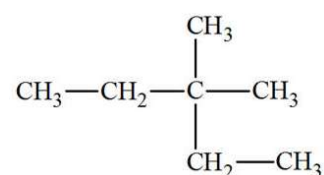
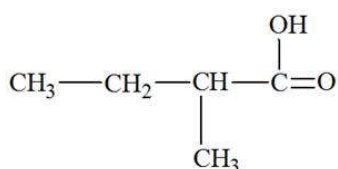
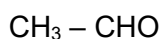
Code couleur utilisé dans les vidéos conseillées :

- Groupe caractéristique : vert
- Chaîne principale : rouge
- Substituants : violet (ou bleu)

	$\text{CH}_3 - \overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{C}}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}} - \overset{\text{O}}{\parallel} - \text{OH}$	$\text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\underset{ }{\text{C}}} - \overset{\text{OH}}{\underset{\text{CH}_2 - \text{CH}_3}{ }{\text{C}}} - \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Groupe caractéristique				
Famille organique				
Longueur de la chaîne principale				
Nombre de ramifications				

	$\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}_2}$	$\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	$\text{CH}_3-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}}-\text{CH}_2$	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_2}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$
Groupe caractéristique				
Famille organique				
Longueur de la chaîne principale				
Nombre de ramifications				

Application 2 : Identifier les familles des molécules ci-dessous, et réécrire en formule semi-développée les molécules qui utilisent d'autres types de représentation.



3.2. Réactivité des composés oxygénés.

Par leur groupe caractéristique comportant un ou plusieurs O, les composés oxygénés ont une réactivité bien plus riche et variée que les alcanes. Ce sont des réactifs de choix en synthèse organique (branche de la chimie visant à synthétiser des molécules organiques, souvent complexes, notamment en pharmacologie, cosmétique, agroalimentaire...)

Bien entendu, il est toujours possible de réaliser des combustions avec ces molécules. L'éthanol, notamment est souvent brûlé. Les produits de ces combustions sont toujours H_2O et CO_2 . La combustion détruit la chaîne carbonée et le groupe caractéristique.

3.3. Les règles de nomenclatures des familles de composés oxygénés.

REGLES DE NOMENCLATURE DES ALCOOLS

Règle 1 : La terminaison.

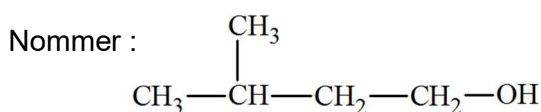
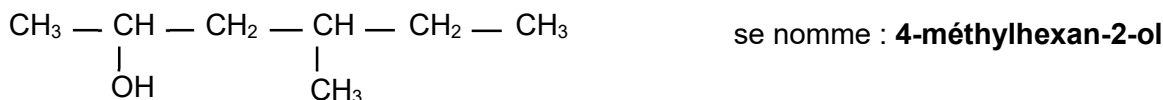
Tous les alcools ont un nom se terminant par **ol**.

Règle 2 : Identification de la chaîne carbonée principale.

Pour les alcools, la chaîne principale est la plus longue chaîne carbonée comportant le carbone fonctionnel (le C qui porte le groupe caractéristique)

Règle 3 : Numérotation de la chaîne carbonée principale.

Pour les alcools, on numérote la chaîne de façon à ce que le carbone fonctionnel porte le plus petit numéro possible, en cas d'égalité on revient à la règle des alcanes.



A vous. (Des corrigé vidéo sur le netboard).

1.1 Écrire les formules semi-développées des alcools suivants.

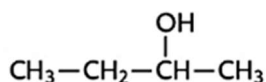
- a. propan-1-ol b. propan-2-ol c. éthanol d. 3-éthyl-2-méthylpentan-1-ol

e. 2,5-diméthylhexan-3-ol

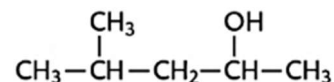
f. 4-éthyl-2,5-diméthylhexan-2-ol

1.2 Des noms ont été associés aux molécules représentés ci-dessous. Sont-ils justes ? Corriger ces noms si nécessaire en justifiant la réponse.

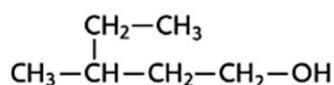
a. butan-3-ol



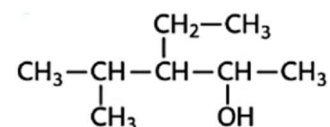
b. 2-méthylpentan-4-ol



c. 3-éthylbutan-1-ol



d. 4-méthyl-3-éthylbutan-2-ol



REGLES DE NOMENCLATURE DES CETONES

Mêmes règles que les alcools, excepté la règle 1 (la terminaison).

Règle 1 : La terminaison.

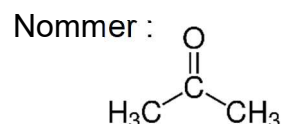
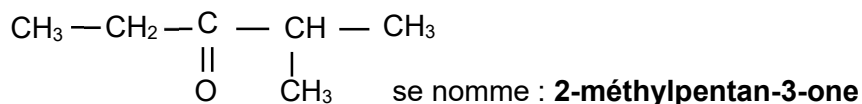
Toutes les cétones ont un nom se terminant par **one**

Règle 2 : Identification de la chaîne carbonée principale.

Pour les cétones, la chaîne principale est la plus longue chaîne carbonée comportant le carbone fonctionnel (le C qui porte le groupe caractéristique)

Règle 3 : Numérotation de la chaîne carbonée principale.

Pour les cétones, on numérote la chaîne de façon à ce que le carbone fonctionnel porte le plus petit numéro possible, en cas d'égalité on revient à la règle des alcanes.



RESUME DES REGLES DE NOMENCLATURE DES ALDEHYDES

Règle 1 : La terminaison.

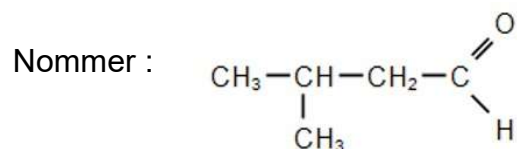
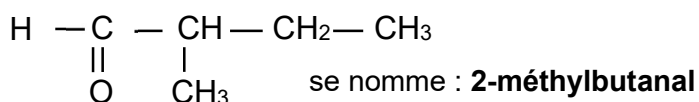
Tous les aldéhydes ont un nom se terminant par **al**

Règle 2 : Identification de la chaîne carbonée principale.

Pour les aldéhydes, la chaîne principale est la plus longue chaîne carbonée comportant le carbone fonctionnel (le C qui porte le groupe caractéristique)

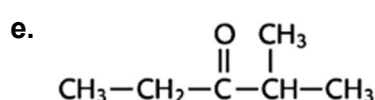
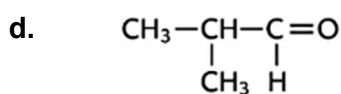
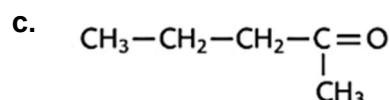
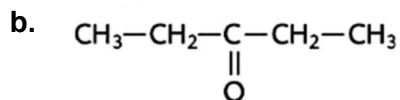
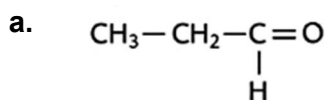
Règle 3 : Numérotation de la chaîne carbonée principale.

Comme le groupe caractéristique d'un aldéhyde est toujours à l'extrémité de la chaîne carbonée, on lui attribue le numéro 1 et on ne le fait pas apparaître dans le nom (la terminaison -al sous-entend nécessairement un groupe carbonyle sur le carbone n°1).



A vous : (corrigé vidéo de la 1^{ère} partie sur le netboard).

Nommer les aldéhydes et les cétones dont les molécules ont pour formules semi-développées :



Représenter la formule semi-développée de chaque molécule suivante :

a. 2,2-diméthylbutanal

b- 4-éthyl-2-méthylhexan-3-one

REGLES DE NOMENCLATURE DES ACIDES CARBOXYLIQUES

Mêmes règles que les aldéhydes, excepté la règle 1.

Règle 1 : La terminaison et le début du nom.

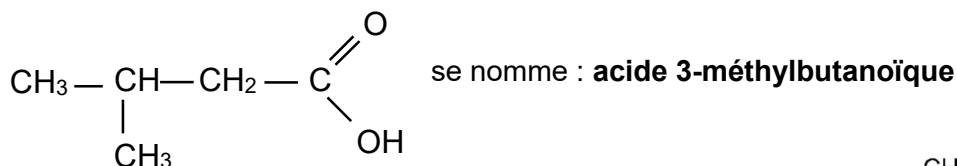
Tous les acides carboxyliques commencent par **acide** et se terminent par **oïque**

Règle 2 : Identification de la chaîne carbonée principale.

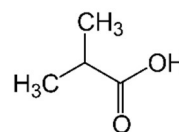
Pour les acides carboxyliques, la chaîne principale est la plus longue chaîne carbonée comportant le carbone fonctionnel (le C qui porte le groupe caractéristique)

Règle 3 : Numérotation de la chaîne carbonée principale.

Le groupe fonctionnel d'un acide carboxylique est toujours à l'extrémité de la chaîne carbonée, on lui attribue le numéro 1 et on ne le fait pas apparaître dans le nom.



Écrire en formule semi-développée puis nommer :



A vous : (corrigé vidéo de la 1^{ère} partie sur le netboard).

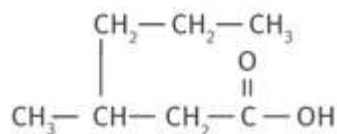
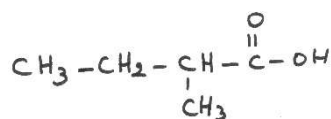
Établir la formule semi-développée des molécules d'acide carboxylique nommées ci-dessous.

a. Acide 2-méthylpropanoïque

b. Acide butanoïque

b. Acide 2-éthyl-3,4-diméthylpentanoïque

Nommer les molécules suivantes



4. La spectroscopie infrarouge

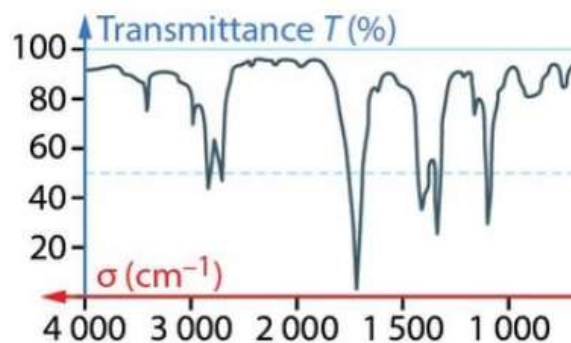
On peut identifier les liaisons covalentes d'une molécule et donc son groupe caractéristique en réalisant son spectre infrarouge.

Présentation d'un spectre infrarouge

Grandeur en abscisses :

Grandeur en ordonnées :

Allure du spectre :



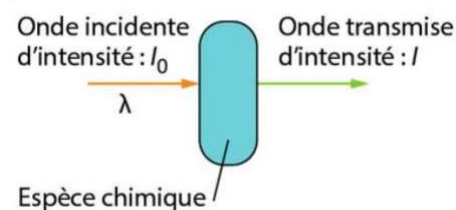
Principe de la spectroscopie infrarouge

Lorsqu'un échantillon de molécules est traversé par de la lumière infrarouge, certaines radiations sont absorbées et d'autres sont transmises.

Comme en spectrophotométrie visible, pour chaque radiation, on compare l'intensité de la lumière incidente (qui arrive sur l'échantillon) à l'intensité de la lumière transmise (qui en sort).

L'énergie des radiations IR absorbées met en vibration certaines liaisons chimiques de la molécule.

Suivant les liaisons présentes dans la molécule, ce ne sont pas les mêmes radiations infrarouges qui sont absorbées. En repérant quelles radiations sont absorbées, on peut déterminer quelles liaisons sont présentes dans la molécule.



Grandeur en ordonnée : **la transmittance T**, grandeur sans unité, exprimée **en pourcentage**.

Pour chaque radiation, la transmittance est le rapport de l'intensité transmise sur l'intensité incidente :

$$T = \frac{I}{I_0} \quad \begin{array}{l} \text{Si l'onde infrarouge n'est pas absorbée, tout est transmis et } T = 1 (=100\%) \\ \text{Si l'onde infrarouge est totalement absorbée, rien n'est transmis et } T = 0 (=0\%) \end{array}$$

Grandeur en abscisse : **Le nombre d'onde en cm⁻¹**

Les radiations infrarouges utilisés pour cette spectroscopie ont des longueurs d'onde comprises entre 2500 nm et 20 000 nm. On caractérise les radiations IR par une autre grandeur que leur longueur d'onde : **leur nombre d'onde σ** inverse de la longueur d'onde

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \quad \text{Avec } \lambda \text{ en cm et } \sigma \text{ en cm}^{-1}$$

La zone intéressante d'un spectre infrarouge correspond à des nombres d'onde de 1000 à 4000 cm⁻¹
L'axe des abscisses est orienté de la droite vers la gauche

Exploiter un spectre infrarouge

Dans un spectre infrarouge, on repère les "bandes" d'absorption. Une bande d'absorption correspond à une valeur faible de la transmittance. Ce sont des pics vers le bas.

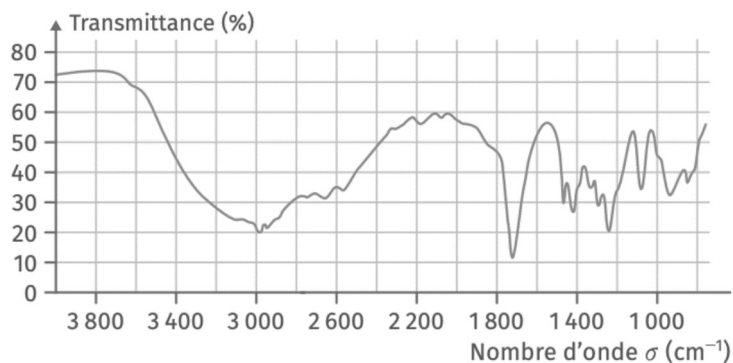
Pour les familles rencontrées cette année, on peut trouver les bandes d'absorption suivantes (tableau sera fourni dans un exercice, il est dans le livre page 125):

Famille	Liaison	Nombre d'onde	Forme de la bande
Toutes familles, dont alcanes	C – H	2850 – 3000 1370 - 1470	Souvent plusieurs bandes
Alcool	O – H	3200 – 3700	Bande forte (=intense) et large (très étalée)
Aldéhyde ou cétone	C = O	1705 – 1740	Bande forte (=intense) et fine (= peu étalée)
Acide carboxylique	C = O O – H	1740 – 1800 2500 – 3200	Bande forte et fine Bande forte et très large

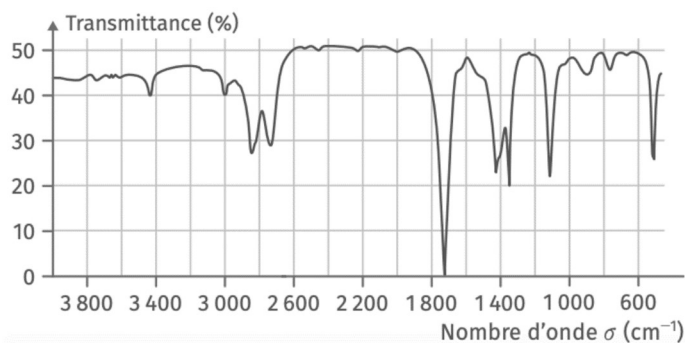
En repérant les bandes présentes sur un spectre infrarouge, on peut identifier les liaisons présentes dans la molécule étudiée et en déduire son groupe caractéristique.

Application : Identifier le groupe caractéristique de chaque spectre infrarouge ci-après. Justifier.

Spectre A



Spectre B



Spectre C

