

2. Chimie organique

2.1. Composés organiques, formules, fonctions, Nomenclature

- 2.1.1. Formules des composés organiques
- 2.1.2. Fonctions, groupes fonctionnels
- 2.1.3. Nomenclature
- 2.1.4. Etude des fonctions organiques
 - Hydrocarbures saturés, alcènes, alcanes, hydrocarbures benzéniques
 - Dérivés halogènes, halogénures
 - Alcools, thiols, thioethers, phenols, amine aldehydes polyfonctionnels
 - composés polyfonctionnels hétérocycles

Chimie organique : La nomenclature

1^{ère} partie



Chimie organique : La nomenclature

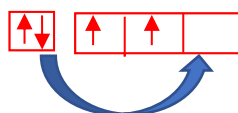
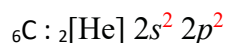
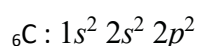
(1^{ère} partie)

La chimie organique est une branche de la chimie qui étudie la structure, la composition, les propriétés, les réactions et la synthèse des composés organiques. Les composés organiques sont principalement des composés chimiques contenant du carbone, souvent associé à l'hydrogène, et peuvent également inclure d'autres éléments tels que l'oxygène, l'azote, le soufre, le phosphore, etc.

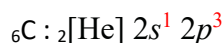
Historiquement, la chimie organique était définie comme la chimie des composés dérivés des organismes vivants, mais cette définition a été élargie pour inclure la synthèse de composés organiques qu'ils proviennent ou non de sources naturelles. Cette discipline est cruciale dans de nombreux domaines, notamment la pharmacologie, la médecine, l'industrie des matériaux, la biologie et l'agriculture, car elle permet de créer de nouveaux composés et matériaux utiles pour la société.

Le carbone : ${}^6_{12}\text{C}$ { Nombre d'électrons = 6

Cortège et configuration :



Le carbone bivalent

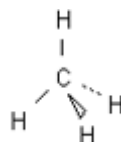


Le carbone tetravalent

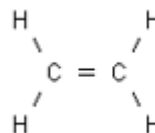


Le carbone peut établir 4 liaisons covalentes simples dont trois types d'hybridation :

La molécule CH_4 : le carbone est hybridé Sp^3



Dans la molécule C_2H_4 le carbone est hybridé Sp^2



Dans la molécule C_2H_2 le carbone est hybridé Sp



1-Formules décrivant les différents types de molécules organiques

1-1 La formule brute

La formule brute est une écriture qui s'emploie pour désigner la représentation la plus simple d'une molécule et elle traduit aussi sa composition (le nombre des atomes contenus dans la molécule).

Exemple : C_2H_6O , CH_4 ,

1-2 La formule développée :

Dans la formule développée d'une molécule la répartition de toutes les liaisons covalentes reliant les atomes est précisée.

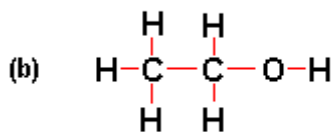
1-3 La formule semi développée (condensées ou combinées)

Les atomes d'hydrogène reliés à un même carbone sont rassemblés à côté de ce carbone. Les liaisons entre atomes de carbone et d'hydrogène ne sont pas représentés. En revanche les liaisons entre carbones sont précisées.

Exemple



Formule brute



Formule développée

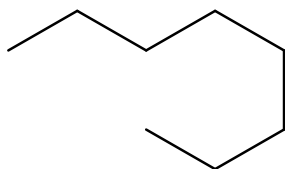


Formule semi développée

1-4 La formule topologique

C'est la formule zig zag, elle ne précise pas :

- les atomes de carbone
- les atomes d'hydrogène reliés à un atome de carbone
- les liaisons entre un atome de carbone et un atome d'hydrogène



2-Les classes des composés en chimie organique :

Un composé organique comporte un enchaînement d'atomes de carbone. Cet enchaînement est appelé chaîne carbonée qui forme le squelette des composés organiques et peuvent être classés en deux catégories principales : acyclique et cyclique.

2-1-Composés acycliques (aliphatiques ou linéaire):

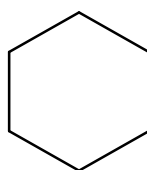
Ce sont des chaînes carbonées dans lesquelles les atomes de carbone sont reliés les uns aux autres de manière linéaire, formant une structure en ligne droite.

Exemple : le **propane** est un composé organique avec une chaîne carbonée linéaire de **trois atomes de carbone** : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$. Ce sont des composés à **chaîne ouverte**.

Composés cycliques : est une substance dans laquelle au moins une série d'atomes, notamment de carbone, est liée de manière successive par des liaisons covalentes pour former un cycle.

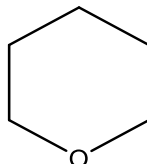
2-2 Les composés cycliques sont divisés en 2 sous classes :

2-2-a Les composés cycliques homogènes : sont des composés chimiques dont la chaîne carbonée, cyclique, comporte l'atome de carbone.



2-2-b Les composés cycliques hétérogènes ou hétérocycles

sont des composés chimiques dont la chaîne carbonée, cyclique, comporte un ou plusieurs atomes autres que le carbone (hétéroatomes) comme l'oxygène, l'azote.



3-La nomenclature en chimie organique :

La nomenclature en chimie organique est un système de conventions et de règles utilisé qui ont été fixées par un organisme international appelé IUPAC (Union Internationale de la Chimie Pure et Appliquée) pour nommer et identifier les composés organiques. Ces règles permettent de décrire de manière précise la structure moléculaire des composés organiques, ce qui est essentiel pour la communication entre les chimistes et pour garantir une compréhension universelle des composés.

Les chaînes carbonées peuvent également être ramifiées, c'est-à-dire qu'elles comportent des groupes d'atomes appelés substituants, attachés à la chaîne principale. Ces substituants peuvent être linéaires ou cycliques, ce qui crée une grande diversité de structures moléculaires.

La nomenclature permet de:

↪ Trouver le nom d'une molécule connaissant la structure

↪ Trouver la structure connaissant le nom

Noms communs et systématiques :

Certains composés organiques ont des noms couramment utilisés qui ne suivent pas toujours les règles systématiques de la nomenclature. Cependant, la nomenclature systématique, basée sur des règles définies, est préférée car elle permet une identification sans ambiguïté des composés.

4-1 Les hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des composés chimiques constitués uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils constituent une vaste classe de composés organiques essentiels dans la chimie et la pétrochimie en raison de leur abondance et de leur diversité.

Il existe deux types principaux d'hydrocarbures : les hydrocarbures saturés et les hydrocarbures insaturés.

4-1-1 Les hydrocarbures saturés aliphatiques

Ce sont des composés dans lesquels tous les atomes de carbone sont reliés entre eux par des liaisons covalentes simples. Ces composés sont appelés :

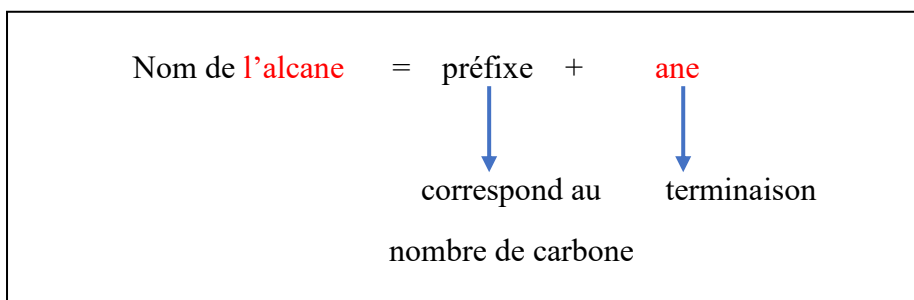
4-1-1-1 Les alcanes

Ce sont des hydrocarbures saturés de formule brute C_nH_{2n+2} (les carbones sont hybridés sp^3)

Exemple : $n=1 \Rightarrow CH_4$

a-Les alcanes non ramifiés (linéaire)

Le nom de ce type d'alcanes également connus sous le nom d'alcanes linéaires : la nomenclature systématique de l'IUPAC utilise un préfixe indiquant le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne carbonée, suivi de la terminaison "-ane".



Les préfixes couramment utilisés pour les alcanes linéaires sont présentés dans le tableau suivant :

Nombre de carbone	Préfixe	Nombre de carbone	préfixe
1	méth	7	hept
2	éth	8	oct
3	prop	9	non
4	but	10	déc
5	pent	11	undéc
6	hex	12	dodéc
		13	tridéc

Exemple : CH₄ méthane

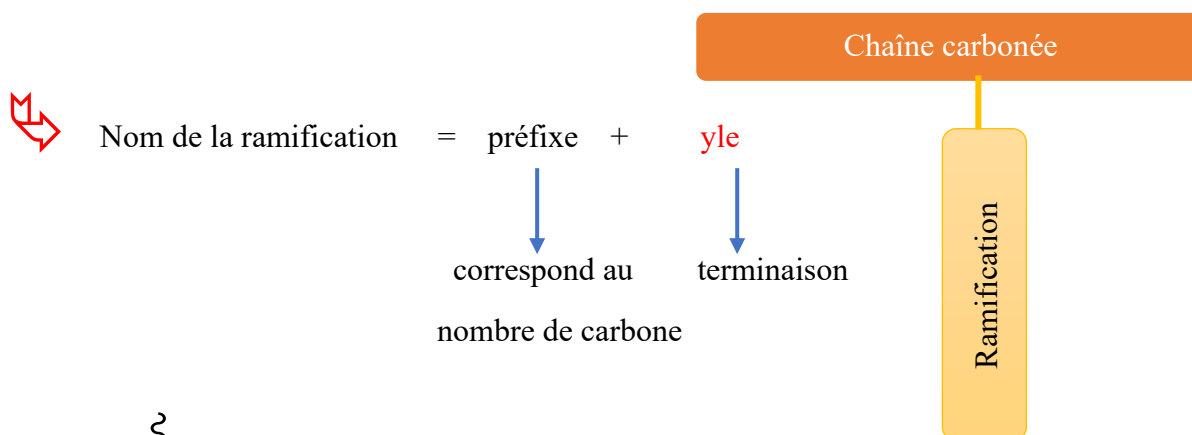
CH₃-CH₂-CH₂-CH₃ butane

Nombre <i>n</i> d'atomes de carbone	Formule brute	Préfixe	Nom	Formule semi-développée
1	CH ₄	méth-	méthane	CH ₄
2	C ₂ H ₆	éth-	éthane	CH ₃ -CH ₃
3	C ₃ H ₈	prop-	propane	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃
4	C ₄ H ₁₀	but-	butane	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
5	C ₅ H ₁₂	pent-	pentane	CH ₃ -(CH ₂) ₃ -CH ₃
6	C ₆ H ₁₄	hex-	hexane	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH ₃

b-Les alcanes ramifiés

Les alcanes ramifiés sont constitués d'une chaîne carbonée principale et d'une ou plusieurs ramifications.

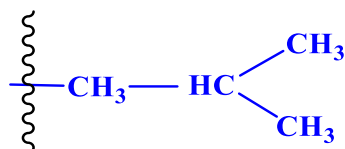
La ramification est un substituant (ou un radical) qui est accroché à la chaîne carbonée (remplacer un H d'un alcane par un substituant) par une liaison covalente simple. Le radical est appelé groupement alkyle



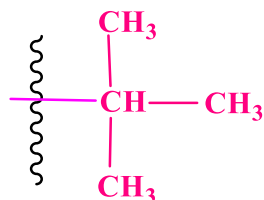
Exemple : CH₃ méthyle (1 seul carbone méth + yle)

Certains groupes alkyles ramifiés portent un nom spécifique





isobutyle



tertiobutyle

Comment nommer une chaîne carbonée ramifiée ?

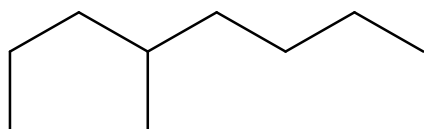
L'IUPAC a fourni une série de règles qui permet de nommer aisément une chaîne carbonée ramifiée (alcane ramifié) :

Règle1 : Repérer la chaîne principale qui correspond au plus long enchaînement linéaire d'atomes de carbone. Elle donne le nom de l'alcane servant de base à la molécule

Règle2 : La Numérotation de la chaîne principale se fait à partir de l'extrémité la plus proche de la ramification c'est-à-dire les indices indiquant l'emplacement des radicaux (indice de position) doivent être les plus petits possibles.

Règle 3 : Le nom de la molécule est obtenu en plaçant devant le nom de l'alcane correspondant à la chaîne principale le nom de la ramifications (le e final est éliminé : c'est-à-dire sans e) précédé à l'aide d'un tiret par l'indice de position (le numéro de l'atome de carbone de la chaîne principale auquel elle est liée).

Exemple :



1- La chaîne principale portant le plus grand nombre de carbone : **8 carbones**

Le nom : **octane**

2- Numéroté

Si la numérotation est de la gauche vers la droite :

La ramification : CH₃ est portée par le carbone 4

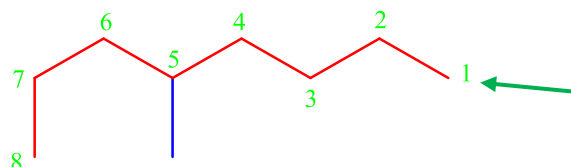
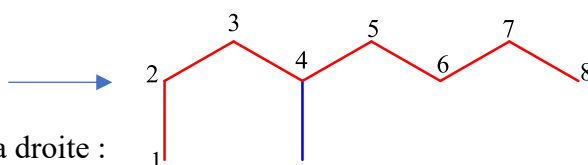
Si la numérotation est de la droite vers la gauche

La ramification : CH₃ est portée par le carbone 5

L'indice 4 est plus petit que l'indice 5

⇒ La bonne numérotation est de la gauche vers la droite

Le nom de la ramification : **méthyle**



3- Le nom de la molécule : 4 -méthyl**o**ctane

Règle 4 : si la chaîne carbonée comporte plusieurs ramifications, leurs noms seront classés par ordre alphabétique.

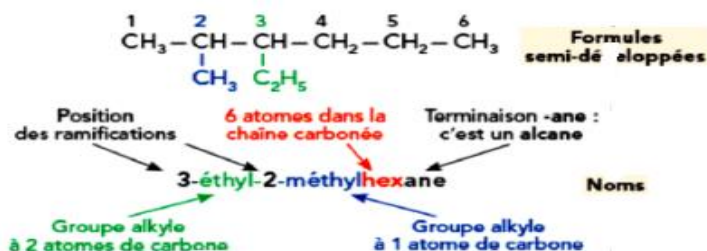
Exemple :

Deux ramifications :

Ethyle et méthyle

Ils sont classés par ordre

alphabétique : e ensuite m

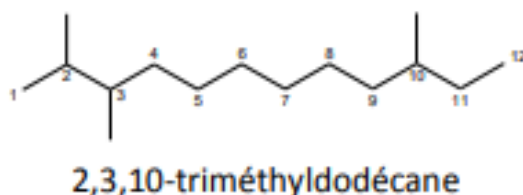


Règle 5 : Si un même subst

multiplicateur (di, tri, tétra,...). Les indices de la même position sont séparés par des virgules (,) reliés avec le nom par un tiret. Le classement des substituants par ordre alphabétique ne tient pas compte de ces préfixes multiplicatifs.

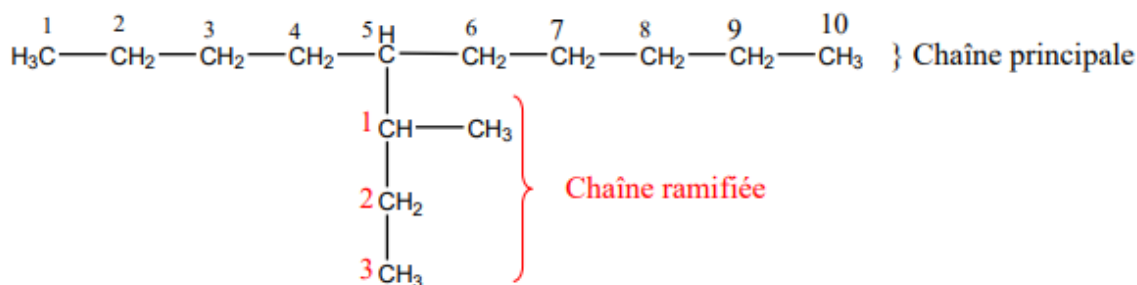
Nombre des ramifications identiques	Préfixe
2	di
3	tri
4	tétra

Exemple :



↪ Si la ramification est une chaîne carbonée (chaîne secondaire), le nom de cette dernière est mis entre parenthèse

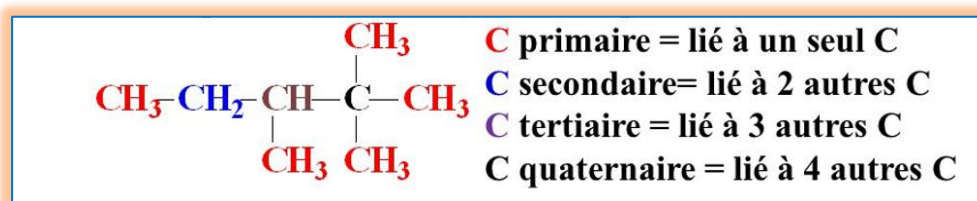
Exemple :



5-(1-méthylpropyl)décane

Chaîne principale : **décane**Nom de la chaîne secondaire (ramification principale) : **propyle**Nom de la ramification secondaire : **méthyle****Remarque :**Si un atome de carbone lié à un seul atome de carbone , c'est un **carbone primaire**Si un atome de carbone lié à deux atomes de carbone , c'est un **carbone secondaire**Si un atome de carbone lié à trois atomes de carbone , c'est un **carbone tertiaire**

Si un atome de carbone lié à quatre atomes de carbone , c'est un carbone quaternaire

**4-1-2 Les hydrocarbures insaturés aliphaliques**

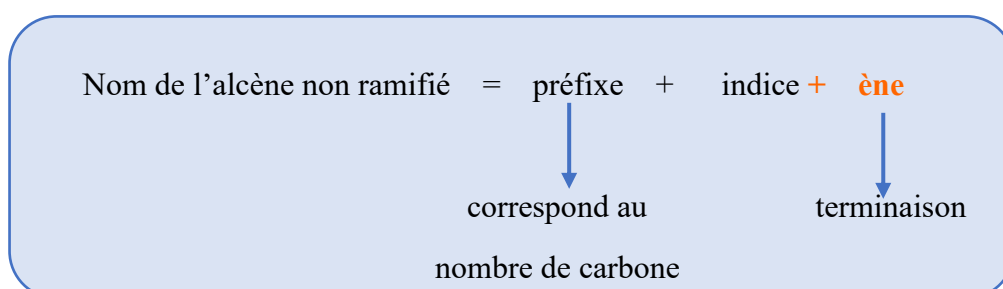
Les hydrocarbures insaturés sont des composés possédant au moins une double liaison ou une triple liaison entre carbone-carbone (C-C).

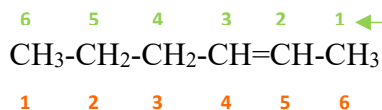
Les alcènes :C = C....

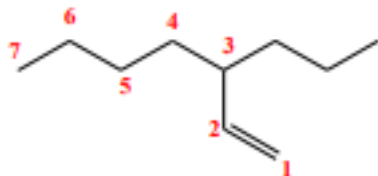
Un alcène est un hydrocarbure insaturé aliphatique dont la chaîne carbonée comporte une ou plusieurs doubles liaisons de formule brute C_nH_{2n} .

Afin de déterminer le nom d'un alcène, il faut respecter les règles de l'UIPAC suivantes :

- ↪ La chaîne principale est celle qui comporte le plus grand nombre de doubles liaisons.
- ↪ Le nom du composé dérive de celui de l'alcane en remplaçant la terminaison **ane** par **ène**.
- ↪ La position de la double liaison est indiquée par le numéro de l'atome de carbone doublement lié.
- ↪ La numérotation est effectuée de façon que la double liaison ait l'indice le plus faible.



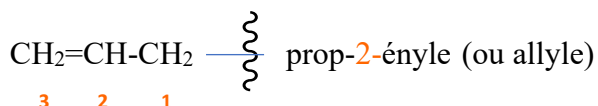
Exemple :
 La bonne
 numérotation
 hex-2-ène

 6 carbones : hex
 une double liaison en
 position 2 (l'indice le plus petit)
**3-propylhept-1-ène**
 La chaîne principale est celle qui
 comporte la double liaison

 La numérotation : à partir de la double
 liaison (possède l'indice le plus petit
 possible)
L'alcène ramifié

Si la ramification possède une double liaison (alcène), le nom se termine par ényle précédé par l'indice du carbone qui la porte

Nom de la ramification	=	préfixe	+	indice	+	ényle
		↓				↓
		correspond au				terminaison
		nombre de carbone				

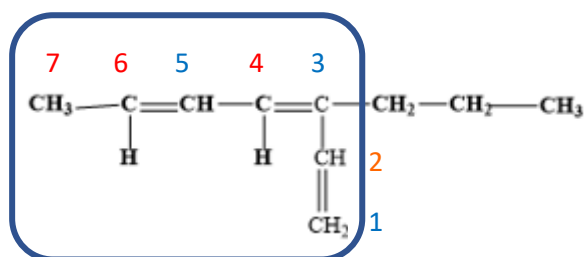


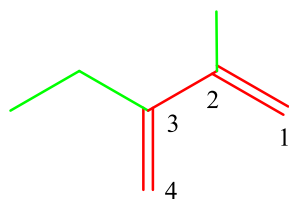
S'il y a plusieurs doubles liaisons :

Nombre de doubles liaisons	Préfixe
2	di
3	tri
4	tétra

Exemple :

Chaîne principale →

**3-propylhept-1,3,5-triène**



3-éthyle-2-méthylbut-1,3-diène

La chaîne principale : en rouge (4 carbones)

Deux ramifications : éthyle et méthyle

Les alcynes

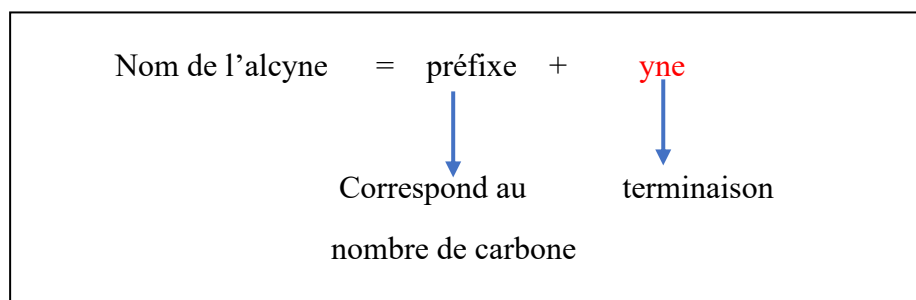
Alcyne

Les alcynes sont des hydrocarbures insaturés caractérisés par la présence d'une ou plusieurs triples liaisons entre carbone-carbone. Ils ont une formule brute $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

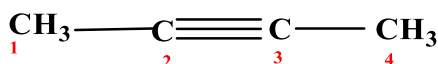
Les alcynes peuvent avoir des squelettes carbonés (constitués d'atomes de carbone) qui sont des chaînes simples, ou qui peuvent être ramifiés.

Les alcynes non ramifiés

- Le nom de l'alkyne non ramifié est identique à celui de l'alcane ayant le même nombre de carbone, en remplaçant la terminaison **ane** par **yne**
- La chaîne principale sera la plus longue chaîne contenant la triple liaison.
- La triple liaison aura l'indice le plus petit possible.

Exemples :

Ethyne (acétylène)



but-2-yne

Les alcynes ramifiés

Si la ramification est un alkyne, le nom se termine par **ényle** précédé par l'indice de sa position.

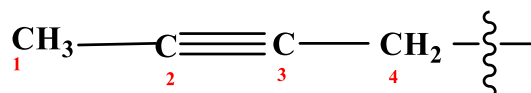
Nom de la ramification = préfixe + **ynyle**

Correspond au nombre de carbone

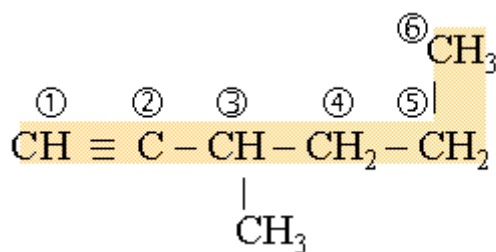
terminaison



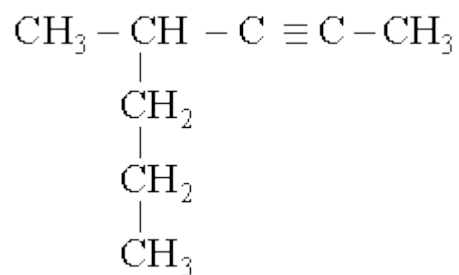
Ethyne



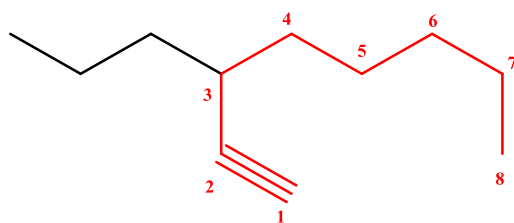
but-2-yne



3-méthylhex-1-yne



4-méthylhept-2-yne



3-propyloct-1-yne

La chaîne principale (comporte la triple liaison) : 8 carbones

Ramification : 3 carbones (propyle)

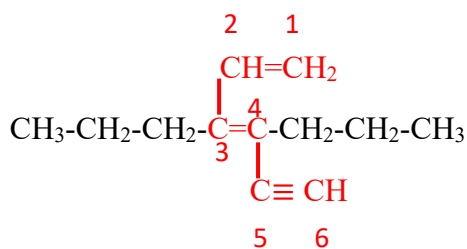
La numérotation : la triple liaison doit avoir l'indice le plus petit possible

4-1-3 Les hydrocarbures comportant à la fois une double et une triple liaison.

☞ Si une molécule comporte une double et une triple liaison, la terminaison utilisée est **ényne**.

☞ La double liaison est prioritaire par rapport à la triple liaison c'est-à-dire la double liaison doit avoir l'indice le plus bas possible.

Nom = préfixe + indice + **èn** + indice + **yne**

Exemple :

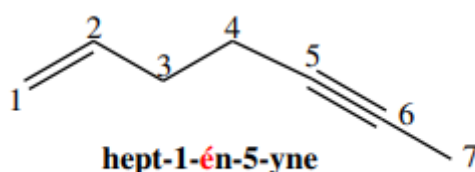
3,4-dipropyl-hex-1,3-diène

Chaîne principale (en rouge) celle qui comporte les deux doubles et la triple liaison : 6 carbones : **hex**

La numérotation : la double liaison doit avoir l'indice le plus bas possible

Ramification : propyle (3 carbones)

2 ramifications identiques : dipropyle

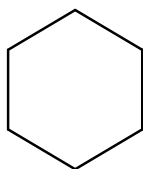
Exemple2 :**4-1-4 Les hydrocarbures monocycliques saturés et insaturés**

Ce sont des hydrocarbures à chaîne fermée pour former un seul cycle (monocyclique)

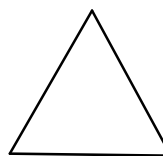
Les hydrocarbures monocycliques saturés

Le nom de ce type de composés est constitué du nom de l'hydrocarbure acyclique précédé par le préfixe cyclo (cycloalcane).

Nom = **Cyclo** + le nom de l'hydrocarbure acyclique (alcane)

Exemples :

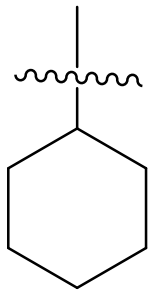
Cyclohexane



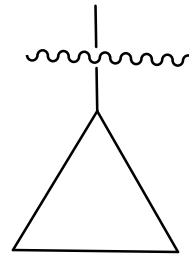
Cyclopropane

Si la ramification est un monocyclique saturé, le nom est obtenu en remplaçant la terminaison **ane** par **yle**

Le nom = **Cyclo** + préfixe + yle (alkyle)



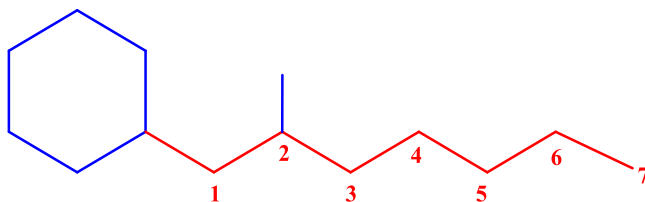
Cyclohexyle



Cyclopropyle

Si le nombre d'atomes de carbone d'une chaîne linéaire lié au cycle est supérieur au nombre de carbone du cycle lui-même, ce dernier devient une ramification et la chaîne linéaire est considéré comme chaîne principale .

Exemple :



1-cyclohexyl-2-méthylheptane

Chaîne principale (en rouge) celle qui comporte

7 carbones : **heptane**

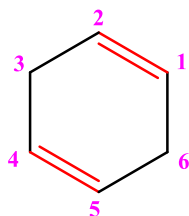
Ramification 1 : **cyclohexyle** (6 carbones)

Ramifications 2 : **méthyle**

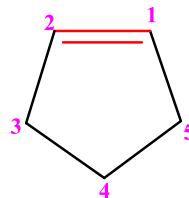
Les hydrocarbures monocycliques insaturés

Le nom d'un hydrocarbure monocyclique qui comporte une double liaison ou une triple liaison est constitué du nom de l'hydrocarbure cyclique en remplaçant la terminaison **ane** par la terminaison **ène** ou **yne** précédé par l'indice de position de la double liaison .

Exemple 1:



Cyclohex-1,4-diène



Cyclopent-1-ène

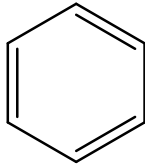
Ou

Cyclopentène

Les hydrocarbures monocycliques aromatiques

Un composé est aromatique lorsque :

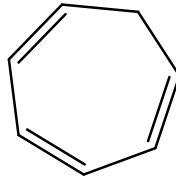
- 1) Il possède des doubles liaisons alternées.
- 2) Il comprend $(4n+2)$ électrons π , n étant un nombre entier.



$$(4n+2) \text{ é } \pi \Rightarrow (4 \times 1 + 2 = 6 \text{ é } \pi)$$

Les = sont alternées

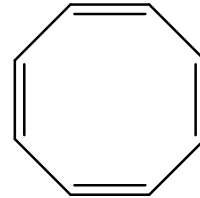
Ce composé est aromatique



$$(4n+2) \text{ é } \pi \Rightarrow (4 \times 1 + 2 = 6 \text{ é } \pi)$$

Les = ne sont pas alternées

Ce composé est non aromatique

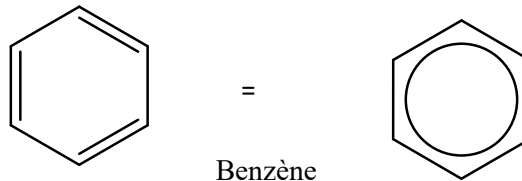


$$(4n+2) \text{ é } \pi \neq 8 \text{ é } \pi$$

Les = sont pas alternées

Ce composé est non aromatique

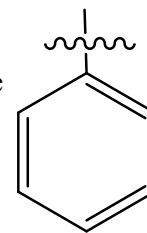
Le benzène est le composé le plus simple des hydrocarbures aromatiques. Le benzène est une molécule organique constituée de six atomes de carbone disposés dans un anneau hexagonal, avec un atome d'hydrogène lié à chaque atome de carbone.



Benzène

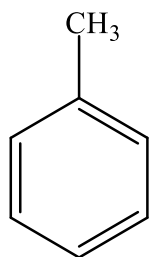
Les hydrocarbures aromatiques ramifiés

Si la ramification est le benzène \longrightarrow le nom : phényle



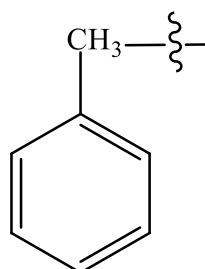
Le benzène monosubstitué : (une seule ramification sur le benzène)

La chaîne principale sera le benzène. Le nom du composé sera formé du nom de la ramification suivi par le mot benzène

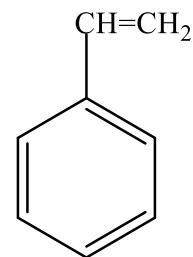


Méthylbenzène

Si le méthylbenzène est une ramification



le nom est **benzyle**

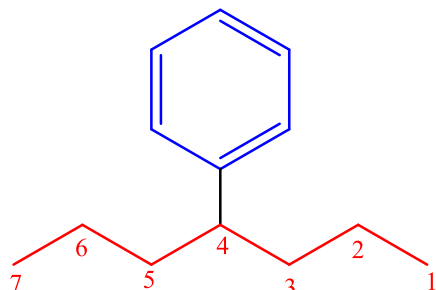


Vinylbenzène

(Toluène)

(styrène)

Le toluène est un dérivé du benzène dans lequel un atome d'hydrogène est remplacé par un groupe méthyle (-CH₃).

Exemple :

4-phénylheptane

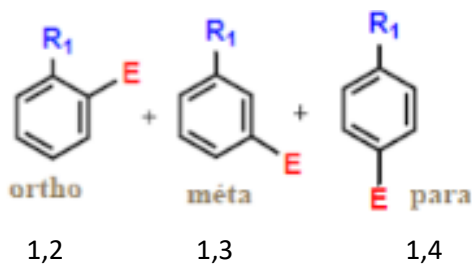
Chaîne principale celle qui comporte 7 carbones : **heptane**

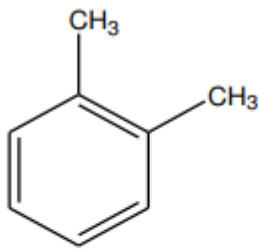
Ramification : **phényle** (6 carbones) en position 4

Le benzène di-substitué : (deux ramifications sur le cycle benzénique)

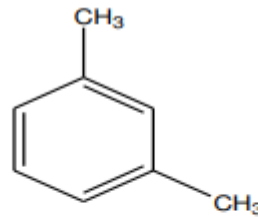
Si le composé aromatique possède deux substituants (deux ramifications), on ajoute le nom des ramifications classées par ordre alphabétique précédé par l'indice de position au nom de la chaîne principale qui est le benzène.

Il existe trois formes des positions des deux ramifications qui seront l'coalisés par des chiffres (1,2) , (1,3) et (1,4) ou soit respectivement ortho (O) , méta (m) , para (p) représentées ci-dessous :

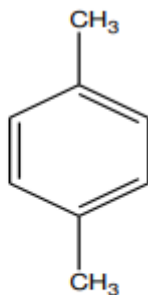
**Exemple :**



1,2-diméthylbenzène
 O-diméthylbenzène
 (le 2^{ème} CH₃ est positionné en ortho).
 O-xylène.



1,3-diméthylbenzène
 m-diméthylbenzène
 (le 2^{ème} CH₃ est positionné en méta).
 m-xylène.



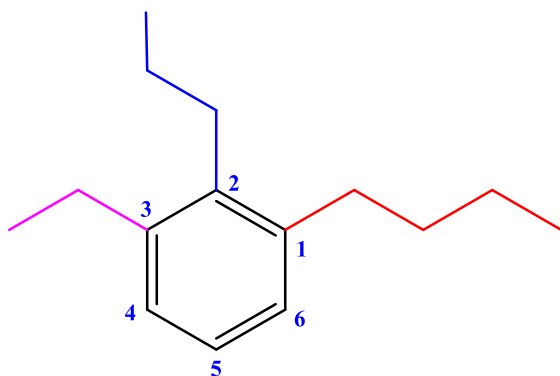
1,4-diméthylbenzène
 p-diméthylbenzène (le 2^{ème} CH₃ est positionné en para).
 p-xylène.

Le benzène polysubstitué (plusieurs ramifications)

Le benzène polysubstitué fait référence à une molécule de benzène dans laquelle plusieurs atomes d'hydrogène ont été remplacés par des substituants (ramifications). Le benzène est le groupe principal

Les atomes de carbone de l'anneau benzénique sont numérotés de manière à donner le plus petit numéro possible aux substituants, en commençant par attribuer le numéro 1 au substituant prioritaire. Le nom des substituants est ensuite placé avant le nom du groupe principal (le benzène), séparés par des tirets et en les séparant par des virgules si nécessaire.

Exemple :



Groupe principal : le benzène

Ramifications : butyle, éthyle, propyle

La numérotation à partir de la ramification qui possède le plus grand nombre de carbone (le butyle)

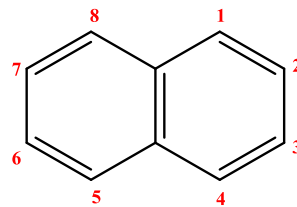
1-butyl-3-éthyl-2-propylbenzène

Les composés aromatiques polycycliques (Polyaromatiques condensés)

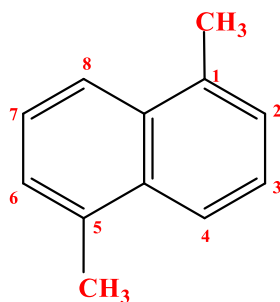
Les composés polyaromatiques condensés sont des molécules organiques comportant plusieurs cycles aromatiques fusionnés les uns aux autres. Ces composés présentent une structure complexe et souvent des propriétés physiques et chimiques intéressantes.

La nomenclature des composés polyaromatiques condensés suit généralement des règles basées sur la numérotation des atomes de carbone dans les cycles aromatiques fusionnés. La numérotation généralement commence par le carbone le plus haut dans le cycle de droite en suivant le sens des aiguilles d'une montre, les carbones communs à plusieurs cycles ne sont pas numérotés. Voici quelques exemples :

Naphtalène : C'est un hydrocarbure bicyclique constitué de deux cycles benzéniques fusionnés.

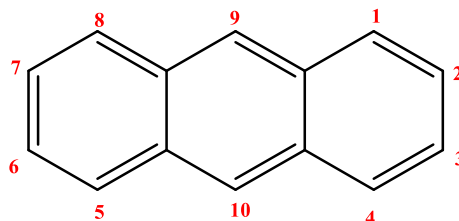


Si le naphtalène est ramifié : la numérotation ne change pas

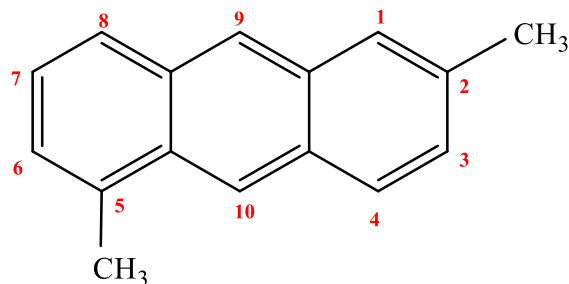


1,5-diméthylnaphtalène

Anthracène : C'est un hydrocarbure tricyclique constitué de trois cycles benzéniques fusionnés (liés les uns aux autres).



Si l'anthracène est ramifié : la numérotation ne change pas



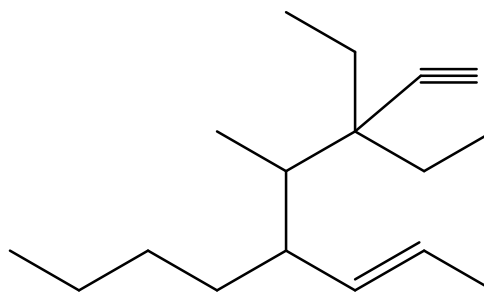
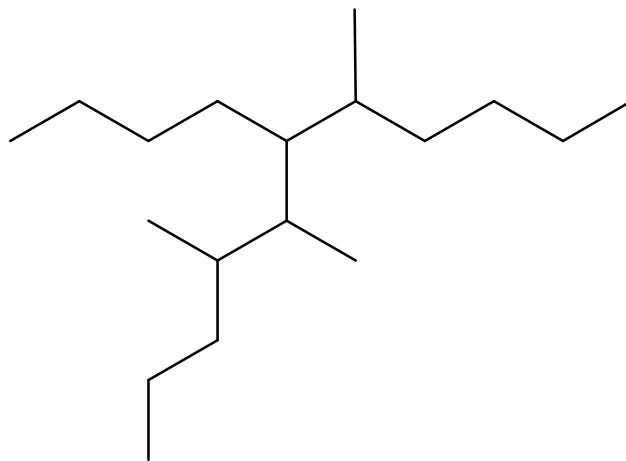
2,5-diméthylanthracène

Exercice :

- ◆ Représenter les formules semi-développées des noms suivants :

1-cycloheptylpent-1,3-diène ; 2,2,9,9-tétraméthyldec-3,5,7-triène

- ◆ Ecrire les noms des formules topologique suivantes :



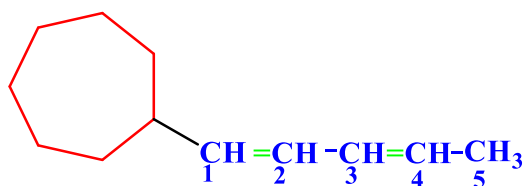
Solution :

1-cycloheptylpent-1,3-diène

Cycloheptyl : ramification en position 1

Pent : chaîne principale

diène : deux doubles liaisons en position 1 et 3

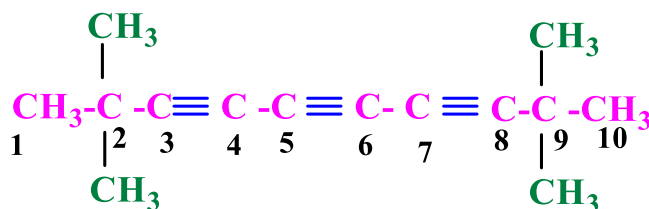


2,2,9,9-tétraméthyldéc-3,5,7-triène

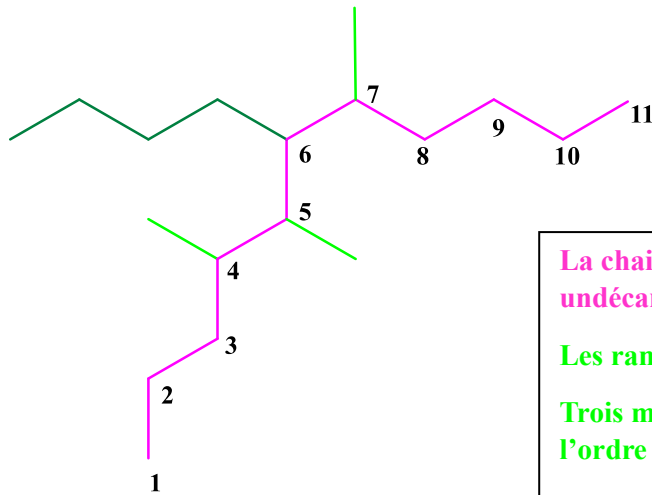
quatre méthyle : ramifications en position 2,2,9 et 9

déc: chaîne principale

triène : trois triples liaisons en position 3,5 et 7



Les noms des formules topologiques



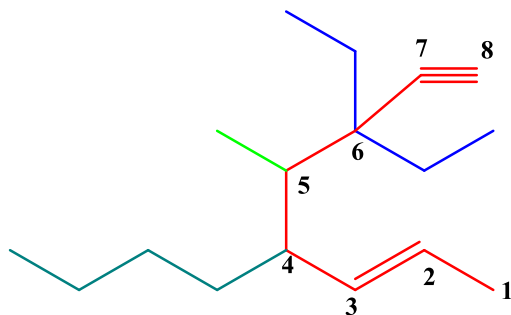
La chaîne la plus longue (principale) : 11 carbones
undécane (alcane : simple liaison)

Les ramifications : 4

Trois méthyle, et butyle (classer les ramifications selon l'ordre alphabétique)

La bonne numérotation : à partir du bas (indices les plus petits)

6-butyl-4,5,7-triméthylundécane



La chaîne principale celle qui contient la double et la triple liaison : 8 carbones (oct)

Les ramifications : 4

méthyle, butyle et 2 éthyle (classer les ramifications selon l'ordre alphabétique)

La bonne numérotation : il faut que la double liaison possède l'indice le plus petit possible (la double prioritaire devant la triple liaison)