

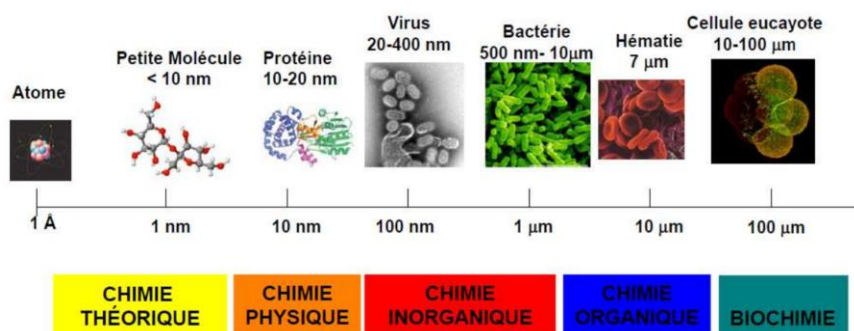
Chapitre 1 – Molécules Organiques



~ Introduction

Qu'est-ce que la chimie ?

Selon le Petit Robert, elle correspond à : « La science de la constitution de divers corps, de leurs transformations et de leurs propriétés. » Elle est en interaction avec de nombreuses sciences et peut se décliner à de nombreuses échelles (de la cellule aux dimensions nanométriques).



Qu'est-ce que la chimie **organique**, plus exactement ?

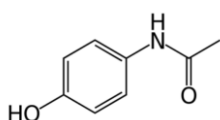
¹ H																		² He
³ Li	⁴ Be											⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F	¹⁰ Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo	

Elle était initialement définie comme la chimie des composés issus d'*organismes vivants* (≠ des minéraux), mais on considère maintenant que la chimie organique, c'est la chimie du **carbone (C)**. ++

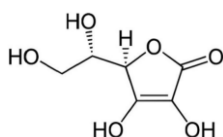
On y retrouve aussi l'Hydrogène H, l'Oxygène O, l'Azote N, le Phosphore P, et le Soufre S en quantité importante.

Tous ces atomes **C, H, O, N, P, S** représentent **98%** de la masse totale de tout organisme vivant.

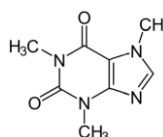
On peut retrouver des molécules organiques dans la vie de tous les jours, par exemple :



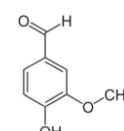
Le **paracétamol** ;



La **vitamine C** ;



La **caféine** ;



La **vaniline**.

La chimie organique vous sera très utile, peu importe votre filière car elle permet de comprendre et d'interpréter la conformation des protéines, le fonctionnement d'un médicament, la structure de l'ADN, etc... (donc bossez-la ! 😊)

I- La structure du carbone

Il faut avoir à l'esprit que les molécules ne sont pas planes, ce sont des objets en 3D et elles peuvent avoir différentes structures tridimensionnelles en fonction de leur **état d'hybridation**.

~ Petite explication de chimie générale pour comprendre les états d'hybridation ~

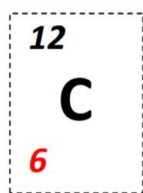
(Tout ça sera revu avec le Pr. Golebiowski ne vous inquiétez pas)

Les atomes sont constitués d'un noyau (où l'on trouve les **nucléons**), et d'**électrons** qui gravitent autour, dans des orbitales atomiques.

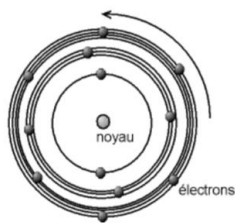
Orbitale atomique (OA) : région de l'espace où la probabilité de trouver un électron est importante.

L'atome de carbone ($Z=6$) possède **6 électrons** que l'on peut représenter comme les **6 flèches rouges** sur le schéma ci-dessous :

Nombre de masse

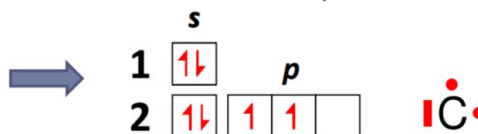


Numéro atomique



Pseudo-modèle de Bohr

Configuration électronique à l'état fondamental : $1s^2 2s^2 2p^2$



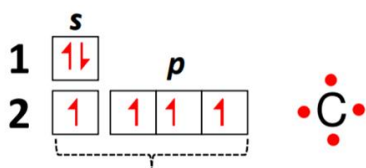
Lorsqu'il est dans son état **fondamental** (c'est à dire non excité), le carbone possède la configuration électronique suivante : $1s^2 2s^2 2p^2$.

→ Cela signifie qu'il possède **deux** électrons dans l'orbitale 1s, **deux** dans l'orbitale 2s, et enfin **deux** dans l'orbitale 2p. On le voit bien sur le schéma !

Pour la chimie organique, on ne s'intéresse qu'à la **couche de valence**, c'est à dire la dernière couche où l'on trouve des électrons car c'est celle qui sera accessible pour les réactions chimiques (ici c'est la couche **n°2**, voir flèche bleue). Donc, sur sa couche de valence, le carbone possède 4 électrons:

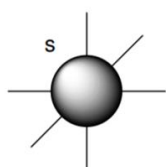
- deux dans l'orbitale **2s** qui forment une paire, donnant un **doublet non-liant** ;
- deux dans l'orbitale **2p** ne formant pas de paires, donnant donc des **liaisons covalentes**.

Ainsi **en théorie**, le carbone devrait faire **deux liaisons** et avoir **un doublet non-liant**. Cependant, **en pratique**, le carbone forme **quatre liaisons** grâce à un passage en valence secondaire (le doublet non-liant de l'orbitale 2s se « casse » pour donner deux électrons seuls, cf. schéma).

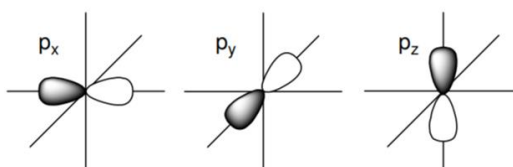


orbitales atomiques (OA) : 1 s et 3 p

1 orbitale s



3 orbitales p



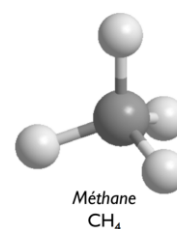
Or, les liaisons p et s sont d'**énergie différente**, il n'est donc pas possible d'avoir 3 liaisons p et 1 liaison s. Pour équilibrer ces énergies différentes, la réhybridation orbitalaire entre en jeu : l'orbitale s et les 3 orbitales p fusionnent et deviennent chacune une **orbitale hybride (OH) sp^3** , de même forme et de même énergie.

On peut maintenant comprendre les différents états d'hybridation du carbone !

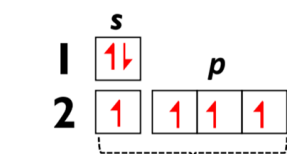
➤ Hybridation sp^3

Elle concerne les **alcane**s et est reliée à une géométrie **tétraédrique** (avec un angle de **$109,25^\circ$** au centre) avec une structure VSEPR de type **AX4** (lié à 4 atomes).

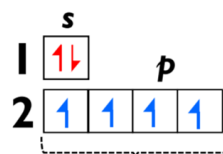
Elle résulte de la fusion des 3 orbitales p et de l'orbitale s et elle permet de former **4 liaisons σ** (sigma). On a donc 4 orbitales **hybrides sp^3** identiques.



hybridation

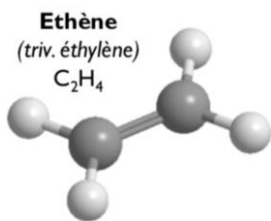


orbitales **atomiques** (OA) : 1 s et 3 p



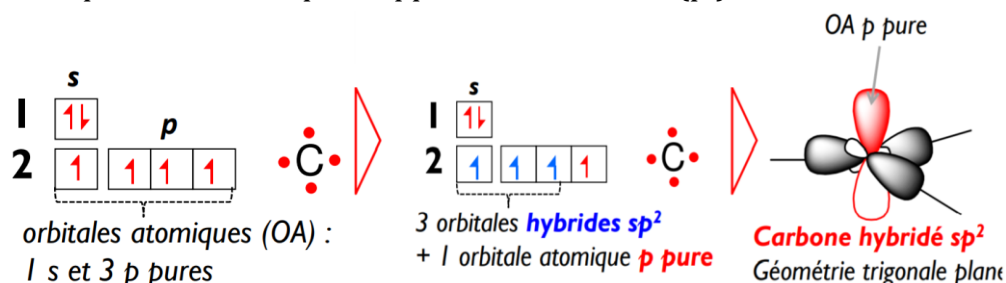
4 orbitales **hybrides** (OH) **sp^3**

➤ Hybridation sp^2

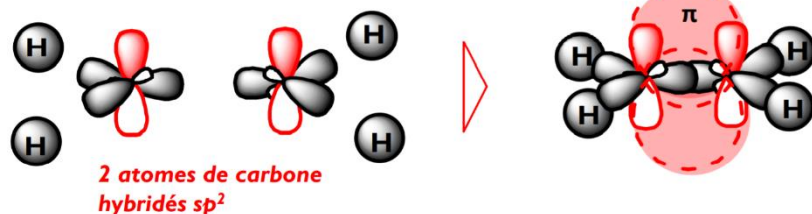


Elle concerne les **alcènes**, elle est reliée à une géométrie **trigonale plane** (avec un angle au centre de **120°**) et un groupe VSEPR **AX3** (lié à 3 atomes). La molécule est **complètement plane**++ avec cette hybridation.

Elle résulte de la fusion de l'orbitale **s** avec 2 orbitales **p**, pour faire **3 orbitales hybrides sp^2** , ce qui forme **3 liaisons σ** . Ce qui laisse 1 orbitale atomique p pure pour former ce qu'on appelle une **liaison π** (pi)



Liaison π (ou système π): recouvrement latéral d'une **orbitale atomique** (non hybride) **p pure** qui va créer un nuage d'électrons autour de la liaison simple, formant une **liaison double**.



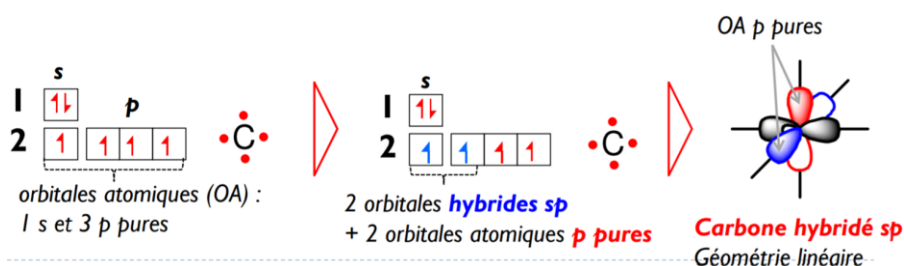
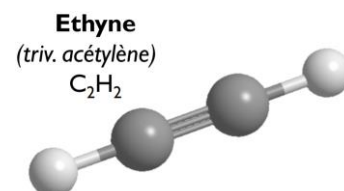
La double liaison résulte de la somme de :

- 1 **liaison simple (σ)** par recouvrement de 2 OH sp^2 ;
- 1 **système π** par recouvrement latéral de 2 OA p pures.

➤ Hybridation sp

Elle concerne les **alcynes** et possède une géométrie **linéaire** avec un groupe VSEPR de type **AX2** (lié à 2 atomes).

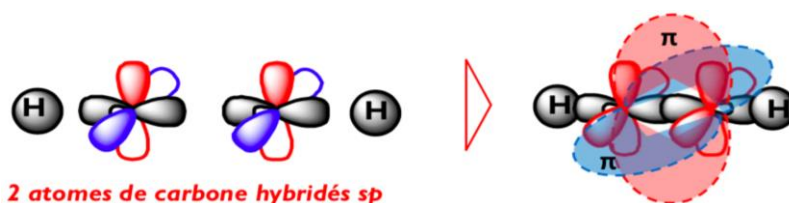
Elle résulte de la fusion de l'orbitale **s** avec 1 orbitale **p**, ce qui donne **2 orbitales hybrides sp** → cela forme donc **2 liaisons σ** . Les deux orbitales p pures restantes permettent de former des systèmes π



⚠ Les **liaisons σ et π** ne sont **pas du tout équivalentes entre elles** en termes de forme, d'énergie et de propriétés !

La triple liaison résulte de la somme de :

- 1 **liaison simple (σ)** par recouvrement de 2 OH sp ;
- 2 **systèmes π** par recouvrement latéral de 2 paires d'OA p pures.

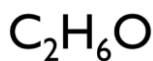


Ces hybridations nous suivront tout au long du cours, par exemple pour les notions de stéréochimie !

II- Représentation des molécules

Une molécule simple comme l'**éthanol** peut être représentée en chimie de plusieurs façons, tout d'abord grâce à des représentations dites « **planes** » :

La formule brute



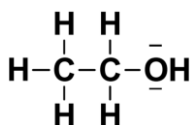
Elle donne la **composition élémentaire** de la molécule.

La formule semi-développée



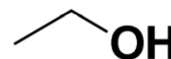
Elle fait apparaître le **squelette** carboné et les **fonctions** chimiques.

La formule développée plane



Elle fait apparaître **toutes les liaisons**, et on peut matérialiser les doublets non liants comme ici sur l'atome d'oxygène (=représentation de Lewis).

La formule topologique



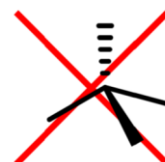
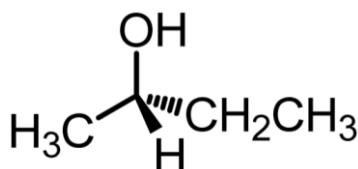
Le squelette carboné apparaît sous forme d'une **ligne brisée**, et seules les liaisons hydrogènes (=liaisons H) **fonctionnelles** sont matérialisées.

Cependant, ce type de représentation ne permet pas de visualiser les molécules en 3D, c'est pourquoi on a aussi des représentations « **spatiales** » que nous allons voir maintenant.

⚠ Les molécules ne sont pas des objets statiques, mais dynamiques !

1) La représentation de Cram ou du « coin volant »

On étudie ici la molécule de butan-2-ol. Le carbone portant la fonction alcool (OH) est hybridé sp^3 et est donc tétraédrique, on peut le représenter **en 3D** comme ceci :



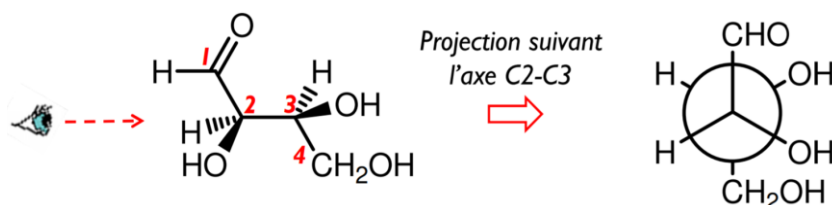
Fonctionnement : le carbone est en position centrale, puis on a :

- 2 liaisons **dans le plan** (dont au moins une est orientée vers le haut) → trait plein ;
- 1 liaison **en avant du plan** → triangle plein ;
- 1 liaison **en arrière du plan** → triangle hachuré.

2) La projection de Newman

La molécule est regardée dans l'axe de la liaison entre deux atomes de carbone voisins (→ on la regarde du point de vue du petit œil sur le schéma).

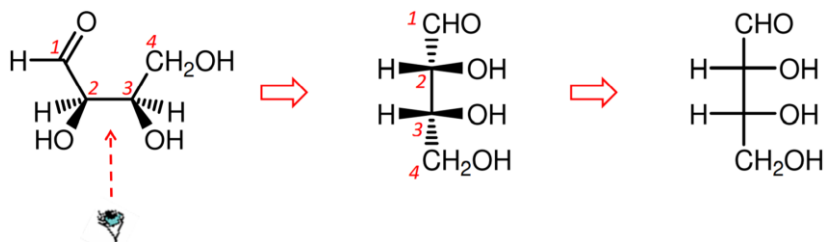
Les liaisons issues des deux atomes de carbone C2 et C3 sont **projetées sur un plan perpendiculaire à l'axe de la liaison étudiée**. Le carbone le plus proche (ici c'est C2) est un **point**, et le plus éloigné (ici C3) est un **cercle**. (On aurait aussi pu regarder dans le même axe mais en mettant C3 devant et C2 derrière, la représentation de Newman aurait alors changé)



3) La représentation de Fischer

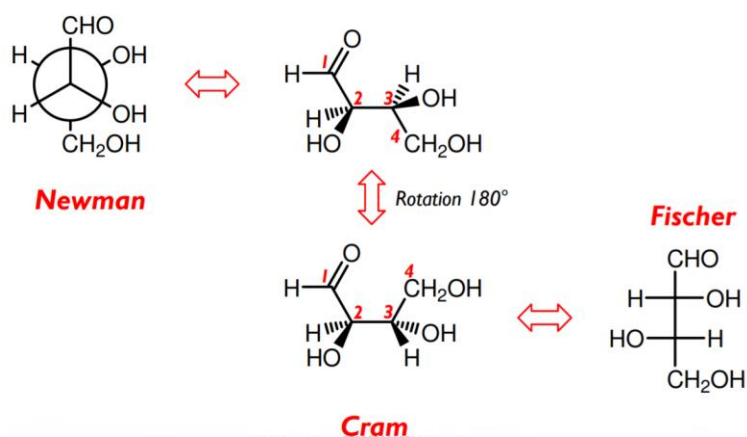
Elle est surtout utilisée en biochimie pour décrire les acides aminés et sucres.

La **chaîne carbonée principale** de la molécule est représentée verticalement et linéairement, tandis que ses **substituants** sont disposés horizontalement.



La fonction la plus oxydée sera placée en haut. On se place comme si l'on regardait **sous** la molécule, les liaisons **verticales** seront en arrière du plan et les liaisons **horizontales** seront en avant du plan. Par convention, l'atome de carbone ayant le plus petit indice sera placé en haut.

⚠ Il est important de savoir passer d'une représentation à l'autre : +++



III- Nomenclature

La nomenclature des composés chimiques donne un nom rationnel aux molécules. Elle obéit à des règles qui permettent aux chimistes de nommer sans ambiguïté n'importe quelle molécule. Elle est édictée et mise à jour périodiquement par l'**IUPAC** (International Union of Pure and Applied Chemistry) dans un souci d'améliorer la communication entre chimistes. 😊

~ Les règles pour établir le nom d'une molécule ~

- I.** On détermine les fonctions chimiques et on en déduit la **fonction principale** → elle deviendra le suffixe de la molécule ;
- II.** On trouve la **chaîne carbonée la plus longue**, ses **insaturations** (=doubles ou triples liaisons) et ses **substituants** (=groupements reliés à la chaîne carbonée) ;
 ⚠ Les halogènes (Fluor F, Chlore Cl, Brome Br, Iode I...) sont **toujours** considérés comme des **substituants** +++
- III.** On numérote les fonctions chimiques secondaires, insaturations, substituants de sorte que les numéros soient les plus petits possibles ;
- IV.** Pour les insaturations : Dans le nom de l'hydrocarbure correspondant à la chaîne carbonée principale, on remplace « -an » par « **-èn** » pour un **alcène** ou par « **-yn** » pour un **alcyne** ;
- V.** On établit le nom final de la molécule selon le schéma suivant en donnant les préfixes dans l'ordre alphabétique :

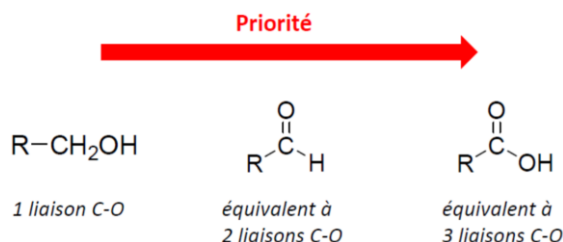
Préfixes	Squelette	Insaturations	Suffixe
fonctions secondaires, ramifications de chaîne, et substituants	Chaîne la plus longue qui porte la fonction principale (hydrocarbure parent)	Doubles ou triples liaisons présentes sur la chaîne principale	Fonction chimique principale

Fonction chimique (=groupe fonctionnel): un ensemble de propriétés portées par un atome ou un groupe structuré d'atomes (acide, base...).

Les fonctions chimiques sont classées dans ce tableau **de la plus prioritaire à la moins prioritaire**.
Celles soulignées en rouge sont à connaître impérativement, le prof pose de nombreuses questions dessus au concours, qui ne sont pas compliquées +++ Il faudra aussi **savoir nommer les molécules que le prof vous présentera**. Vous devez aussi savoir reconnaître la fonction acide sulfonique, le prof peut la donner en QCM.

Classe	Formule	Préfixe	Suffixe
Acides carboxyliques		Carboxy-	Acide ...oïque Acide ...carboxylique
Acides sulfoniques		Sulfo-	Acide ...sulfonique
Sels d'acides		-	...oate de métal ...carboxylate de métal
Anhydrides d'acides		-	Anhydride ...oïque
Esters		Alkoxycarbonyl-	...oate d'alkyle ...carboxylate d'alkyle
Halogénures d'acyle		Halogénocarbonyl-	Halogénure de ...oyle Halogénures de ...carbonyle
Amides		Carbamoyl-	...amide ...carboxamide
Nitriles	$R-C\equiv N$	Cyano-	...nitrile ...carbonitrile
Aldéhydes (Thio-)		Formyl- ou Oxo-	-al ...carboxaldéhyde
Cétones (Thio-)		Oxo-	-one (-thione)
Alcools	$R-OH$	Hydroxy-	-ol
Phénols		Hydroxy-	-ol
Thiols	$R-SH$	Sulfanyl-	-thiol
Amines	$R-NH_2$ $R-NH-R'$ $R-NR_2$	Amino-	-amine (chaînes 2 ^{aires} en préfixes) : N-alkyl-
Imines		Imino-	-imine
Ethers - (ép)oxydes	$R-O-R'$	Alkoxy- Époxy-	Éther (oxyde) de R et de R'
Sulfures (épi-)	$R-S-R'$	Alkylthio- (épi-)	Sulfure de R et de R'
(Hydro)péroxydes	$R-OOR'$ $R-OOH$	(Hydro)péroxy-	(Hydro)péroxyde de R et de R'

Plus la fonction est **oxygénée**, plus elle est **prioritaire**. On peut relier cette règle empirique à l'état d'oxydation du carbone, voire à son hybridation : $sp > sp^2 > sp^3$



Les hydrocarbures sont importants à connaître car l'« hydrocarbure parent » va servir à nommer la chaîne principale d'une molécule. *Par exemple : si on a une chaîne principale de 6 carbones, on se basera sur l'hexane (C6) pour nommer la molécule.*

Quand la formule brute correspond à C_nH_{2n+2} on a un hydrocarbure saturé (= un alcane).

Hydrocarbure	Formule	Préfixe	Hydrocarbure	Formule	Préfixe
Méthane	CH ₃ -	Méthyl-	Heptane	C7	Heptyl-
Ethane	CH ₃ CH ₂ -	Ethyl-	Octane	C8	Octyl-
Propane		Propyl-	Nonane	C9	Nonyl-
Butane		Butyl-	Cyclohexane		Cyclohexyl-
Pentane		Pentyl-	Benzene		Phényl-
Hexane	C6	hexyl-	Naphatène		Naphtyl-

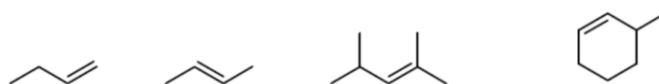
⚠ Si le substituant est un **benzène** on utilisera bien le préfixe **Phényl-** pour le nommer et non pas Benzyl-.
 Le tableau est à apprendre !

Les insaturations correspondent aux **double ou triples liaisons** rencontrées dans le squelette carboné de la molécule. Une double liaison est un **alcène**, une triple un **alcyne**. On mettra alors :

- « -èn » pour un **alcène**
- « -yn » pour un **alcyne**

entre le **nom de la chaîne carbonée** et le **suffixe**.

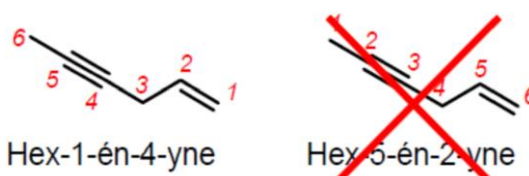
Double liaison entre 2 atomes de carbone ⇒ **alcène**



Triple liaison entre 2 atomes de carbone ⇒ **alcyne**



⚠ **Attention :** en cas de double et triple liaison, la **double** liaison aura le **plus petit numéro**. Le nom final de la molécule finira donc par « -yne » -> **La double liaison est prioritaire sur la triple liaison !**



~ Vocabulaire associé à la nomenclature

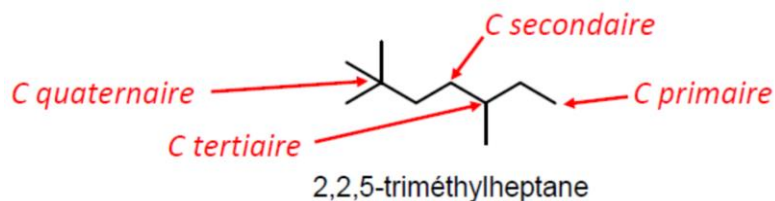
1) Classe du carbone

Un carbone est dit **nullaire** s'il n'est lié à **aucun** groupement alkyle (**ex:** méthane) ;

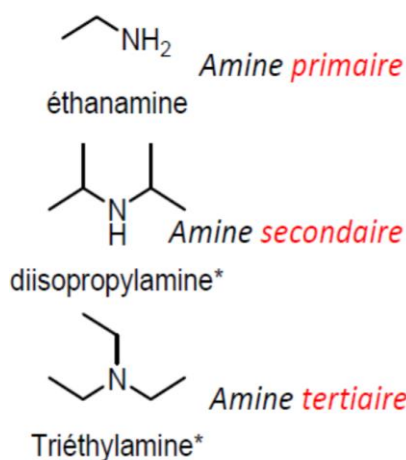
Un carbone est dit **primaire** s'il est lié à **un autre** groupement alkyle ;

Un carbone est dit **secondaire** s'il est lié à **deux autres** groupements alkyles ;

Un carbone est dit **tertiaire** s'il est lié à **trois autres** groupements alkyles ;



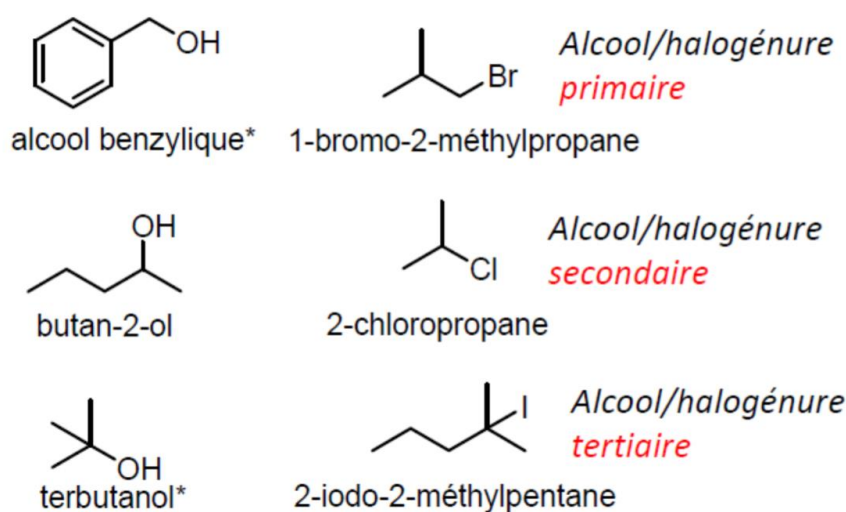
2) Classe des amines



Comme le carbone, sa classe est fonction du **nombre d'alkyles qui lui sont accrochés** (**ex:** substitué par **un alkyle**, on a une amine **primaire**)

3) Classe des halogènes & alcools

Leur classe correspond à la classe du **carbone qui les porte** (**ex:** un **alcool primaire** sera porté par un **carbone primaire** c'est à dire un carbone lui-même lié à **un seul** groupement alkyle.)



C'est fini !

😊 Dédi' à Théow chez qui j'ai fait la quasi-totalité de cette fiche, à Brandon qui l'aura en avant-première, à mes coloc's de P1 que j'aime, à mes co-tut's Alexsan & Victorganique et nos vieux Tristan, Tad, Lisa & Adrien (rpz la chimie), à Émiliepothèse, Yanousa, Yamitose et tout le reste de la team tutorat, mais surtout, à nos magnifiques t-shirts **émeraude** 😊