

Molécules organiques

Cours de sciences physiques - niveau 1re

Le sucre, l'alcool à brûler, le vinaigre, l'essence, les médicaments : tous ces produits sont faits de **molécules organiques**, des édifices bâtis autour d'une chaîne d'atomes de carbone. Avec seulement quelques types d'atomes, la nature et les chimistes fabriquent des millions de molécules différentes. En première, on apprend à les représenter, à les nommer et à comprendre pourquoi leur structure détermine leurs propriétés.

Ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les molécules organiques et leurs atomes

Une **molécule organique** contient du carbone et de l'hydrogène, souvent de l'oxygène, de l'azote ou un halogène. Les atomes sont reliés par des liaisons covalentes : chacun met en commun des électrons pour atteindre une structure stable. Le nombre de liaisons formées par un atome dépend de son nombre d'électrons de valence.

Atome	Numéro atomique Z	Électrons de valence	Liaisons formées
Hydrogène H	1	1	1
Carbone C	6	4	4
Azote N	7	5	3
Oxygène O	8	6	2

Le carbone, avec ses quatre liaisons, peut s'enchaîner en chaînes droites, ramifiées ou en cycles, et former des liaisons simples (C-C) ou doubles (C=C, C=O).

Représenter une molécule organique

Une même molécule se décrit de plusieurs façons, de la plus synthétique à la plus détaillée. La **formule brute** donne seulement la nature et le nombre des atomes. La **formule développée** montre toutes les liaisons. La **formule semi-développée** ne dessine pas les liaisons avec l'hydrogène. La **formule topologique** ne montre que le squelette carboné.

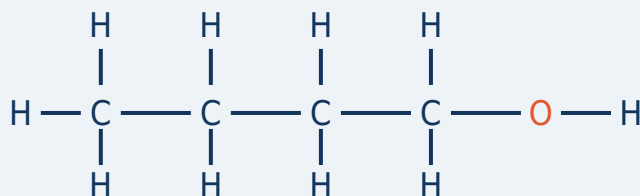
Formule brute



Formule semi-développée



Formule développée



Formule topologique



chaque sommet ou extrémité = un atome

Les quatre écritures du butan-1-ol : de $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ à la formule topologique.

MÉTHODE

Pour écrire une **formule topologique** : chaque extrémité et chaque sommet de la ligne brisée représente un atome de carbone ; les atomes d'hydrogène liés au carbone ne sont pas écrits ; les atomes autres que C et H (O, N...) sont écrits, avec les H qui leur sont liés.

Les alcanes et la nomenclature

Un **alcane** est un hydrocarbure saturé à chaîne ouverte : il ne contient que du carbone et de l'hydrogène, avec uniquement des liaisons simples. Sa formule brute est $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Le nom d'un alcane linéaire se forme avec une racine qui donne le nombre n d'atomes de carbone, suivie de la terminaison « -ane ».

n	Nom	Formule brute	n	Nom	Formule brute
1	méthane	CH_4	6	hexane	C_6H_{14}
2	éthane	C_2H_6	7	heptane	C_7H_{16}
3	propane	C_3H_8	8	octane	C_8H_{18}
4	butane	C_4H_{10}	9	nonane	C_9H_{20}
5	pentane	C_5H_{12}	10	décane	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$

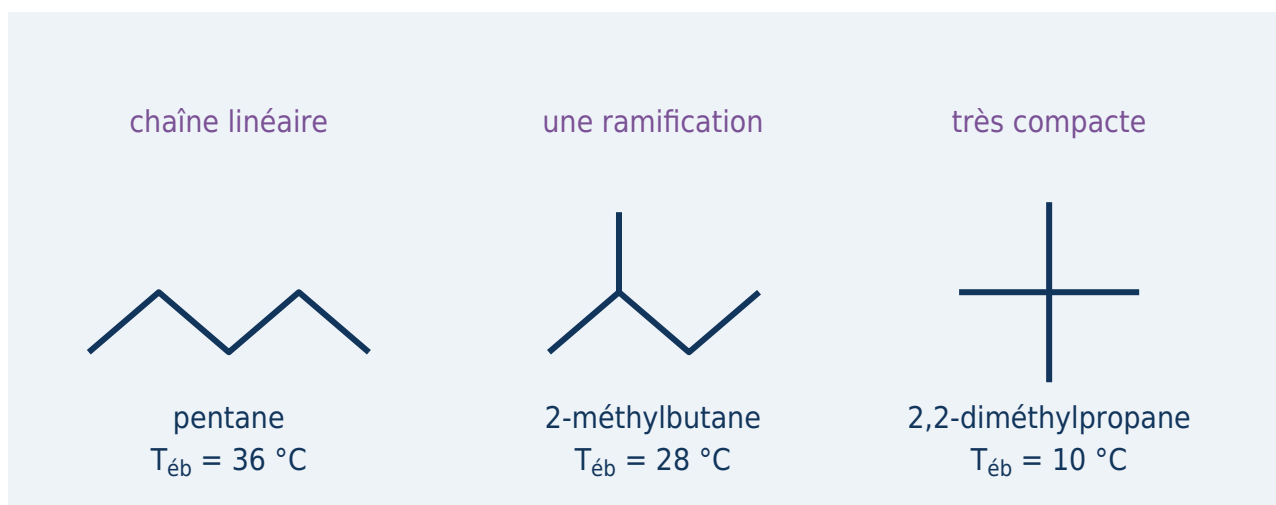
Pour un alcane **ramifié**, on repère d'abord la **chaîne carbonée la plus longue**, qui donne le nom de base. On la numérote de façon à donner les plus petits indices aux ramifications. Chaque ramification est un groupe alkyle (méthyl $-\text{CH}_3$, éthyl $-\text{C}_2\text{H}_5$), cité avant le nom de base avec son indice, par ordre alphabétique, avec les préfixes di, tri s'il y en a plusieurs identiques.

EXEMPLE

$\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CH}_3$: la chaîne la plus longue a 5 carbones (pentane), avec deux groupes méthyle portés par les carbones 2 et 3. Nom : **2,3-diméthylpentane**.
Formule brute : C_7H_{16} (7 carbones, $2 \times 7 + 2 = 16$ hydrogènes).

Isomères de constitution

Des molécules sont **isomères** lorsqu'elles ont la **même formule brute** mais des **formules semi-développées différentes**. Ce sont des espèces chimiques distinctes, avec des propriétés physiques différentes. Attention : dessiner la même chaîne tournée ou repliée ne crée pas un isomère.



Trois isomères de formule C_5H_{12} : plus la molécule est ramifiée, plus sa température d'ébullition est basse.

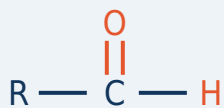
On distingue l'isomérisie de **chaîne** (enchaînement du squelette différent), de **position** (même groupe porté par un autre carbone, comme le butan-1-ol et le butan-2-ol) et de **fonction** (groupes caractéristiques différents : le propanal $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHO}$ et la propanone $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ sont deux isomères de formule $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$).

Groupes caractéristiques et familles

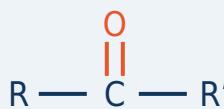
Un **groupe caractéristique** est un atome ou un groupe d'atomes qui détermine les propriétés chimiques d'une famille de molécules. Le nom suit la même règle : on remplace la terminaison de l'alcane par un suffixe et, si besoin, on précise la position du groupe par un indice.



Groupe hydroxyle -OH : alcools, suffixe -ol



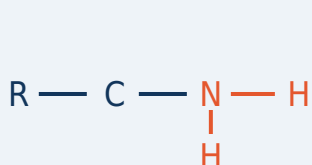
Groupe carbonyle en bout de chaîne -CHO : aldéhydes, -al



Groupe carbonyle C=O au milieu de la chaîne : cétones, -one



Groupe carboxyle -COOH : acides carboxyliques, acide ...oïque



Groupe amino -NH₂ : amines, suffixe -amine

Les groupes caractéristiques du programme (en rouge) : R représente le reste de la chaîne carbonée.

Famille	Formule brute générale	Exemple
Alcool	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$	éthanol $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$; propan-2-ol $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$
Aldéhyde	$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$	éthanal $\text{CH}_3\text{-CHO}$; propanal $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHO}$
Cétone	$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$	propanone $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$; butanone $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$
Acide carboxylique	$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$	acide éthanoïque $\text{CH}_3\text{-COOH}$
Amine	$\text{C}_n\text{H}_{2n+3}\text{N}$	éthanamine $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$

EXEMPLE

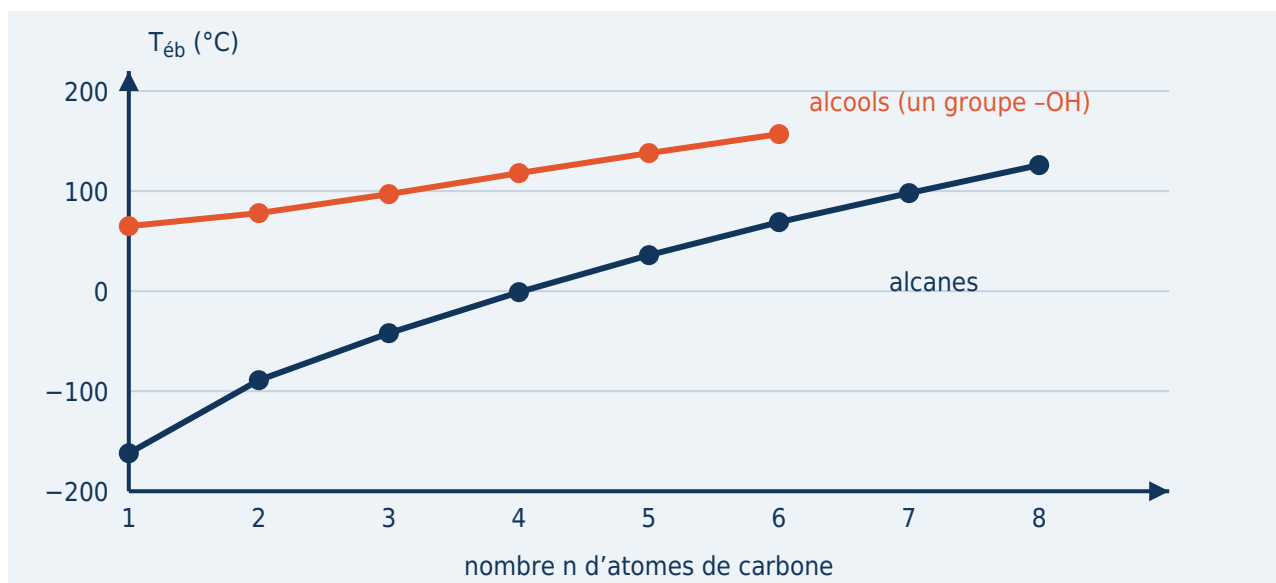
$\text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3$: la chaîne a 3 carbones (propane) et le groupe -OH est porté par le carbone 2. Nom : **propan-2-ol**. Formule brute : $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$; masse molaire $M = 3 \times 12,0 + 8 \times 1,0 + 16,0 = \mathbf{60,0 \text{ g/mol}}$.

Polarité des liaisons et propriétés physiques des molécules organiques

L'**électronégativité** χ mesure la capacité d'un atome à attirer les électrons d'une liaison : H 2,20 ; C 2,55 ; N 3,04 ; O 3,44. Quand les deux atomes ont des électronégativités nettement différentes, la liaison est **polarisée** : l'atome le plus électronégatif porte une charge partielle négative δ^- , l'autre une charge partielle positive δ^+ . La liaison C-H (écart 0,35) est considérée comme peu polarisée ; les liaisons C-O (0,89) et O-H (1,24) sont nettement polarisées.

Quand un atome d'hydrogène est lié à O ou N (il porte alors δ^+), il peut attirer un doublet

non liant de l'oxygène ou de l'azote d'une autre molécule : c'est la **liaison hydrogène**. Elle est bien plus faible qu'une liaison covalente mais beaucoup plus forte que les interactions entre molécules sans groupe O-H ou N-H. Pour faire bouillir un liquide, il faut rompre ces interactions : plus elles sont nombreuses et intenses, plus la **température d'ébullition** est élevée.



Les alcools bouillent bien plus haut que les alcanes de même taille : les liaisons hydrogène s'ajoutent aux autres interactions.

PROPRIÉTÉ

Pour une famille donnée, la température d'ébullition **augmente avec la longueur de la chaîne carbonée** et **diminue avec la ramification**. À taille comparable, un alcool bout plus haut qu'un alcane (liaisons hydrogène). Les alcools à chaîne courte sont **miscibles à l'eau** (ils forment des liaisons hydrogène avec elle) ; la solubilité diminue quand la chaîne carbonée s'allonge. Les alcanes, sans liaison polarisée, ne sont pas miscibles à l'eau.

APPLICATION

L'éthanol ($M = 46,0$ g/mol) bout à 78 °C, le propane ($M = 44,0$ g/mol), de masse molaire presque identique, à -42 °C. Cet écart de 120 °C s'explique par les liaisons hydrogène entre molécules d'éthanol : le propane n'en forme pas.

ERREUR FRÉQUENTE

Deux dessins différents ne sont pas toujours deux isomères : il faut comparer l'enchaînement des atomes, pas l'orientation du dessin. La liaison hydrogène n'est pas une liaison covalente : elle relie deux molécules, elle ne fait pas partie de la molécule. Enfin, dans une formule topologique, il ne faut pas oublier les atomes d'hydrogène portés par les carbones quand on compte la formule brute.

L'essentiel à retenir

- C forme 4 liaisons, N 3, O 2, H 1.
- Formules brute, développée, semi-développée et topologique décrivent une même molécule à différents niveaux.
- Alcane : C_nH_{2n+2} ; on nomme par la chaîne la plus longue et les indices les plus petits.
- Isomères : même formule brute, formules semi-développées différentes (chaîne, position, fonction).
- Groupes : -OH alcool, -CHO aldéhyde, C=O cétone, -COOH acide carboxylique, -NH₂ amine.
- Liaisons polarisées et liaison hydrogène expliquent température d'ébullition et miscibilité à l'eau.