

Activité 5.1 – Les molécules organiques

Objectifs :

- ▶ Rappeler les règles de formation des molécules.
- ▶ Introduire la notion de valence d'un élément chimique.

Contexte : Les atomes de carbones peuvent se lier entre eux pour former des **chaînes carbonées**, de formes et de tailles variées. Ces chaînes carbonées, une fois liée à des atomes d'hydrogène, d'oxygène ou d'azote, forment des **molécules organiques**. Il existe ainsi des millions de molécules organiques différentes, ce sont elles qui sont les briques de bases de tout être vivant sur Terre.

→ **Comment comprendre la structure des molécules organiques ?**

Document 1 – Éléments composant un corps humain

Le corps humain est composé majoritairement de 4 éléments chimiques :

- l'oxygène O (65 % en masse),
- le carbone C (18 %),
- l'hydrogène H (10 %)
- et l'azote N (3 %).

Numéro atomique : il correspond au nombre de protons d'un atome et est noté $Z : {}_Z X$
Par neutralité de l'atome, c'est aussi son nombre d'électrons.

▶ *Exemple :* le carbone possède 6 protons et il est noté ${}_6 C$

Document 2 – Configuration électronique

À partir du numéro atomique d'un atome, on peut déterminer sa structure électronique en couche.

La couche 1 contient au maximum **2 électrons** et les couches 2 et 3 contiennent jusqu'à **8 électrons**.

Les électrons d'un atome vont se placer dans les couches par ordre croissant en les remplissant : d'abords 2 électrons dans la couche 1, puis 8 dans la couche 2, puis 8 dans la couche 3. On utilise la **configuration électronique** pour préciser le remplissage des couches ▶ *Exemple :* ${}_7 N : 1^2 2^5$.

La dernière couche remplie est la **couche externe**.

1 – Donner la configuration électronique de l'oxygène ${}_8 O$, du carbone ${}_6 C$ et de l'hydrogène ${}_1 H$. Indiquer le numéro de leurs couches externes.

Document 3 – Liaison moléculaire

Les atomes cherchent à remplir leur couche externe pour gagner en stabilité : c'est la règle du **duet** (couche 1) ou de **l'octet** (couche 2 ou 3).

Pour former des molécules, les atomes partagent les électrons de leur couche externe pour former des **liaison covalentes**. Chaque liaison covalente apporte 1 électron à l'atome, ce qui lui permet de remplir sa couche externe.

La **valence** est le nombre de liaisons formées par l'atome. Un élément peut être mono (1 liaison), bi (2 liaison), tri (3 liaison) ou tétravalent (4 liaisons).

Pour connaître la valence d'un atome, il suffit donc de compter combien d'électrons il lui manque pour remplir sa couche externe.

► *Exemple :* ${}_{\text{6}}\text{C}$: $1^2 \ 2^4$, il lui manque **4** électrons pour compléter sa couche externe et respecter la règle de **l'octet**. Il fera donc **4** liaisons, il est **tétravalent**.

2 — Indiquer combien d'électrons il manque à l'oxygène ${}_{\text{8}}\text{O}$ pour respecter la règle de l'octet, le nombre de liaisons ainsi formées et sa valence.

${}_{\text{8}}\text{O}$: $1^2 \ 2^6$, il lui manque 2 électrons pour respecter la règle de l'octet, il formera donc 2 liaisons. Il est bivalent.

3 — Même question pour l'azote ${}_{\text{7}}\text{N}$ et l'hydrogène ${}_{\text{1}}\text{H}$.

Il manque 3 électrons à l'azote pour respecter la règle de l'octet, l'azote formera donc 3 liaisons. Il est trivalent.

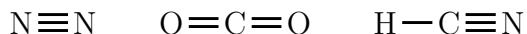
Il manque 1 électron à l'hydrogène pour respecter la règle du duet, l'hydrogène formera donc 1 liaison. Il est monovalent.

Document 4 – Liaisons multiples

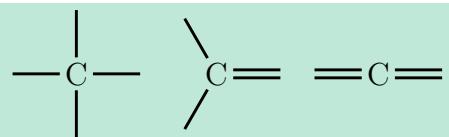
Pour compléter leur couche externe et respecter la règle de l'octet, deux atomes peuvent se lier en formant 2 ou 3 liaisons covalentes.

On dit qu'il y a une **liaison double** ou une **liaison triple**

4 — Indiquer si les liaisons sont simples, triples ou doubles sur les molécules suivantes :



Liaison triple, liaison double et double, liaison simple et triple

Document 5 – Valence des éléments C, H, O, N

Le carbone est tétravalent



L'azote est trivalent



L'oxygène est bivalent



L'hydrogène est monovalent

Activité 5.2 – Représenter les molécules organiques

Objectifs :

- ▶ Connaître les quatre représentations des molécules organiques.

Contexte : Les **molécules organiques** sont composées de **chaînes carbonées**, auxquelles sont ajoutés des atomes d'hydrogène, d'oxygène ou d'azote le plus souvent.

→ **Comment représenter les molécules organiques ?**

1 ➤ La formule brute

Document 1 – Formule brute

Elle précise séparément le nombre d'éléments présents dans la molécule.

▶ *Exemples :* Le butane C₄H₁₀, l'éthanol C₂H₆O ou l'acide carbonique CH₂O₃
Elle permet de calculer facilement les **masses molaires** et de vérifier si deux molécules sont **isomères**. Par contre elle **ne permet pas** de déterminer la géométrie d'une molécule.

Deux molécules sont **isomères** si elles ont la même formule brute, mais un agencement des atomes différents.

▶ *Exemples :* Le glucose et le fructose sont isomères de formules brutes C₆H₁₂O₆, mais ce ne sont pas les mêmes molécules, car leurs géométries sont différentes.

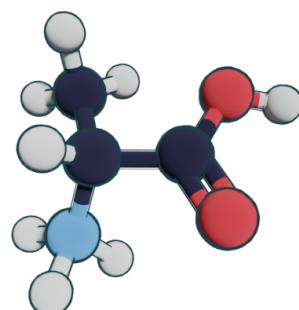
L'oxybenzone est une molécule utilisée pour protéger des UVA et B issu du soleil. Sa formule brute est C₁₄H₁₂O₃.

1 — Indiquer le nombre d'hydrogène, d'oxygène et de carbone dans la molécule d'oxybenzone.

Il y a 12 hydrogènes, 3 oxygènes et 14 carbones.

Lalanine est un acide aminé utilisé dans le corps humain pour former des protéines. Sa représentation avec un modèle moléculaire est présentée ci-contre avec le code couleur suivant :

- | | |
|----------------------|-------------------|
| ● Blanc : hydrogène. | ● Noir : carbone. |
| ● Rouge : oxygène. | ● Bleu : azote. |



2 — Donner la formule brute de lalanine

C₂H₇O₃N

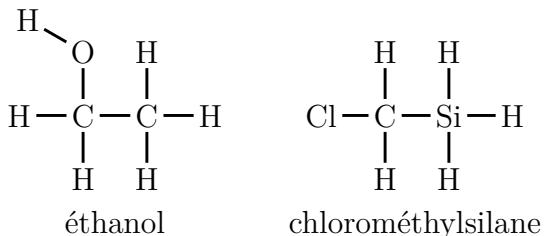
3 — Compter les liaisons de chaque carbone dans lalanine et vérifier qu'ils ont bien la bonne valence, c'est-à-dire le bon nombre de liaisons. Faire de même pour lazote et loxygène.

Chaque carbone a 4 liaisons, lazote a 3 liaisons et les 3 oxygènes ont 2 liaisons, ce qui correspond à leur valence.

Document 2 – Formule développée

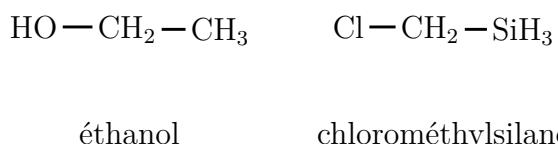
Elle représente tous les éléments chimiques et toutes les liaisons dans le même plan, ce qui permet de **préciser la géométrie d'une molécule**.

► Exemples :

**Document 3 – Formule semi-développée**

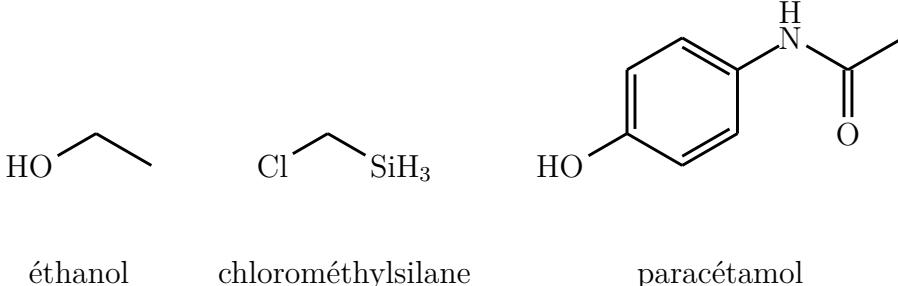
Comme la formule développée, elle représente tous les éléments chimiques, mais elle ne détaille pas les liaisons des éléments **hydrogènes**.

► Exemples :

**Document 4 – Formule topologique**

Elle représente les liaisons **carbone-carbone** C—C par des segments formant des angles. Chacune des extrémités d'un segment représente un carbone, sauf si un autre élément chimique y est attaché. Les éléments **carbones** et les **hydrogènes** qui sont attachés aux carbones **ne sont pas représentés**. Tous les autres éléments chimiques sont représentés normalement.

► Exemples :



4 — Donner la formule brute, semi-développée et développée du paracétamol.

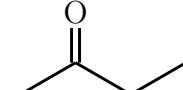
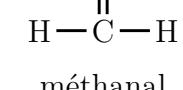
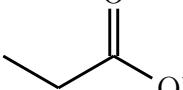
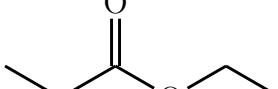
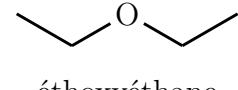
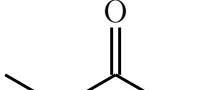
Activité 5.3 – Les fonctions organiques

Document 1 – Fonctions organiques

Certaines séquences d'éléments donnent des **propriétés** spécifiques aux molécules organiques que l'on classe en différentes familles ou fonctions organiques ou encore famille fonctionnelle.

En ST2S on étudie 8 familles : **alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, éther, amine et amide.**

R_1 , R_2 et R_3 sont des chaînes carbonées appelées « **radicaux alkyles** ».

Groupe caractéristique	Famille organique	Formule	Exemple
Hydroxyle	Alcool	$R_1 - OH$	$H_3C - OH$ méthanol
Carbonyle	Cétone	$\begin{array}{c} O \\ \parallel \\ R_1 - C - R_2 \end{array}$	 butan-2-one
	Aldéhyde	$\begin{array}{c} O \\ \parallel \\ R_1 - C - H \end{array}$	 méthanal
Carboxyle	Acide carboxylique	$\begin{array}{c} O \\ \parallel \\ R_1 - C - OH \end{array}$	 acide propanoïque
Ester	Ester	$\begin{array}{c} O \\ \parallel \\ R_1 - C - O - R_2 \end{array}$	 propanoate d'éthyle
Éther-oxyde	Éther	$\begin{array}{c} O \\ \\ R_1 - O - R_2 \end{array}$	 éthoxyéthane
Amine	Amine	$R_1 - NH_2$	$H_3C - CH_2 - NH_2$ ethan-1-amine
Amide	Amide	$\begin{array}{c} O \\ \parallel \\ R_1 - C - N(R_2) - R_3 \end{array}$	 propanamide

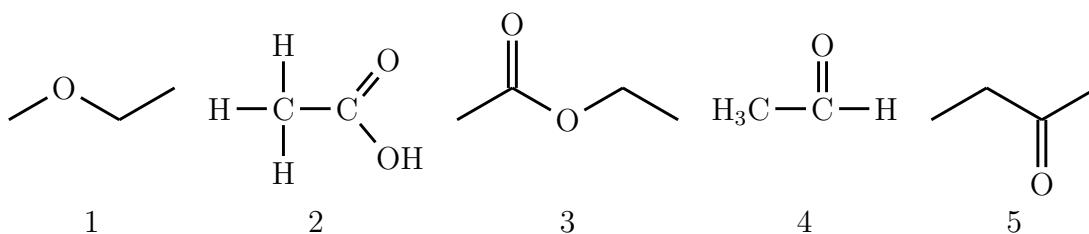
Pour trouver les groupes caractéristiques d'une molécule, il faut repérer tous les éléments qui ne sont ni des carbones, ni des hydrogènes.

Document 2 – Radicaux alkyle

Les « **radicaux alkyles** », notés R, sont des morceaux de chaînes carbonées composées de liaisons simples avec des hydrogènes.

Méthyle	Éthyle	Propyle

1 — Identifier les fonctions organiques qui sont présentes dans les molécules suivantes

**Document 3 – Identification des familles organiques**

Pour identifier une famille organique dans une molécule, il faut chercher si elle comporte des **oxygènes O** ou des **azotes N**.

Si elle comporte un oxygène O doublement lié à un carbone (O=), alors il faut regarder le voisinage du carbone

- s'il y a un groupe hydroxyle OH, on a un **acide carboxylique**.
- s'il y a un oxygène O, on a un **ester**.
- s'il y a un azote N, on a un **amide**.
- s'il y a un hydrogène H, on a un **aldéhyde**.
- sinon on a une **cétone**.

Sinon, si elle a un groupe OH, c'est un **alcool**; si elle a un azote N, c'est un **amine**; et si elle a un oxygène O, c'est un **éther**.

Activité 5.4 – Nomenclature en chimie organique

Objectifs :

- ▶ Savoir nommer des molécules organiques simples.
- ▶ Savoir reconnaître la fonction principale d'une molécule organique à partir de son nom.

Contexte : Il existe des millions de molécules organiques, certaines avec des propriétés similaires.

→ **Comment nommer ces molécules selon leur propriétés et leur structures ?**

Document 1 – Principe de la nomenclature

La **nomenclature** est l'ensemble des règles établies pour nommer les molécules organiques.

La nomenclature moderne repose sur deux principes :

- décrire la **géométrie** de la molécule nommée ;
- indiquer les **fonction organiques** présentes dans la molécule.

Document 2 – Nommer une chaîne carbonée

Toute molécule organique possède au moins une chaîne carbonée. Pour nommer une chaîne carbonée, on va associer un **préfixe** avec un **suffixe**. Le suffixe dépend de la fonction organique, mais le préfixe est déterminé par le nombre de carbones qui composent la chaîne.

Nombre de carbone C	1	2	3	4	5	6
Préfixe	meth-	éth-	prop-	but-	pent-	hex-

A – Règles pour les alcanes, alcènes ou alcynes

Document 3 – Les alcanes

Une molécule d'alcane est un **hydrocarbure** saturé, composé de **liaisons simples**.

Pour nommer un alcane, il faut déterminer la chaîne carbonée la plus longue qui compose la molécule. On écrit alors le préfixe lié à la longueur de la chaîne et on ajoute le suffixe « **-ane** ».

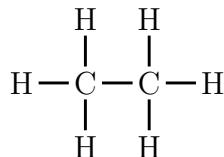
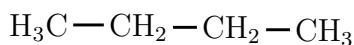
Un alcane a toujours une formule brute de la forme $C_nH_{2(n+1)}$ (C_4H_{10} par exemple).

▶ *Exemple :* $H_3C—CH_2—CH_3$ trois carbones dans la chaîne, donc prop- + -ane : propane.

Un **hydrocarbure** est une molécule qui ne contient que des éléments carbones et hydrogènes.

Un hydrocarbure est **saturé** (en hydrogène) s'il ne comporte que des **liaisons simples**. Si l'hydrocarbure comporte des **liaisons doubles** ou **triples**, on dit qu'il est **insaturé**.

1 — Nommer les molécules suivantes :



Butane, hexane et éthane.

Document 4 – Les alcènes

Les alcènes sont des hydrocarbures avec au moins une liaison double. Le suffixe « -ane », devient « **-ène** ». On indique le (ou les) numéro de la liaison double avant le suffixe, de sorte que **le numéro soit le plus petit possible**.

► *Exemple :* $\text{H}_3\text{C}—\text{CH}_2—\text{CH}=\text{CH}—\text{CH}_3$ cinq carbones dans la chaîne (pent-) et la liaison double se trouve en position 3 ou 2 (si on compte depuis la droite). Donc pent + 2 + ène : pent-2-ène.

Document 5 – les alcynes

Les alcynes sont des hydrocarbures avec au moins une liaison triple. Le suffixe « -ane », devient « **-yne** ». On indique le (ou les) numéro de la liaison triple avant le suffixe, de sorte que **le numéro soit le plus petit possible**, comme pour les alcènes.

► *Exemple :* : trois carbones dans la chaîne (prop-) et la liaison triple se trouve en position 1. Donc prop-1-yne ou propyne (le 1 est implicite).

B – Règles pour les ramifications

Document 6 – Ramification à la chaîne principale

Une **ramification** est un substituant qui remplace un hydrogène sur la chaîne principale.

Si le substituant est un **alkyle** (un hydrocarbure), son nom prend le suffixe « **-yl** ».

► *Exemples :* — CH_3 : méthyl, — $\text{CH}_2—\text{CH}_3$ éthyl.

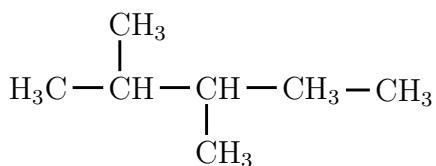
Document 7 – Nommer une ramification

Pour nommer une molécule contenant des ramifications, il faut :

- trouver la **plus longue chaîne carbonée** pour déterminer son nom.
- **Numérotter** la chaîne carbonée afin que la ramification ait le numéro le plus **petit possible**, comme pour les alcènes ou les alcynes.
- Placer le **numéro** et le **nom** de l'alkyle avant le nom de la chaîne.

S'il y a plusieurs ramifications, leurs noms sont placés par ordre alphabétique.

2 – Nommer la molécule suivante :

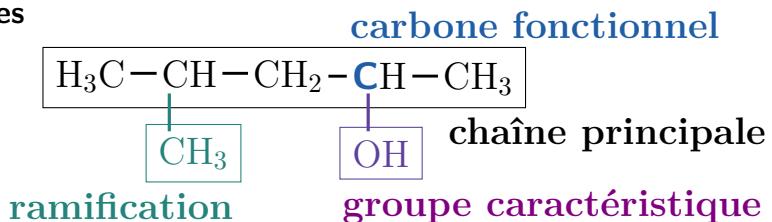


La chaîne principale a 5 atomes, donc -pentane. Deux ramifications sont en position 2 (avec un méthyl) et 3 (avec un méthyl). Donc le nom de cette molécule est 3,2-méthyl-pentane.

C – Règles pour les groupes caractéristiques

Document 8 – Groupes caractéristiques

Pour nommer les molécules contenant des groupes caractéristiques, on utilise les règles décrites dans le tableau ci-dessous, en respectant la priorité des fonctions organiques.



Le **carbone fonctionnel** désigne le carbone contenant la fonction de la molécule.

Pour les cétones, alcools et amines, le numéro est celui du **carbone fonctionnel**, comme pour les ramifications il **doit être le plus petit possible**. (R_1) et (R_2) représentent les noms des chaînes carbonées auxquels les groupes caractéristiques sont attachés.

Priorité	Famille fonctionnelle	Formule	Nom si famille prioritaire
1	Acide carboxylique	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	acide (R_1)-oïque
2	Ester	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{O}-\text{R}_2 \end{array}$	(R_1)-oate de (R_2)-yle
3	Amide	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	(R_1)-amide
4	Aldéhyde	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{H} \end{array}$	(R_1)-al
5	Cétone	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{R}_2 \end{array}$	(R_1)-(numéro)-one
6	Alcool	R_1-OH	(R_1)-(numéro)-ol
7	Amine	R_1-NH_2	(R_1)-(numéro)-amine
8	Éther	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{R}_1-\text{O}-\text{R}_2 \end{array}$	(R_1)-oxy-(R_2)

⚠ Pour ces 8 familles organiques, vous devez savoir :

- les noms de chacune des familles et leur groupes fonctionnels ;
- les reconnaître dans une molécule si on vous en donne une représentation.

3 — Nommer la molécule du document 8.

4-méthyl-pent-2-ol

4 — Un produit couramment consommé en France contient de l'éthanol. Donner, en justifiant, la famille fonctionnelle principale de cette molécule.

C'est un alcool, car son nom finit en -ol.

5 — L'acétate d'isoamyle, ou éthanoate de 3-méthylbutyle en nomenclature, est une molécule odorante qui donne son goût caractéristique à la banane. Donner, en justifiant, la famille fonctionnelle principale de cette molécule.

C'est un ester, car son nom finit en -yle et contient un -oate.

6 — Le linalol, ou 3,7-diméthylocta-1,6-dién-3-ol en nomenclature, est une molécule odorante qu'on trouve dans la lavande. Donner, en justifiant, la famille fonctionnelle principale de cette molécule.

C'est un alcool, car son nom finit en -ol.

7 — La frambinone, ou 4-(4-hydroxyphényl)butan-2-one en nomenclature, est une molécule odorante responsable du goût de la framboise. Donner, en justifiant, la famille fonctionnelle principale de cette molécule.

C'est une cétone, car son nom finit en -one.