

1 Molécules organiques

En général, les molécules de la chimie organique comportent des atomes de **carbone** et d'**hydrogène** et, en nombre réduit, des atomes d'oxygène, d'azote, de chlore, etc.

► Formules brute et semi-développée

La **formule brute** (FIG. 1) d'une molécule donne sa composition en précisant par des indices le nombre de chacun des atomes qui la constituent.

Les atomes de **carbone** et d'**hydrogène** sont écrits en premier dans cet ordre, suivis des autres atomes dans l'ordre alphabétique.

EXEMPLE La molécule de formule brute $C_2H_4Cl_2O$ comporte deux atomes de carbone, quatre atomes d'hydrogène, deux atomes de chlore et un seul atome d'oxygène (l'indice 1 n'est pas représenté).

La **formule développée** d'une molécule permet de représenter toutes les liaisons chimiques entre les atomes qui la constituent (FIG. 1). Un atome de carbone forme toujours quatre liaisons ; un atome d'hydrogène toujours une.

Dans la **formule semi-développée** d'une molécule, les liaisons mettant en jeu l'atome d'hydrogène ne figurent pas (FIG. 1).

Formule brute	C_2H_6O
Formule développée	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Formule semi-développée	H_3C-CH_2-OH

FIG. 1 Formules d'une molécule organique.

► Squelette carboné saturé

Les atomes de carbone sont liés les uns aux autres pour former des **chaînes carbonées**, qui peuvent être **linéaires**, **ramifiées** ou **cycliques** (FIG. 2).

Ces chaînes constituent le **squelette carboné** des molécules organiques.

Le squelette d'une molécule est **saturé** si toutes les liaisons chimiques entre atomes de carbone sont des **liaisons simples**.

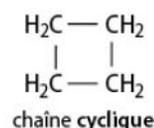
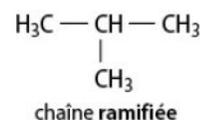
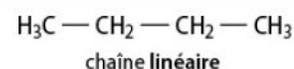


FIG. 2 Types de chaînes carbonées.

► Nomenclature

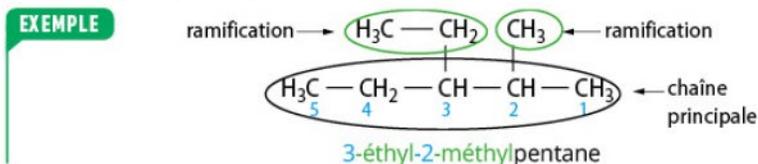
La **nomenclature systématique** permet d'associer à une molécule un nom reconnu par tous.

Le nom des molécules organiques dérive de celui des **alcane**s, de formule générale C_nH_{2n+2} .

Le nom d'un **alcane linéaire** prend la terminaison **-ane**. Un **préfixe** indique le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne carbonée (FIG. 3).

Pour un **alcane ramifié**, le nom est donné par la chaîne carbonée la plus longue, appelée **chaîne principale**, précédé de la position sur cette chaîne et du nom des **ramifications**. Ces ramifications sont des **groupes alkyles** de formule C_nH_{2n+1} (FIG. 3) (FICHE MÉTHODE ► p. 416).

Les groupes alkyles sont nommés par ordre alphabétique. La chaîne est numérotée afin que les indices des atomes de carbone porteurs d'une ramification soient les plus petits possibles.



Nombre d'atomes de carbone	Alcane	Groupes alkyles
1	CH_4 méthane	$-CH_3$ méthyle
2	C_2H_6 éthane	$-C_2H_5$ éthyle
3	C_3H_8 propane	$-C_3H_7$ propyle
4	C_4H_{10} butane	$-C_4H_9$ butyle
5	C_5H_{12} pentane	$-C_5H_{11}$ pentyle

FIG. 3 Nomenclature des premiers alcanes et des groupes alkyles correspondants.

► Modélisation

Des **modèles moléculaires** ou des **logiciels** permettent de représenter les molécules afin de visualiser l'arrangement en **trois dimensions** des atomes qui les constituent (FIG. 4). Ces représentations sont fondées sur un **code de couleurs et de formes**. Les atomes sont généralement représentés par des **sphères colorées** (FIG. 5).

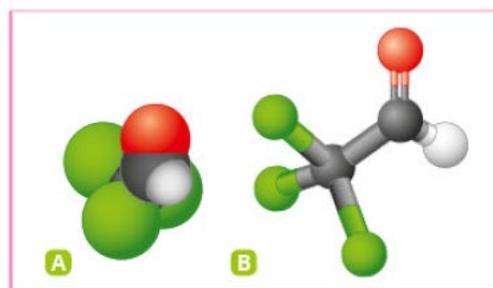


FIG. 4 Modèles compact **A** et éclaté **B** d'une molécule organique de formule brute C_2HCl_3O .

2 Groupes caractéristiques et familles de composés

Un **groupe d'atomes caractéristique** présent sur une molécule définit son appartenance à une **famille de composés**.

Ce groupe confère des **propriétés particulières** aux molécules d'une même famille. On dit qu'il est associé à une **fonction chimique**.

La nomenclature des molécules comportant un groupe caractéristique dérive de celle des alcanes. Une **terminaison spécifique** remplace le suffixe -ane du nom de l'alcane correspondant (FICHE MÉTHODE ► p. 416).

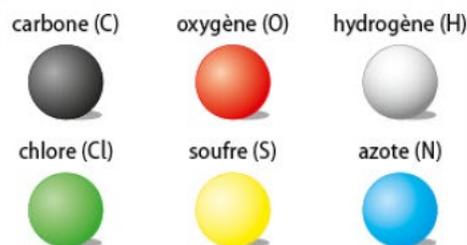


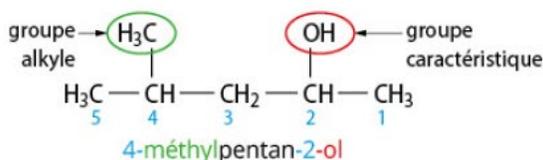
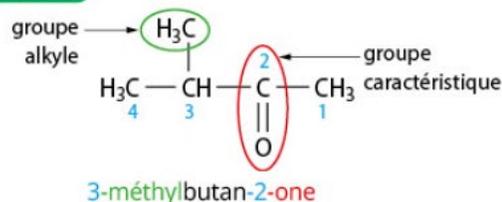
FIG. 5 Code de couleurs des atomes.

Formule et nom du groupe caractéristique	Nom de la famille (ou fonction)	Terminaison	Exemple	Commentaire
 hydroxyle	alcool	-ol	$H_3C - \overset{1}{CH} - \overset{2}{CH_2} - \overset{3}{CH_2} - \overset{4}{CH_3}$ OH butan-2-ol	Le carbone fonctionnel, qui porte le groupe caractéristique, est repéré par un indice le plus petit possible.
 carbonyle	aldéhyde	-al	$H_3C - CH_2 - CH = O$ propanal	Le groupe carbonyle est toujours situé à l'extrémité de la chaîne carbonée.
	cétone	-one	$H_3C - \overset{1}{C} - \overset{2}{CH_2} - \overset{3}{CH_2} - \overset{4}{CH_3}$ O butanone	Le groupe carbonyle est toujours lié à deux atomes de carbone.
 carboxyle	acide carboxylique	-oïque	$HC = O$ OH acide méthanoïque	Le nom d'un acide carboxylique est précédé du mot « acide ».

Les aldéhydes et les cétones sont appelés « **composés carbonylés** ».

La chaîne carbonée est numérotée afin que l'atome de carbone fonctionnel porte l'indice le plus petit possible.

EXEMPLES



VOCABULAIRE

Carbone fonctionnel : l'atome de carbone qui porte le groupe caractéristique.

3 Spectroscopie infrarouge

La **spectroscopie infrarouge** (IR) est une technique d'analyse d'échantillons et d'identification d'espèces chimiques.

► Principe

Pour analyser un échantillon (solide, liquide ou gazeux), on le fait traverser par des radiations de longueur d'onde λ , variant de $2,5 \times 10^{-4}$ cm à $2,5 \times 10^{-3}$ cm (domaine de l'infrarouge).

Selon leur constitution, les molécules absorbent certaines des radiations incidentes et subissent alors des **mouvements de vibration internes** (FIG. 6).

Lorsqu'une radiation infrarouge traverse des molécules, certaines liaisons entre atomes absorbent de l'énergie. Dans ce cas, l'**intensité lumineuse** de la radiation au sortir de l'échantillon est plus faible qu'à son entrée (FIG. 7). La longueur d'onde à laquelle est absorbée une radiation dépend de l'environnement du groupe d'atomes considéré.

► Allure d'un spectre

Pour **chaque longueur d'onde**, on détermine le rapport T de l'intensité lumineuse I de la radiation transmise à l'intensité lumineuse I_0 de la radiation incidente, noté $T = \frac{I}{I_0}$ (FIG. 7 A).

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Le rapport T est la **transmittance** (exprimée en %) d'un échantillon.

EXEMPLE Pour $I_0 = 1$ et $I = 1$, on a $T = 1$, soit $T = 100$ %.

Pour $I_0 = 1$ et $I = 0,5$, on a $T = 0,5$, soit $T = 50$ %.

On obtient un graphique appelé « **spectre infrarouge** » ou « **spectre IR** ». Il représente généralement la **transmittance T** en fonction du **nombre d'onde $\tilde{\nu}$** , qui est l'inverse de la longueur d'onde :

$$\text{nombre d'onde (en cm}^{-1}\text{)} \longrightarrow \tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} \longleftarrow \text{longueur d'onde (en cm)}$$

Pour λ variant de $2,5 \times 10^{-4}$ cm à $2,5 \times 10^{-3}$ cm, $\tilde{\nu}$ s'étend de $4\,000$ cm^{-1} à 400 cm^{-1} . Un « creux » de transmittance équivaut à un « pic » ou à une « bande » d'absorbance.

► Bandes caractéristiques

Certains groupes d'atomes donnent des **bandes caractéristiques**, dont la position dépend peu du reste de la molécule.

Au-dessus de $1\,200$ cm^{-1} , la spectroscopie IR renseigne sur les **groupes d'atomes caractéristiques** d'une molécule (voir table sur le rabat V du manuel).

EXEMPLE La bande caractéristique du groupe carbonyle $\text{C}=\text{O}$ est située autour de $1\,700$ cm^{-1} (FIG. 7 B).

Au-dessous de $1\,200$ cm^{-1} , la « zone des empreintes digitales » est plus difficilement exploitable ; elle permet d'identifier une molécule en comparant son spectre IR à ceux enregistrés dans une banque de données.

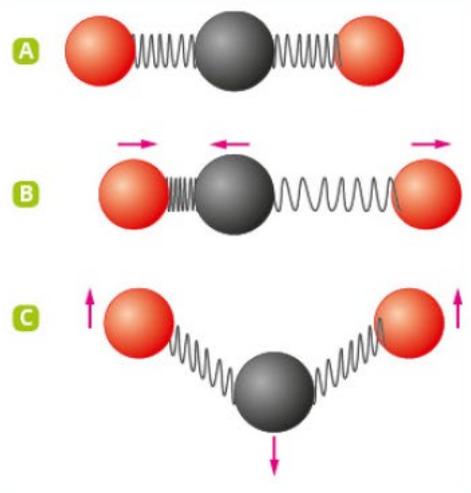


FIG. 6 Une molécule de CO_2 au repos **A**. La voici par exemple en mouvement d'élongation antisymétrique **B**, ou en mouvement de déformation dans le plan **C**.

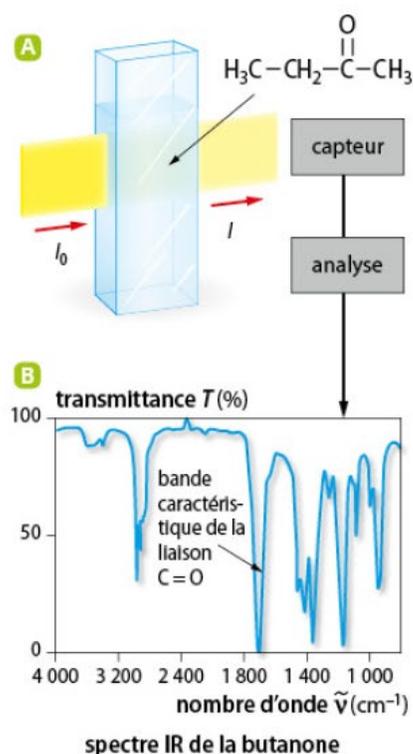


FIG. 7 Principe de la spectroscopie infrarouge.

1 Molécules organiques

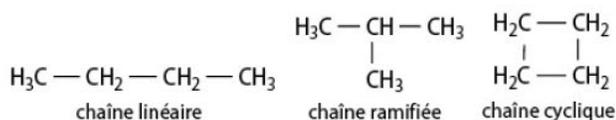
Les molécules organiques comportent des atomes de **carbone** et d'**hydrogène** et, en nombre réduit, des atomes d'oxygène, d'azote, de chlore...

La **formule brute A** d'une molécule donne sa composition. Dans la **formule semi-développée B**, on représente les liaisons entre les atomes, hormis celles mettant en jeu l'atome d'hydrogène.



Les **chaînes carbonées** constituent le **squelette carboné** des composés organiques. Celui-ci est **saturé** si toutes les liaisons chimiques entre atomes de carbone sont des **liaisons simples**.

Les chaînes sont de trois types :



Le **nom des molécules organiques** dérive de celui des alcanes (FICHE MÉTHODE → p. 416) :

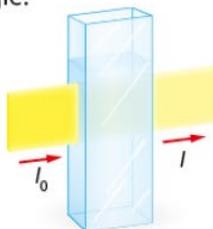
Formule brute	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂
Nom	méthane	éthane	propane	butane	pentane

3 Spectroscopie infrarouge

La **spectroscopie infrarouge** (IR) est une technique d'analyse d'échantillons et d'identification d'espèces chimiques.

Quand une **radiation infrarouge** de longueur d'onde λ traverse un échantillon, certaines liaisons entre atomes absorbent de l'énergie.

La **transmittance T** d'un échantillon est le rapport de l'intensité I de la radiation transmise à l'intensité de la radiation incidente I_0 .



En spectroscopie IR, on utilise comme grandeur l'inverse de la longueur d'onde, appelé **nombre d'onde** :

$$\text{nombre d'onde (en cm}^{-1}\text{)} \rightarrow \tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} \leftarrow \text{longueur d'onde (en cm)}$$

2 Groupes caractéristiques et familles de composés

Un **groupe d'atomes caractéristique** définit une **famille de composés**.

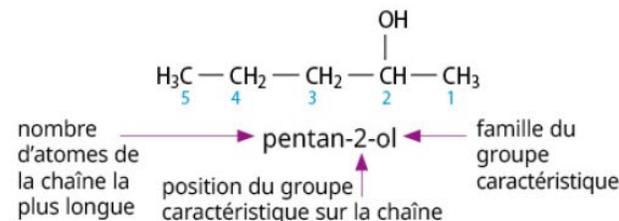
Groupe caractéristique	hydroxyle	carbonyle	carboxyle
Représentation			
Famille	alcools	aldéhydes, cétones	acides carboxyliques

Le nom de chaque famille de composés est identifiable grâce à sa **terminaison** :

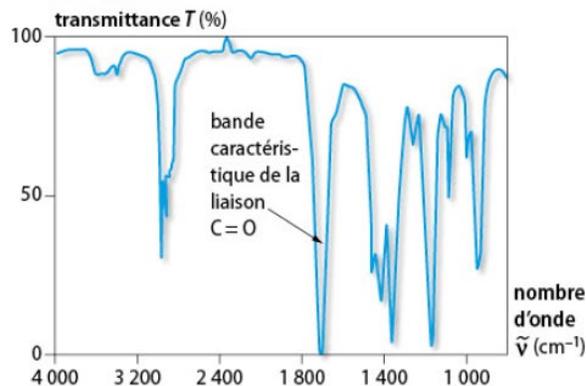
Famille	alcools	aldéhydes	cétones	acides carboxyliques
Terminaison	-ol	-al	-one	-oïque

Le nom d'un acide carboxylique est précédé du mot « acide ».

Exemple d'un composé de la famille des alcools :



Un **spectre IR** présente l'allure suivante :



Les **positions des bandes** permettent de repérer les **groupes caractéristiques** d'une molécule.

Nommer les molécules organiques

On estime à plus de 15 millions le nombre de composés organiques connus. Aussi l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) a-t-elle adopté des règles précises de nomenclature.

1 Les alcanes

Formule des alcanes non cycliques C_nH_{2n+2}

Alcanes linéaires

Préfixe + terminaison
nombre d'atomes de carbone **ane**

Formule	Nom
CH_4	méthane
C_2H_6	éthane
C_3H_8	propane
C_4H_{10}	butane
C_5H_{12}	pentane

Exemples d'alcane linéaires

Alcanes ramifiés

1. Rechercher la chaîne principale.

C'est la chaîne carbonée la plus longue dans la molécule. Cette chaîne sera nommée de la même façon que l'alcane linéaire ayant le même nombre d'atomes de carbone.

2. Repérer les ramifications.

Ce sont des groupes alkyles (groupes hydrocarbonés dérivés des alcanes).

3. Numérotter la chaîne principale.

Les atomes de carbone portant des ramifications doivent avoir les numéros les plus petits possibles.

4. Le nom est composé du nom de la chaîne principale, précédé du nom des groupes alkyles.

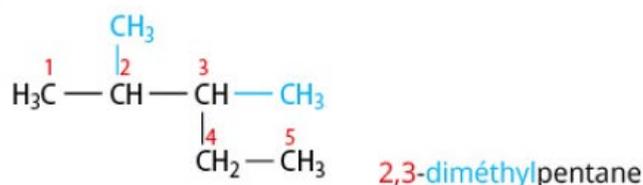
Lorsque le même groupe apparaît plusieurs fois, on lui ajoute un préfixe multiplicatif (di-, tri-, tétra-).

Les noms des groupes alkyles sont classés par ordre alphabétique, sans tenir compte du préfixe multiplicatif. Ils sont précédés du numéro de leur place sur la chaîne principale et le -e final de leur nom est supprimé.

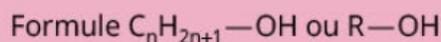
Formule	Nom
$-CH_3$	méthyle
$-C_2H_5$	éthyle
$-C_3H_7$	propyle
$-C_4H_9$	butyle
$-C_5H_{11}$	pentyle

Exemples de groupes alkyles

EXEMPLE



2 Les alcools



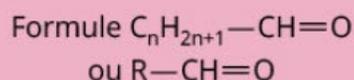
1. Rechercher le nom de l'alcane de même chaîne principale.
2. Remplacer le -e final par la terminaison **ol**.
3. Faire précéder cette terminaison de l'indice de position de l'atome de carbone fonctionnel, qui porte le groupe d'atomes caractéristique —OH. L'indice de position doit être le plus petit possible.

EXEMPLE



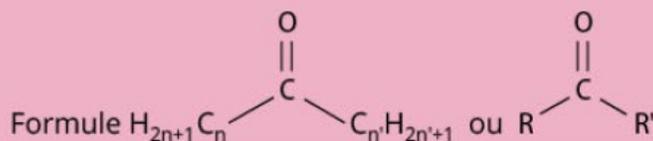
3 Les composés carbonylés

Aldéhydes



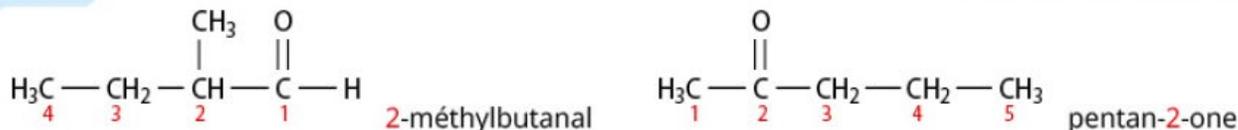
1. Rechercher le nom de l'alcane de même chaîne principale.
2. Remplacer le -e final par la terminaison **al**.
S'il est nécessaire d'indiquer la place de substituants, la chaîne carbonée est numérotée à partir de l'atome de carbone fonctionnel (celui du groupe C=O).

Cétones

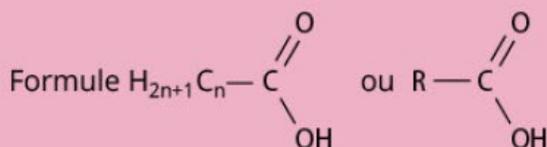


1. Rechercher le nom de l'alcane de même chaîne principale.
2. Remplacer le -e final par la terminaison **one**.
3. Faire précéder cette terminaison de l'indice de position de l'atome de carbone fonctionnel.
Cet indice doit être le plus petit possible.

EXEMPLE



4 Les acides carboxyliques



1. Rechercher le nom de l'alcane de même **chaîne principale**.
2. Faire précéder le nom du mot **acide** et remplacer le -e final par la terminaison **oïque**.

EXEMPLE

