

Cours N°6. Chimie Organique

Composés organiques, formules.

1.Composés Organiques

- La chimie organique est la chimie des composés du **carbone (C)**.
- Les atomes autres que ceux de **carbone** et d'**hydrogène** sont dits **hétéroatomes** (O, N, les halogènes, S, P et certains métaux,...).

1.1. Formules des composés organiques :

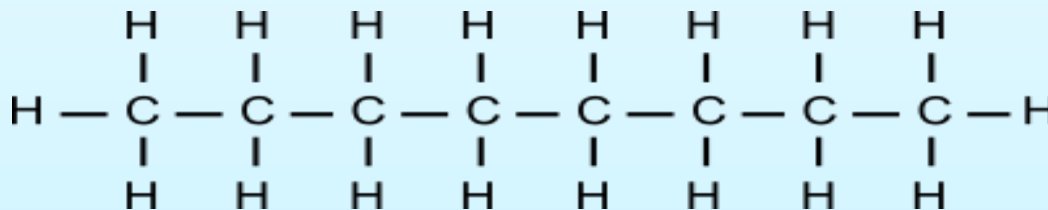
- **1.1.1.** Formule brute
- 1.1.2. Formule développée
- 1.1.3. Formule semi- développée
- 1.1.4. Formule compacte
- 1.1.5. Formule topologique

1.1. Formules des composés organiques

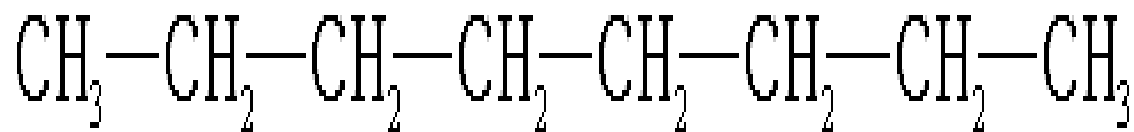
1.1.1. Formule brute :

- A tout composé organique correspond une formule brute, par exemple:
 - **$C_x H_y O_z$** :
 - C_4H_8 ; $C_8H_6O_2$
- Mais à une même formule brute correspondent en générale plusieurs corps dits **isomères**.
- La formule brute est **insuffisante** pour définir un composé organique.
- Elle ne précise pas suivant quel enchainement sont liés les atomes.

1.1.2. Formule développée :



1.1.3. Formule semi- développée



- Les formules développées et semi-développée plane permettent de distinguer **les isomères**.
- Elle donne les positions relatives des atomes dans les molécules.
- **Exemples** : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Et $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- Sont deux **isomères** de même formule brute : $\text{C}_4 \text{H}_{10} \text{O}$.

Les isomères

- **Les isomères** sont des molécules qui possèdent **la même formule brute** mais ont des formules développées ou **stéréochimiques** différentes.
- La stéréochimie étudie l'arrangement des atomes dans l'espace
- Les isomères peuvent avoir des propriétés physiques, chimiques et biologiques différentes.

1.1.4. Formule compacte d'un composé organique

- Dans cette formule,
 - Les liaisons ne sont pas représentées
 - Les groupes identiques sont mis entre parenthèses avec un indice qui indique leur multiplicité.

Exemple:

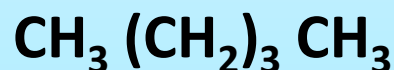


Figure I.3 : Formule compacte du **pentane**.

1.1.5. Formule topologique

- Les liaisons **carbone-carbone** sont représentées par **seule trait**,
 - les doubles liaisons par deux traits et
 - les triples liaisons par trois traits.
- Les groupements fonctionnels et les hétéroatomes sont représentés ainsi que leurs liaisons.

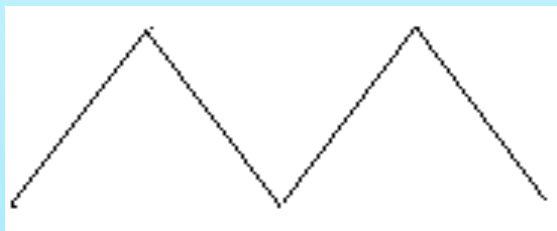


Figure I.4 : Formule topologique du **pentane**

Définition d'une fonction chimique

- On appelle un **groupement fonctionnel** ou une **fonction chimique**, l'atome ou le groupe d'atomes qui:
 - Caractérise une famille de composés organiques et qui
 - Détermine l'ensemble de ses propriétés chimiques ainsi que sa réactivité chimique.

Valence d'une fonction chimique

- On appelle **valence d'une fonction**, le nombre d'atomes d'hydrogène substitués sur le carbone fonctionnel par des hétéroatomes.

Fonction	halogénée	oxygénée	azotée	soufrée
monovalente	$\begin{array}{c} \\ -C-X \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} \\ -C-OH \\ \\ \text{alcool} \end{array}$	$\begin{array}{c} \quad \diagup \\ -C-N \\ \quad \diagdown \\ \text{amine} \end{array}$	$\begin{array}{c} \\ -C-SH \\ \\ \text{thiol} \end{array}$
divalente	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ C \\ \diagdown \quad \diagup \\ X \end{array}$	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ C=O \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{carbonyle} \end{array}$	$\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ C=N \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{imine} \end{array}$	
trivalente	$\begin{array}{c} \diagup \\ -C-X \\ \diagdown \quad \diagup \\ X \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C \\ \\ OH \\ \text{Acide carboxylique} \end{array}$ $\begin{array}{c} O \\ \\ -C \\ \\ Y \\ \text{dérivée d'acide} \\ \text{carboxylique} \end{array}$	$\begin{array}{c} -C \equiv N \\ \text{nitrile} \end{array}$	

Tableau 1.2. Classement des **fonctions chimiques** par ordre **décroissant des priorités**

- S'il ya deux fonctions (composé **polyfonctionnel**), celle dont la valence est la plus élevée à la priorité (Voir le **Tableau 1.2**) :
- Une fonction prioritaire est nommée par sa **terminaison (suffixe)**,
- les autres fonctions sont alors nommées par leur **préfixe**.

Fonction	Groupe fonctionnel	Si la Fonction n'est pas Prioritaire (préfixe)	Si la Fonction est Prioritaire (suffixe)
Acide carboxylique	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	Carboxy-.....	Acide.....oïque
Acide sulfonique	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{R}-\text{S} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$	Sulfo-.....	Acide.....sulfonique
Anhydride d'acide	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{R}-\text{C} \quad \text{O} \quad \text{C}-\text{R}' \\ \diagup \quad \diagdown \end{array}$	Acyloxy-.....	Anhydride.....oïque
Ester	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OR}' \end{array}$	Yloxycarbonyl-...	oate d'alkyleoate deyle
Halogénure d'acide	R-COOX	Halogénocarbonyl..... .	Halogénure de.....oyle

	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{X} \end{array}$		
Amide	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{N} \begin{array}{l} \nearrow \text{R}' \\ \downarrow \text{R}'' \end{array} \end{array}$	Alcanamido...	Alcaneamide
Nitrile	$\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$	Cyano-...	nitrile
Aldéhyde	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \end{array}$	formyl...	al
Cétone	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$	Oxo-....	one
Alcool	$\text{R}-\text{OH}$	Hydroxy-....	ol
Thiol	$\text{R}-\text{SH}$	Mercapto....	thiol

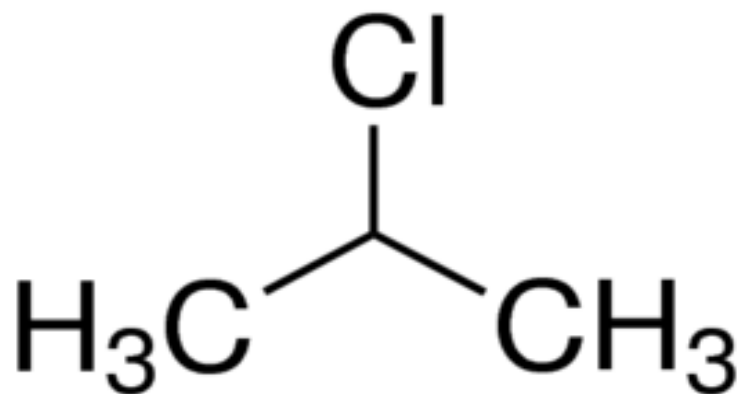
Amine I Amine II Amine III	$\begin{array}{c} \text{R}' \\ \\ \text{R}-\text{N} \\ \\ \text{R}'' \end{array}$	Amino... N-alkylamino... N,N-dialkylamino..	alkylamine N-alkyl amine N,N-dialkyl amine
Imine	$\text{R}-\text{C}=\text{N}-$	Imino.....	imine
Ether-oxyde	$\text{R}\cdot\text{O}\cdot\text{R}'$	Alkoxy.....	Oxyde de R (yle) et de R'(yle)
Alcène	$\cdot\text{CH}=\text{CH}\cdot$		ène
Alcyne	$\cdot\text{C}\equiv\text{C}\cdot$		yne
Alcane	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-}$		ane
Halogénure d'alkyle*	$\text{R}-\text{X}$	Halogéno.....	

Les halogénures d'alkyles (F,Cl,Br, I,...) **ne sont jamais prioritaires**, ils sont toujours désignés par des **préfixes**.

Nom des halogénures d'alkyle :

préfixes (fluoro, chloro, bromo, iodo + nom de l'hydrocarbure), précédés des **préfixes multiplicateurs** (di, tri...) et des indices de position.

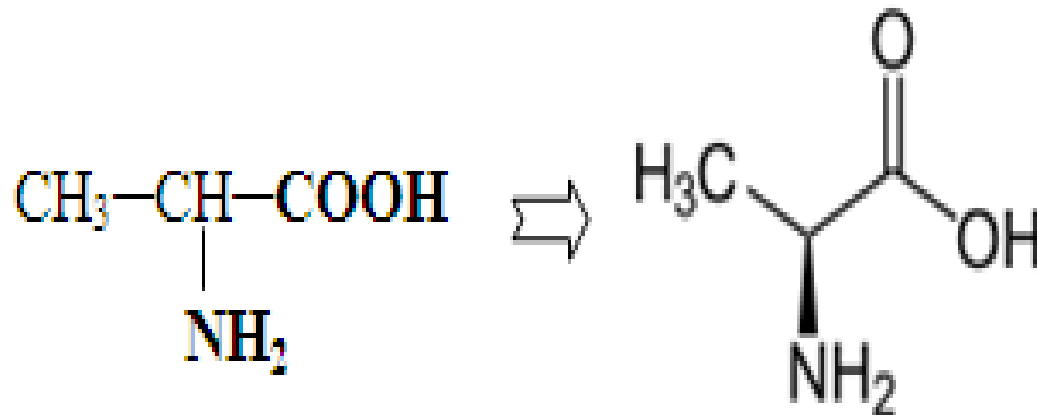
Exemple



2-**Chloro**prop**ane**

Fonction mixte

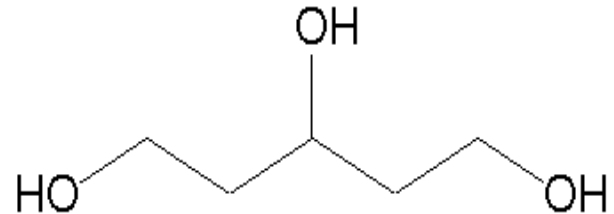
- les molécules ont des groupes fonctionnels différents :
- Molécule d'**acide α -aminé** avec une fonction acide carboxylique ($-\text{COOH}$) et une fonction amine ($-\text{NH}_2$).
- *Exemple 1 :*



- **Acide 2-amino**propanoïque

Fonctions multiples

- les molécules contiennent plusieurs groupes fonctionnels identiques.
- (R-OH): fonction alcoolique



- **$\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$**
- pentan-1,3,5-triol
- **(3 fois alcool)**

Les groupes alkyles: C_nH_{2n+1}

- **Les alkyles:**

- Possèdent une formule générale: (C_nH_{2n+1})
- dérivent des **alcanes** par la perte d'un atome d'hydrogène.
- Les alkyles ne sont pas considérés comme des **groupes fonctionnels**.

- **Nomenclature des alkyles**

- Les alkyles sont nommés à partir de l'alcane correspondant,
- le suffixe **-ane** étant remplacé par le suffixe **(-yle)** ou **(-yl)** si l'alkyle n'est pas en dernière position dans le nom du composé.

Nomenclature des composés organiques

- Une nomenclature **systematique** a été établie par un organisme international: **IUPAC**
- **IUPAC**: Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée
- Une molécule organique est constituée :
 - **1.** D'une **chaîne principale** constitué par des enchaînements carbonés aux formes diverses (chaîne, cycle, ...).
 - **2.** D'**insaturations** (doubles ou triples liaisons).
 - **3.** De **groupes fonctionnels** caractéristiques des fonctions chimiques (alcool, acide, amine...).

1.4.2. Hydrocarbures

Les hydrocarbures, composés organiques contenant que les éléments de (C) et de l'hydrogène.

1.4.2.1. Hydrocarbures aliphatiques (acycliques) saturés ou alcanes

A. Les alcanes linéaire

B. Les alcanes ramifiées

1.4.2.2. Hydrocarbures aliphatiques (acycliques) insaturés

A) Alcènes

C) Alcynes

1.4.2.3. Hydrocarbures alicycliques (à la fois aliphatique et cyclique)

A. Les cycloalcanes

B. Les cycloalcanes polycycliques

1.4.2.4. Hydrocarbures monocycliques insaturés

A. Cycloalcènes (ou Cyclènes)

B. Cycloalcynes (ou Cyclynes de formule générale : C_nH_{2n-2} avec $n \leq 8$).

1.4.2.5. Hydrocarbures benzéniques (ou aromatiques).

1. Hydrocarbures acycliques saturés à chaîne carbonée linéaire

(Les Alcanes)

- De formule générale C_nH_{2n+2} .
- Tous les atomes de carbone sont liés par des **liaisons simples**.
- Les alcanes portent un nom constitué de la façon suivante :
- **Préfixe** (indiquant le nombre de carbones de la chaîne) + **suffixe** « ane ».

Nombre d'atomes de C	Nom de l'alcanes	Formule brute	Nom du groupement Alkyle correspondant	Formule
1	Méthane	CH ₄	Méthyle	CH ₃ -
2	Ethane	C ₂ H ₆	Ethyle	C ₂ H ₅ -
3	Propane	C ₃ H ₈	Propyle	C ₃ H ₇ -
4	Butane	C ₄ H ₁₀	Butyle	C ₄ H ₉ -
5	Pentane	C ₅ H ₁₂	Pentyle	C ₅ H ₁₁ -
6	Hexane	C ₆ H ₁₄	Hexyle	C ₆ H ₁₃ -
7	Heptane	C ₇ H ₁₆	Heptyle	C ₇ H ₁₅ -
8	Octane	C ₈ H ₁₈	Octyle	C ₈ H ₁₇ -
9	Nonane	C ₉ H ₂₀	Nonyle	C ₉ H ₁₉ -
10	Décane	C ₁₀ H ₂₂	Décyle	C ₁₀ H ₂₁ -

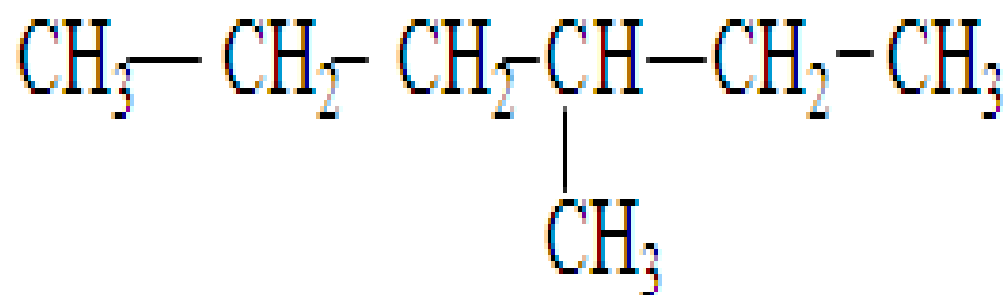
2. Hydrocarbures acycliques saturés à chaîne carbonée ramifiée (**Les Alcanes ramifiées**)

- Un alcane ramifié est constitué d'une **chaîne principale** et de substituants (groupements alkyles).
- Pour le nommer, on applique les règles IUPAC :
- **Règle IUPAC n°1 :**
- La chaîne principale est toujours la chaîne carbonée la plus longue, elle porte le nom de l'alcane correspondant.
- Si une molécule présente deux ou plusieurs chaînes d'égale longueur, on choisit comme chaîne principale, celle qui porte le plus grand nombre de substituants.
- **Règle IUPAC n°2 :**
- On donne le **plus petit indice** au carbone qui porte ce groupement.
- En **préfixe**, on ajoute le nom (sans le « e » final) du groupement alkyle fixé sur la chaîne principale précédé par son indice de position.

Exemple 1

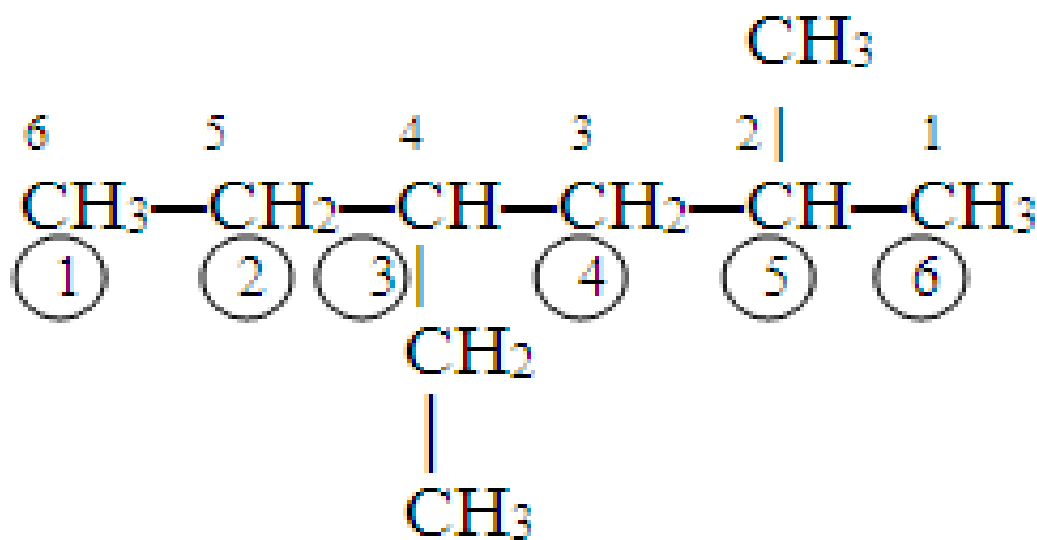
1 2 3 4 5 6 → Numérotation incorrecte

6 5 4 3 2 1 → Numérotation correcte



3-méthylhexane

- Lorsqu'il y a plusieurs groupements, on numérote la chaîne carbonée de façon que les carbones porteurs des substituants aient les indices les plus faibles possibles, soit la somme des indices la plus faible.

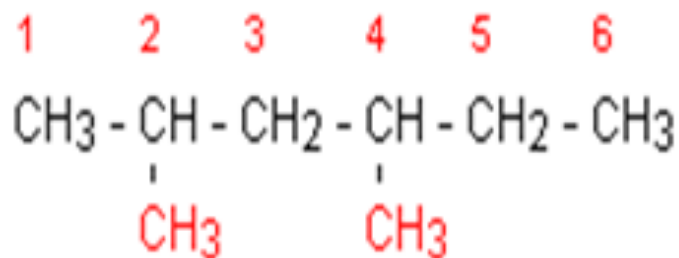


- Les indices de position des deux ramifications sont : 2 ; 4 **et** 3 ; 5
- Seule la première numérotation est retenue : (2+4) < (3 + 5).
- Le nom de l’alcane est : **4-éthyl-2-méthylhexane**

• Règle IUPAC n°3 :

- Lorsqu'il y a plusieurs groupements (substituants) identiques,
- on place les indices: **di, tri, tétra, penta, hexa, hepta, octo, nona, déca...** devant le nom du groupement.

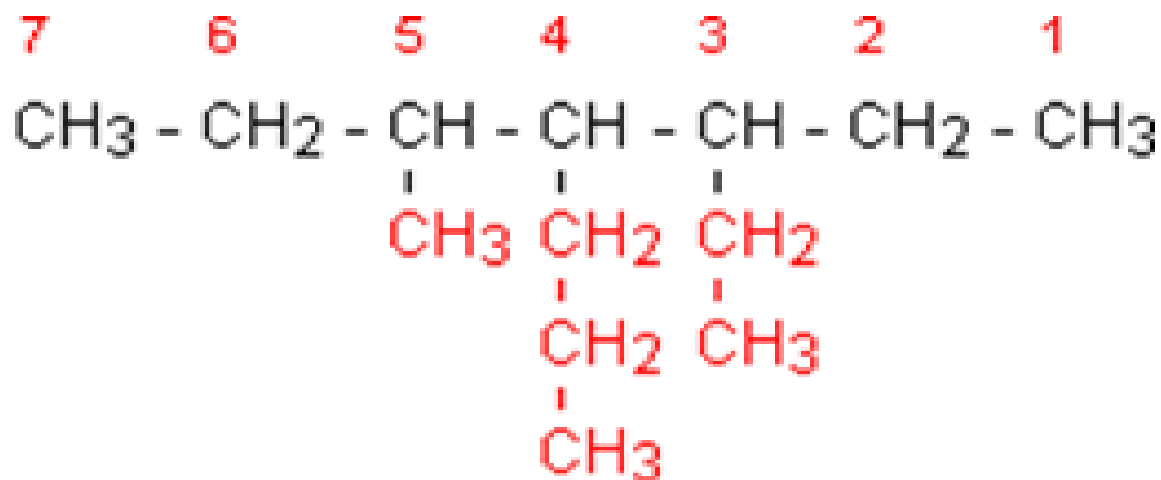
Nombre de constituants identiques	2	3	4	5	6
Préfixe	di	tri	tétra	penta	hexa



2,4-diméthylhexane

- **Règle IUPAC n°4 :**

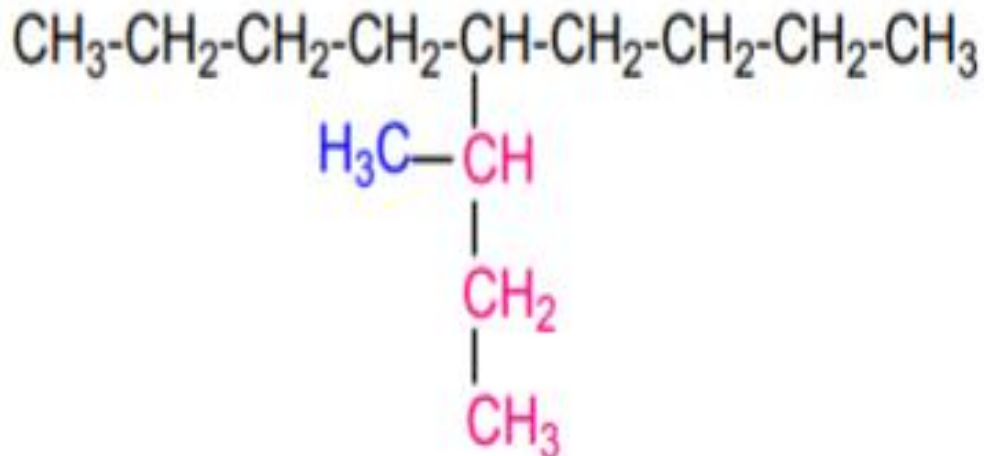
- Lorsqu'il y a plusieurs chaînes latérales, on les nomme dans l'ordre alphabétique.
- Le plus petit nombre étant affecté au groupe placé en tête dans l'ordre alphabétique.



3-éthyl-5-méthyl-4-propylheptane

- Règle IUPAC n°5 :

- La nomenclature des chaînes latérales suit les mêmes règles que celle des chaînes principales avec la seule exception que le carbone d'attache à la chaîne principale porte le numéro 1 :



5-(1-méthylpropyl)nonane

3. Les hydrocarbures acycliques **insaturés**

- **A) Alcènes (Hydrocarbures éthyléniques) :**
- Les alcènes sont des hydrocarbures de formule brute: C_nH_{2n} dont la chaîne carbonée renferme une liaison double **C=C**.
- On dit que la molécule est **insaturée**.
- Les alcènes portent un nom constitué de la façon suivante :
- **Préfixe** (indiquant le nombre de carbones de la chaîne) + **Suffixe** (terminaison) « ène ».
- **Sauf pour n = 2 : éthylène et non éthène.**

- **Nomenclature des Hydrocarbures acycliques insaturés**

- **Règle 1 :**

- Rechercher la plus longue chaîne qui contient le groupe fonctionnel (**C = C**).
- **La chaîne principale n'est pas nécessairement la plus longue mais celle qui contient le plus d'insaturations.**

- **Règle 2 :**

- Indiquer, à l'aide d'un indice placé avant le suffixe «ène», la position de la double liaison dans la chaîne principale, en commençant le numérotage par l'extrémité la plus proche de la double liaison.

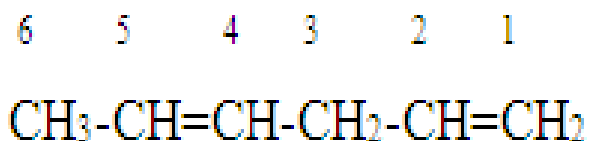
Hydrocarbures acycliques insaturés (suite)

- Règle 3 :
- Les substituants et leurs positions sont ajoutés sous forme de préfixes au nom de l'alcène.
- Exemple :
- $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_3$
- pent-2-ène (et **non** pent-3-ène)

Hydrocarbures acycliques insaturés

- S'il y a plusieurs doubles liaisons :

Nb de doubles liaisons	2	3
Terminaison	diène	triène



1) 6 atomes de C $\Rightarrow$ hex

2) 2 doubles liaisons en position 1 et 4

$\Rightarrow$ hex-1,4-diène

Alcynes ou Hydrocarbures acétyléniques

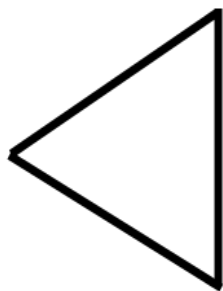
1. Les alcynes sont des hydrocarbures insaturés de formule brute C_nH_{2n-2} comportant une liaison triple $C\equiv C$.
2. Le nom se déduit de celui de l'alcane en remplaçant le suffixe " **ane** " par " **yne** " dans la plus longue chaîne carbonée contenant la liaison multiple.
3. La position de la triple liaison dans la chaîne principale est indiquée par un indice placé avant le suffixe «yne».
4. Les atomes de carbone portant la triple liaison doivent avoir les plus petits indices.

EXAMPLES: Alcynes

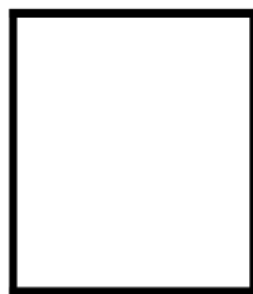
- éthyne (acétylène, $\text{HC}\equiv\text{CH}$) ;
- but-1-yne ($\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$) ;
- pent-1,3-diyne ($\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH}-\text{CH}_3$)

Cycloalcane (Hydrocarbures alicycliques)

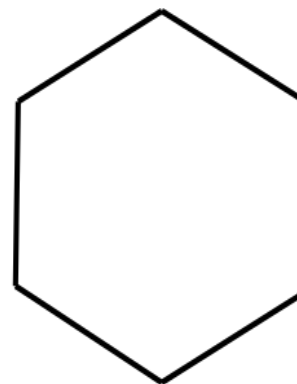
- Un composé alicyclique est un composé organique qui est à la fois aliphatique et cyclique.
- se nomme en faisant précéder du préfixe «cyclo»,



cyclopropane



cyclobutane

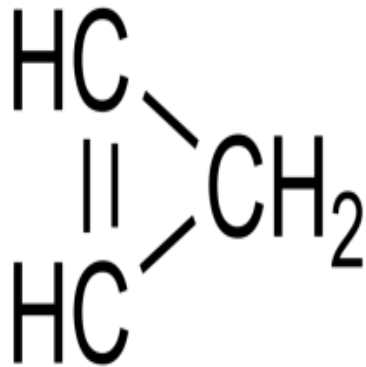


cyclohexane

Hydrocarbures monocycliques insaturés

Cycloalcènes (ou Cyclènes)

- Les cycloalcènes sont des molécules de formules générales C_nH_{2n} comportant une double liaison dans leur structure.
- **Exemple :**



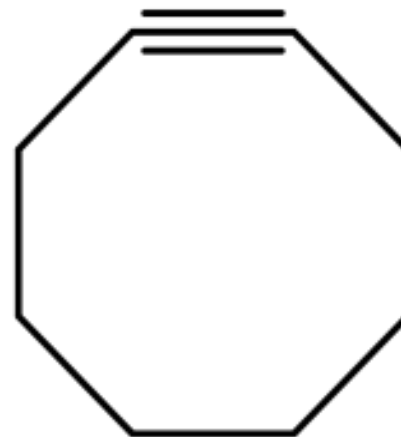
Cyclopropène

Cycloalcynes (ou Cyclynes de formule générale : C_nH_{2n-2} avec $n \leq 8$).

- Un **cycloalcyne** consiste donc en un cycle d'atomes de carbone contenant une ou plusieurs triples liaisons (C-C $\equiv$ C-C).

- **Exemple :**

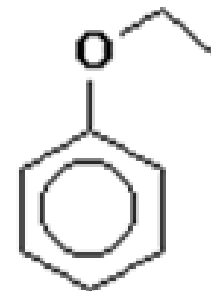
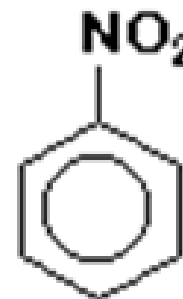
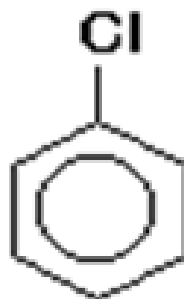
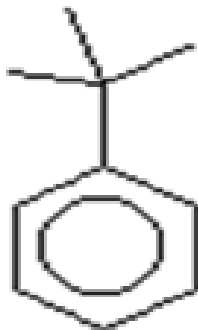
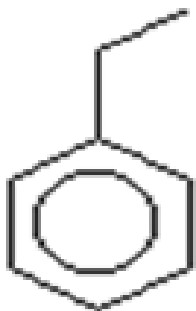
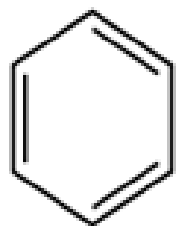
- **Cyclooctyne** (C_8H_{12}):



Hydrocarbures benzéniques (ou aromatiques)

C'est un hydrocarbure dont la structure moléculaire comprend un cycle possédant une alternance formelle de liaison **simple** et **double**,

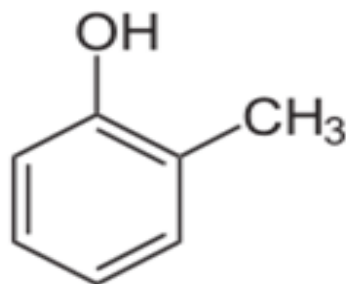
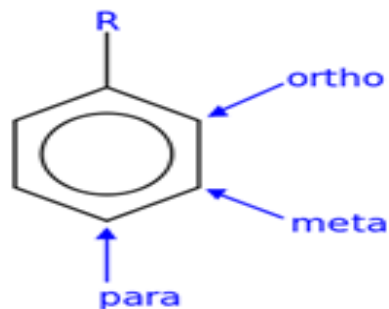
Pour les substituants appelés seulement par un préfixe , on attache le préfixe au nom " benzène " .



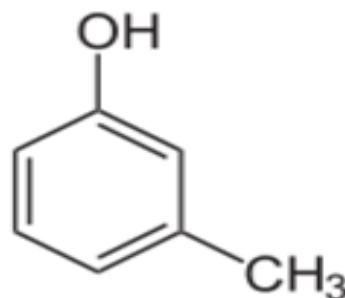
Positions : ortho, méta, para

Les préfixes ortho (juste), méta (après) et para (contre) désignent la position des substituants secondaires par rapport au substituant principal dans un cycle benzénique polysubstitué.

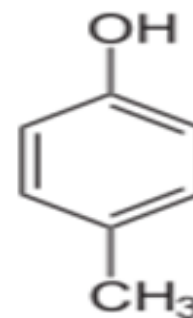
positions ortho, méta et para



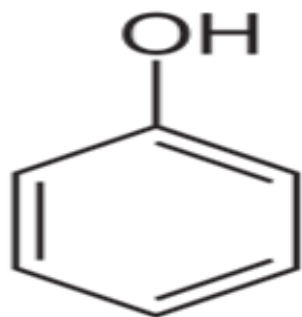
orthométhylphénol
1,2-méthylphénol
orthocrésol
o-crésol



métaméthylphénol
1,3-méthylphénol
métacrésol
m-crésol



paraméthylphénol
1,4-méthylphénol
paracrésol
p-crésol



Phénol