PHYSIQUE-CHIMIE · PREMIÈRE / COURS

Molécules organiques, noms, spectres infrarouges et synthèse

Astrolab Cours · astrolabcours.fr

01 Le problème

L'éthanol de l'alcool à 90°, l'éthanal qui donne son odeur à la pomme trop mûre, l'acide éthanoïque du vinaigre : trois molécules à deux carbones, trois noms presque identiques, trois propriétés différentes. Le nom d'une molécule organique n'est pas une étiquette au hasard. Il dit comment elle est faite.

01 L'idée : un train et sa locomotive

Une molécule organique, c'est un **train**.

- Les **wagons** sont les atomes de carbone, accrochés les uns aux autres : c'est la **chaîne carbonée**. Sa longueur donne le début du nom (méth-, éth-, prop-…).
- La **locomotive** est le groupe caractéristique, un petit groupe d'atomes autres que C et H. C'est elle qui décide de la **famille** de la molécule et de la fin de son nom.

On numérote les wagons en partant du côté de la locomotive.

01 Trois façons d'écrire une molécule

Pour l'éthanol :

- **formule brute** : C_2H_6O, on compte les atomes ;
- **formule semi-développée** : CH_3-CH_2-OH, on montre toutes les liaisons sauf celles avec H ;
- **formule topologique** : un zigzag où chaque sommet ou extrémité est un carbone, les H portés par les carbones ne sont pas écrits, les autres atomes le sont.

Deux molécules de même formule brute mais de formules semi-développées différentes sont des **isomères**. L'éthanol CH_3-CH_2-OH et le méthoxyméthane CH_3-O-CH_3 sont isomères.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/molecules-organiques/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Les familles à connaître

Groupe	Famille	Terminaison	Exemple
hydroxyle $-\mathrm{OH}$ sur un C lié seulement à des C ou H	alcool	-ol	éthanol $\mathrm{CH_3-CH_2-OH}$
carbonyle $\mathrm{C=O}$ en bout de chaîne, $-\mathrm{CHO}$	aldéhyde	-al	éthanal $\mathrm{CH_3-CHO}$
carbonyle $\mathrm{C=O}$ dans la chaîne	cétone	-one	propanone $\mathrm{CH_3-CO-CH_3}$
carboxyle $-\mathrm{COOH}$	acide carboxylique	acide ...-oïque	acide éthanoïque $\mathrm{CH_3-COOH}$

Les préfixes de longueur, pour la chaîne la plus longue qui contient le groupe :

Carbones	1	2	3	4	5	6
Préfixe	méth	éth	prop	but	pent	hex

Nommer une molécule

1. Trouver la **chaîne la plus longue** qui contient le groupe caractéristique.
2. La **numéroter** du côté qui donne au groupe le plus petit numéro.
3. Repérer les **ramifications** (méthyl, éthyl...) et leur numéro.
4. Écrire : ramifications, chaîne, numéro du groupe, terminaison.

Exemple : $\mathrm{CH_3-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-OH}$. La chaîne la plus longue a 4 carbones. On numérote depuis le OH : il est en 1, le méthyl en 3. Nom : **3-méthylbutan-1-ol**.

Pour un aldéhyde ou un acide carboxylique, le groupe est forcément au bout : il porte le numéro 1 et on ne l'écrit pas (propanal, acide butanoïque).

La spectroscopie infrarouge : chaque liaison a sa note

Une liaison entre deux atomes vibre comme un ressort. Chaque type de liaison absorbe la lumière infrarouge à une fréquence qui lui est propre. Un spectre IR donne la **transmittance** en fonction du **nombre d'onde** $\sigma = 1/\lambda$, en $\mathrm{cm^{-1}}$. Une bande vers le bas signale une liaison présente.

Liaison	Nombre d'onde ($\mathrm{cm^{-1}}$)	Allure de la bande
$\mathrm{O-H}$ alcool, en solution	3200 à 3400	large, forte
$\mathrm{O-H}$ acide carboxylique	2500 à 3200	très large
$\mathrm{C-H}$	2800 à 3000	fine, moyenne
$\mathrm{C=O}$	1650 à 1750	fine, intense

Méthode : on regarde d'abord au-dessus de 1500 $\mathrm{cm^{-1}}$, la zone des groupes caractéristiques. En dessous, c'est l'« empreinte digitale », trop chargée pour être lue au lycée.

- Bande large vers 3300 et pas de $\mathrm{C=O}$: alcool.
- Bande $\mathrm{C=O}$ seule : aldéhyde ou cétone.
- Bande $\mathrm{C=O}$ et bande très large de 2500 à 3200 : acide carboxylique.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/molecules-organiques/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Une synthèse et son rendement

Une synthèse suit toujours les mêmes étapes : **transformation** (chauffage à reflux par exemple), **isolement** (séparer le produit du mélange), **purification**, **identification** (température de fusion, chromatographie, spectre IR).

Le rendement compare ce qu'on a obtenu à ce qu'on pouvait espérer au mieux :

$$\eta = \frac{n_{\text{obtenu}}}{n_{\text{max}}}$$

où n_{max} est la quantité de produit si le réactif limitant avait été entièrement consommé. Le rendement est toujours inférieur à 1 : il y a des pertes au filtrage, au transvasement, à la purification.

Exemple guidé

Nomme les trois molécules $\mathrm{CH_3-CH_2-CH_2-OH}$, $\mathrm{CH_3-CO-CH_3}$ et $\mathrm{CH_3-CH_2-COOH}$, puis dis comment les distinguer en infrarouge.

1. **La chaîne** : trois carbones dans les trois cas, donc le préfixe « prop ».
2. **Les groupes** : un hydroxyle $\mathrm{-OH}$ en bout de chaîne donne le **propan-1-ol**. Un carbonyle au milieu de la chaîne donne la **propanone**. Un carboxyle $\mathrm{-COOH}$ donne l'**acide propanoïque**.
3. **En infrarouge** : l'alcool montre une large bande $\mathrm{O-H}$ vers $3\,200$ à $3\,400\ \mathrm{cm^{-1}}$. La cétone montre une bande fine et intense $\mathrm{C=O}$ vers $1\,700\ \mathrm{cm^{-1}}$, sans bande $\mathrm{O-H}$.
4. **L'acide** montre les deux : une bande $\mathrm{C=O}$ et une très large bande $\mathrm{O-H}$, entre $2\,500$ et $3\,200\ \mathrm{cm^{-1}}$.

Retour au problème

Le préfixe donne la longueur de la chaîne, la terminaison donne le groupe. Éthanol (-ol, un alcool), éthanal (-al, un aldéhyde), acide éthanoïque (un acide carboxylique) : même squelette à deux carbones, groupes différents, donc propriétés différentes.

Les pièges

- Dans une formule topologique, **chaque sommet est un carbone**, même sans lettre.
- Le $\mathrm{C=O}$ d'un aldéhyde est **au bout**, celui d'une cétone **au milieu**.
- Le rendement se calcule avec des **quantités de matière**, pas des masses de réactifs différents.
- La bande O-H d'un acide est beaucoup plus large que celle d'un alcool.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/molecules-organiques/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits