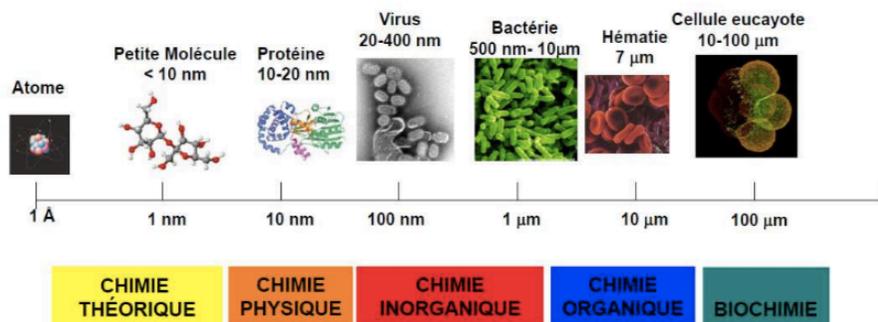


Chimie Orga - Cours 1A : Molécules Organiques

Introduction :

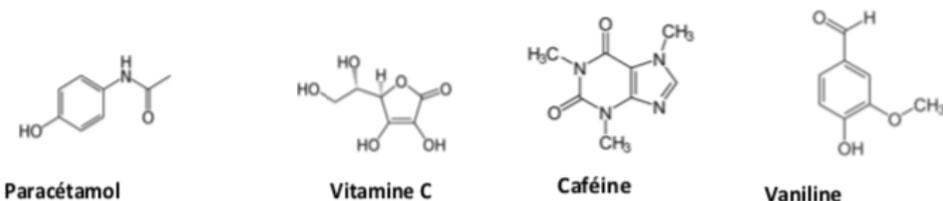
La chimie est « la science de la constitution des divers corps, de leurs transformations et de leurs propriétés » - Petit Robert



La chimie organique est « la chimie du carbone » car les organismes vivants sont majoritairement constitués de Carbone C ; on retrouve aussi l'Hydrogène H, l'Oxygène O, l'Azote N, le Phosphore P et le Soufre S. Tous ces atomes C, H, O, N, P, S représentent 98% de la masse totale de tout organisme vivant.

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

On différencie les substances « organiques » et « minérales ». Les molécules organiques sont les molécules du quotidien :



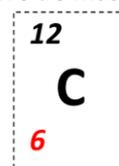
I / Structure du carbone

(Notions abordé en chimie G mais je mets des rappels quand même)

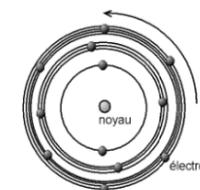
Les **molécules** sont constituées **d'atomes**, eux-mêmes construits grâce à un noyau (fait de nucléons) ainsi que des électrons gravitant tout autour dans des orbitales atomiques.

Une **orbitale atomique** est une région de l'espace où la probabilité de trouver l'électron est importante.

Nombre de masse

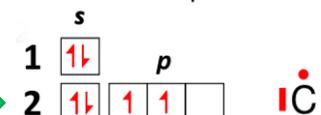


Numéro atomique



Pseudo-modèle de Bohr

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



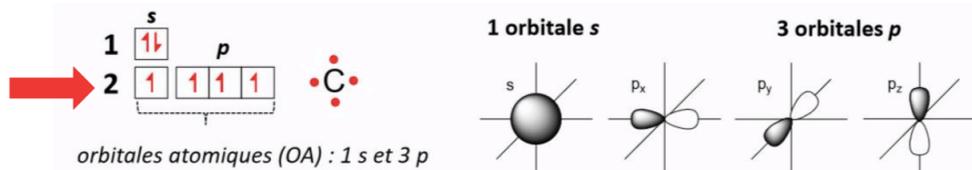
L'atome de **carbone** possède 6 électrons qui gravitent autour de son noyau. Le numéro atomique (Z) est égal aux nombres d'électrons.

Les petites flèches dans les cases représentent les **6 électrons** qui viennent se placer selon cette configuration électronique à l'état fondamental (non-excité) du carbone qui est $1s^2 2s^2 2p^2$ (cf. cours de chimie G).

La chimie organique s'intéresse surtout aux **électrons de valence** (flèche verte) soit $2s^2 2p^2$, les couches internes nous intéressent peu car inaccessibles pour les réactions chimiques.

En théorie d'après les règles abordées en chimie générale, il y a 2 électrons sur l'orbitale 2s et 2 électrons sur l'orbitale 2p, d'où le fait que l'on obtienne un doublet non liant ainsi que deux électrons disponibles pour former des liaisons.

Cependant **en pratique** le carbone forme quatre liaisons d'énergie identique grâce à un passage en **valence secondaire** (regardez le C). Ce processus se traduit par le déplacement d'un des 2 électrons de l'orbitale atomique 2s à l'orbitale atomique 2p. (Regardez la différence entre ce que pointe la **flèche verte** et la **flèche rouge**).



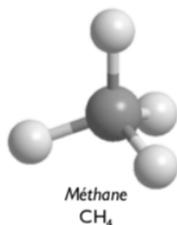
Or les liaisons p et s sont d'énergie différente, il n'est donc pas possible d'avoir 3 liaisons p et 1 s.

Pour équilibrer ces énergies différentes la réhybridation orbitalaire entre en jeu : l'orbitale s et les 3 p fusionnent et deviennent **chacune** une orbitale hybride sp^3 , de même forme et de même énergie.

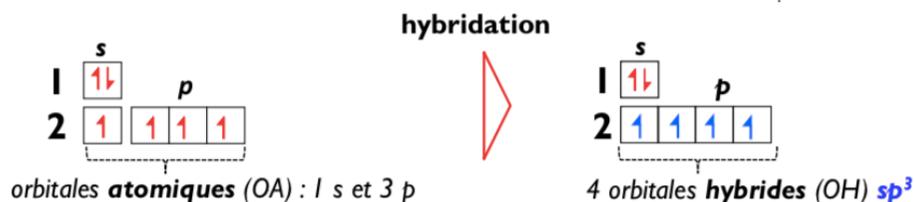
Le carbone possède **plusieurs états d'hybridation** définissant ainsi sa géométrie spatiale et sa réactivité :

Hybridation sp^3 : (celle qu'on vient de voir)

C'est l'hybridation des **alcane**s, elle est reliée à une géométrie tétraédrique ($109,25^\circ$ au centre) avec une VSEPR de type AX4.

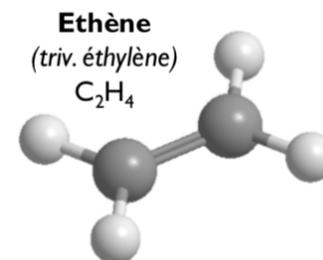


Elle résulte de la fusion des 3 orbitales p et de l'orbitale s et elle permet de former 4 liaisons σ (sigma). On a donc 4 orbitales hybrides sp^3 identiques.



D'autres types d'hybridation sont nécessaires pour expliquer les différentes géométries observées dans les molécules organiques.

Hybridation sp^2 :

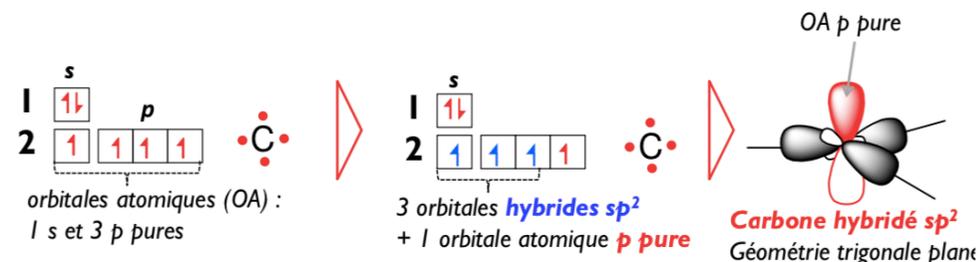


C'est l'hybridation des **alcène**s, elle est reliée à une géométrie trigonal plane (avec un angle au centre 120°) avec un groupe VSEPR AX3. La molécule est complètement plate avec cette hybridation ++.

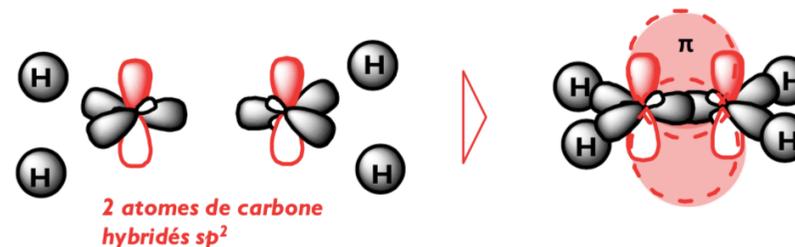
Nécessite 3 directions indifférenciées.

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 (sigma)

Ce qui laisse 1 orbitale atomique p pure -> 1 liaison π , servira dans la formation de double liaison



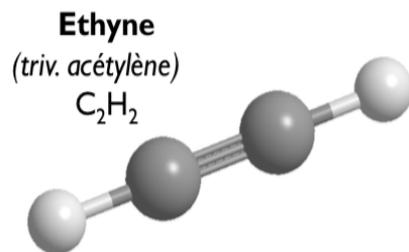
La liaison π va pouvoir former une double liaison par recouvrement latéral sur une liaison σ .



Pour une double liaison on a besoin d'une liaison σ (composée de 2 OH sp^2) et du recouvrement latéral par un système π (composé de 2 OA p pures).

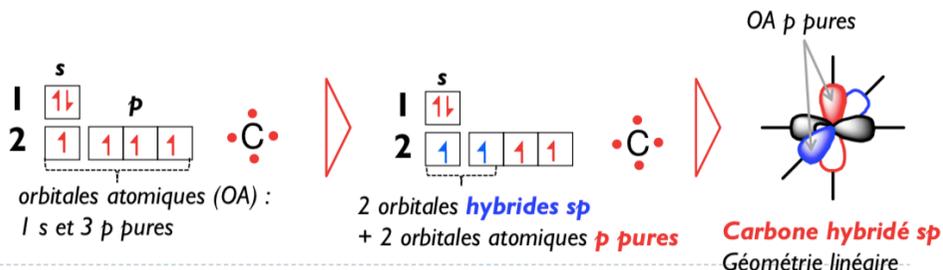
Hybridation sp :

C'est l'hybridation des **alcynes**, elle est reliée à une géométrie linéaire avec un groupe VSEPR de type AX₂. Nécessite 2 directions indifférenciées.



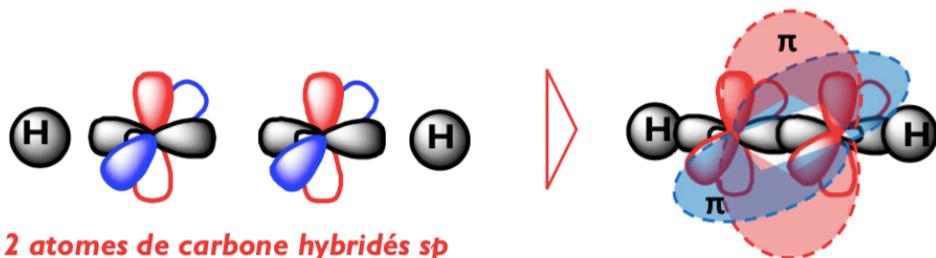
Elle résulte de la fusion de l'orbitale s avec 1 orbitale p , pour faire 2 orbitales hybrides sp . Ce qui forme 2 liaisons σ (sigma).

Ce qui laisse 2 orbitales atomiques p pures, capables de former des systèmes π .



Une triple liaison est donc formée d'1 liaison simple σ et de 2 systèmes π .

Attention : les liaisons π et σ ne sont pas du tout équivalentes entre elles, ni en forme, ni en énergie, ni en propriétés ++



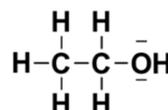
Ces hybridations vont nous suivre tout au long du cours ; stéréochimies absolues (C sp^3) ou relatives (C sp^2).

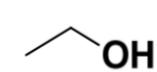
II / Représentations

Une molécule simple comme l'éthanol peut être représentée de nombreuses façons :

C_2H_6O La formule brute : elle donne la composition élémentaire

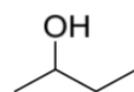
CH_3CH_2OH La formule semi-développée : elle fait apparaître le squelette carboné et les fonctions chimiques

 La formule développée plane : elle fait apparaître toutes les liaisons et on peut matérialiser les doublets non liants (= représentation de Lewis)

 La formule topologique : le squelette carboné apparaît sous forme d'une ligne brisée, et seuls les liaisons hydrogènes (=liaisons H) fonctionnels sont matérialisés.

Les représentations ci-dessus sont dites « planes », cependant les molécules ne sont pas vraiment plates mais en 3D et on a donc pour cela des représentations dites « spatiales ». Les molécules ne sont pas des objets statiques mais dynamiques !

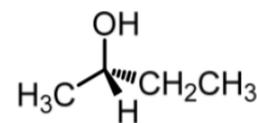
Représentation de Cram ou du « Coint volant » :



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

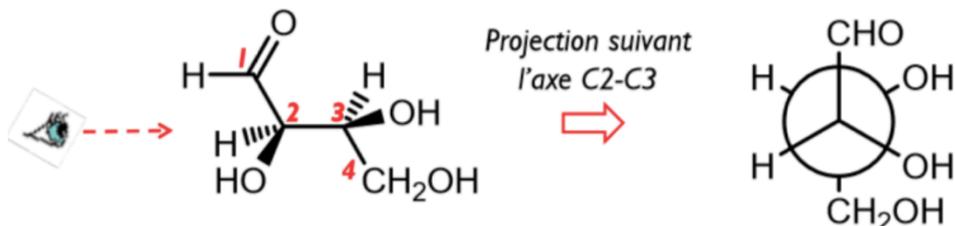
Fonctionnement : le C est en position centrale, on a

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



Projection de Newman :

La molécule est regardée dans l'axe de la liaison entre deux atomes de carbone voisins.

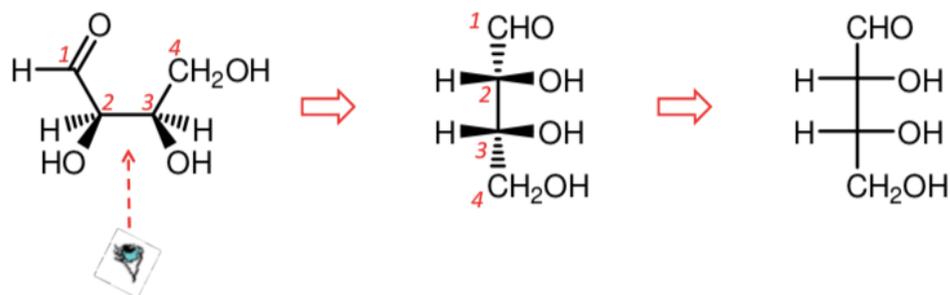


Les liaisons issues des deux atomes (C2 et C3) sont projetées sur un plan perpendiculaire à l'axe de la liaison étudiée.

Le carbone le plus proche (C2 ici) est un point, et le plus éloigné (C3 ici) est un cercle. (On aurait très bien pu regarder dans le même axe mais en mettant C3 devant et la représentation de Newman aurait alors changé)

Représentation de Fischer :

Surtout utilisé en biochimie (pour les acides aminés et sucres notamment).



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 sous la molécule, les liaisons verticales seront en arrière du plan et les liaisons horizontales seront en avant du plan.

Important : Apprenez à passer d'une représentation à l'autre +++

III/ Nomenclature

La nomenclature chimique donne un nom rationnel aux molécules. La nomenclature des composés organiques obéit à des règles qui permettent aux chimistes de nommer sans ambiguïté toute 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...

Pour établir le nom d'une molécule, il faut :

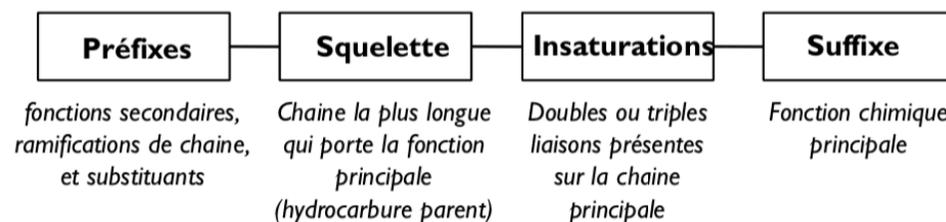
I. Déterminer les fonctions chimiques et en déduire la fonction principale qui deviendra le suffixe de la molécule

II. Trouver la chaîne carbonée **la plus longue**, ses insaturations et ses substituants **NB :** Les halogènes (Fluor F, Chlore Cl, Brome Br, Iode I) sont toujours considérés comme des substituants+++

III. Numéroté fonctions chimiques secondaires, insaturations, substituants de sorte que les numéros soient les plus petits possibles

IV. On place les insaturations entre l'hydrocarbure parent et le suffixe en remplaçant -an- par -en- ou -yn-

V. Établir le nom final selon le schéma suivant en donnant les préfixes dans l'ordre alphabétique

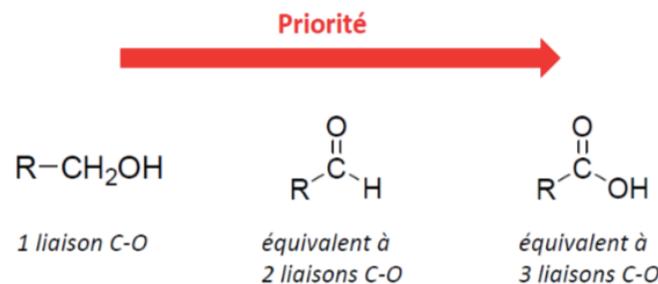


Fonction chimique (=groupe fonctionnel) : un ensemble de propriétés portés par un atome ou un groupe structuré d'atomes (acide, base..).

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		Alkoxy-carbonyl-	...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		Amino-	-amine (chaînes 2 ^{aires} en préfixes) : N-alkyl-
Imines	$R_2C=N-R'$	Imino-	-imine
Ethers - (ép)oxydes		Alkoxy- Époxy-	Éther (oxyde) de R et de R'
Sulfures (epi-)		Alkylthio- (épthio-)	Sulfure de R et de R'
(Hydro)péroxydes	$R-OOR'$ $R-OOH$	(Hydro)péroxy-	(Hydro)péroxyde de R et de R'

La **flèche rouge** indique les fonctions **de la moins à la plus prioritaire**.
 Les fonctions encadrées sont à connaître impérativement et font l'objet de nombreuses questions au concours +++
 Vous devrez savoir nommer les molécules que le prof vous présentera +++
 Et vous devez également savoir reconnaître la fonction acide sulfonique.

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

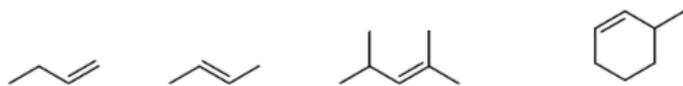
Hydrocarbure	Formule	Préfixe	Hydrocarbure	Formule	Préfixe
Méthane	CH_3-	Méthyl-	Heptane	C7	Heptyl-
Ethane	CH_3CH_2-	Ethyl-	Octane	C8	Octyl-
Propane		Propyl-	Nonane	C9	Nonyl-
Butane		Butyl-	Cyclohexane		Cyclohexyl-
Pentane		Pentyl-	Benzene		Phényl-
Hexane	C6	hexyl-	Naphatène		Naphtyl-

Tableau également à connaître ++

Attention : Si le substituant est un benzène on utilisera bien le préfixe Phényl- pour le nommer et non pas Benzyl-

Les insaturations correspondent aux **doubles ou triples liaisons** rencontrées dans le squelette carboné de la molécule. Une double liaison est un alcène, une triple un alcyne. On mettra alors respectivement -èn- ou -yn- entre le nom de la chaîne carbonée et le suffixe.

Double liaison entre 2 atomes de carbone \Rightarrow **alcène**

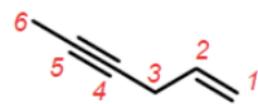


Triple liaison entre 2 atomes de carbone \Rightarrow **alcyne**

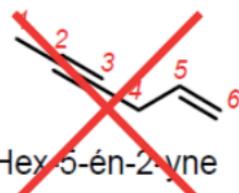


Attention : en cas de double et triple liaison, la double liaison aura le plus petit numéro. Le nom final de la molécule finira donc par -yne

-> **La double liaison est prioritaire sur la triple liaison +++**



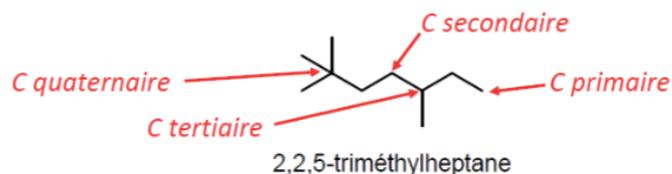
Hex-1-én-4-yne



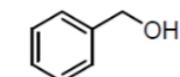
~~Hex-5-én-2-yne~~

Classe du C :

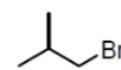
- o Un C est dit **nullaire** s'il n'est lié à aucun groupement alkyle (ex: méthane)
- o Un C est dit **primaire** s'il est lié à un autre groupement alkyle
- o Un C est dit **secondaire** s'il est lié à deux autres groupements alkyles
- o Un C est dit **tertiaire** s'il est lié à trois autres groupements alkyles



Idem pour les amines : sa classe est fonction du nombre d'alkyles qui lui sont accrochés (ex: substitué par un alkyle, on a une amine primaire)

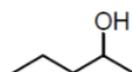


alcool benzylique*



1-bromo-2-méthylpropane

Alcool/halogénure
primaire

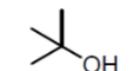


butan-2-ol

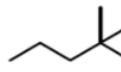


2-chloropropane

Alcool/halogénure
secondaire

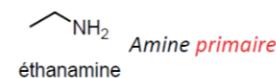


terbutanol*

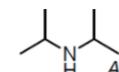


2-iodo-2-méthylpentane

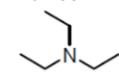
Alcool/halogénure
tertiaire



éthanamine



diisopropylamine*



Triéthylamine*

Amine **primaire**

Amine **secondaire**

Amine **tertiaire**

Halogènes et alcools : leur classe correspond à la classe du C qui les porte (un alcool primaire sera porté par un C primaire)

Dédicaces : À vous tous pour avoir le courage d'affronter la PACES !

Dédi à ma team P1 de l'an dernier : Océane, Théo, Aurélie, Lucille, Marine, Louise, Nadia, Mathilde, Nicolas, Ryan, Greg, Eva et Caro -> mes piliers en P1, merci les gars !

À mes chers Hugolgi, Slalom et RobinHood mes mentors

À mon fillot Diego qui va tout niquer (je leak le num bientôt)

À mes anciens parrains Emma et Enzo merci pour tout <3

Aux anciens tuteurs des 2 dernières années c'est grâce à vous tout ça !

À mon ancien coloc Tom le charo

À mes vieux d'orga Camille et Hugo, hâte de la passation

À mes doublants trop chauds Inès M, Arthur M, Victoria A, Isidora C et Mathilde C. À mon triplant préf Quentin de Montargis (l'unique bebou)

À la team SJA Sarah et Margot les meilleures kinés dans le cœur

À mon co-tut Tad, avec qui on va se battre jusqu'au bout pour vous !

À tous les nouveaux tuteurs, hâte de voir ce que l'avenir nous réserve...

Et bien sûr à votre fantastique tutrice d'histo Emma, qui a eu le courage de relire de l'orga pour vous et qui doit sûrement caresser des caribous ou des grizzlys en ce moment même.