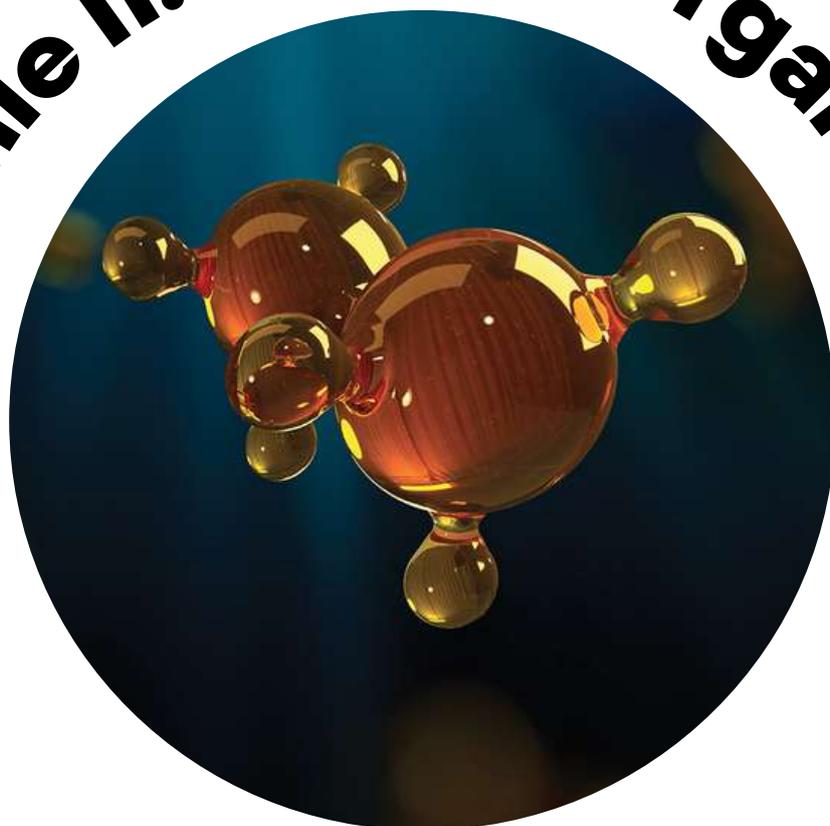


Chimie II: Chimie Organique



SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



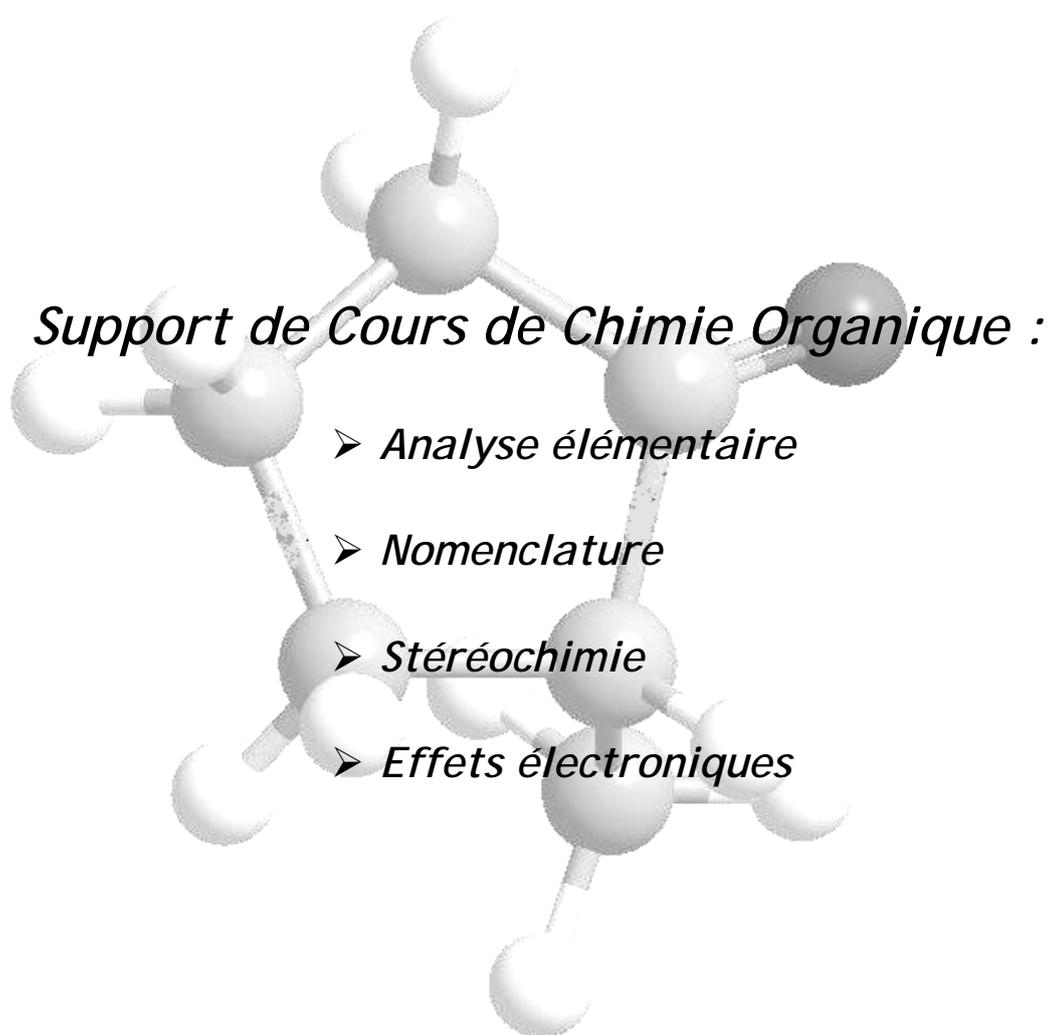
Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Filière SVI / Semestre 2

Module: Chimie II /Physique II



Par : N. BARKA

Année universitaire : 2008/2009

AVANT PROPOS

Ce support de cours de chimie organique est destiné aux étudiants inscrits dans le module « *Chimie II /Physique* » du deuxième semestre, de la Filière SVI.

Il n'est qu'un complément de cours. Il ne pourra, en aucune façon, dispenser l'étudiant de sa présence en cours.

La partie de réactivité en chimie organique sera exposée directement au tableau

TABLE DE MATIERES

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I. QU'EST CE QUE LA CHIMIE ORGANIQUE ?	1
II. DECOUVERTE DE LA SYNTHÈSE.	1
III. DEFINITION CONTEMPORAINE DE LA CHIMIE ORGANIQUE	2
IV. PARTICULARITES DE L'ATOME DE CARBONE	2
V. OBJECTIFS DE LA CHIMIE ORGANIQUE.....	3

CHAPITRE II : ANALYSE ELEMENTAIRE

I. INTRODUCTION	4
II. ANALYSE ELEMENTAIRE QUALITATIVE.....	4
II.1. Carbone et hydrogène.....	4
II.2. L'azote.....	4
II.3. Les halogènes	4
II.4. Le soufre.....	4
III. ANALYSE ELEMENTAIRE QUANTITATIVE	5
IV. DETERMINATION DE LA FORMULE BRUTE.....	6
V. DETERMINATION DE LA MASSE MOLAIRES.....	7
V.1. Méthode cryoscopique	7
V.2. Mesure de densité gazeuse	7
V.3. L'électrophorèse dénaturante sur support solide.....	7
V.4. Spectrométrie de masse	8
VI. REGLE DE VALENCE.....	8
VII. DEGRE D'INSATURATION	8

CHAPITRE III : NOMENCLATURE ORGANIQUE

I. LES ALCANES.....	9
I.1. Groupes univalents dérivant d'un alcane linéaire (Notion de radical).....	10
I.2. Alcanes Ramifiés	10
I.3. Cycloalkanes.....	12
I.4. Composés avec Groupement Fonctionnel monovalent.....	13
a. Groupes à Préfixes : Les halogénoalcanes	13
b. Les Ethers - Oxydes.....	13
II. HYDROCARBURES INSATURES LINEAIRES	14
II.1. Les alcènes.....	14
II.2. Les alcynes	14
II.3. Composés comportant des doubles et des triples liaisons	14
III. COMPOSÉS COMPORTANT PLUSIEURS FONCTIONS (POLYFONCTIONNELS).....	15
III.1. Amines	15
III.2. Les alcools.....	15
III.3. Les Cétones	16
III.4. Les Aldéhydes	16
III.5. Les Amides.....	17
III.6. Les acides carboxyliques.....	18
III.7. Les esters.....	18
IV. COMPOSÉS AROMATIQUES (BENZÈNE)	19

CHAPITRE IV : STEREO-ISOMERIE ET ANALYSE CONFORMATIONNELLE

I. ISOMERIE.....	20
I.1. Définition	20
I.2. Isomérisation de constitution.....	20
a. Isomérisation de fonction	20
b. Isomérisation de position	20
c. Isomères de chaîne	20
II. REPRESENTATION DES MOLECULES DANS L'ESPACE.....	20
II.1. Représentation en perspective	20
II.2. Représentation de Newman	21
III. STEREOISOMERIE.....	21
III.1. Définition	21
III.2. Notion d'isomères de conformation.....	21
III.3. Etude conformationnelle des composés acycliques (éthane, butane)	22
a. Conformations de l'éthane.	22
b. Conformations du butane.	23
III.4. Etude conformationnelle des composés cycliques (cas du cyclohexane)	23

CHAPITRE V : CONFIGURATION

I. REGLES SEQUENTIELLES DE CAHN, INGOLD ET PRELOG	26
II. APPLICATIONS DE LA REGLE CIP	28
II.1. Détermination des configurations (E/Z).....	28
II.2. Détermination de la configuration R/S du carbone asymétrique)	29

CHAPITRE VI : ISOMERIE OPTIQUE

I. ACTIVITE OPTIQUE.....	30
II. CHIRALITE ET ENANTIOMERIE.....	31
II.1. Chiralité	31
II.2. énantiomérisation	31
a. Définition.....	31
b. Types de composés optiquement actifs.....	32
c. Représentation plane. Projection de Fischer	33
d. Molécules contenant plusieurs atomes de carbones asymétriques :.....	33
e. Cas de molécules symétriquement substituées.....	35
f. Configurations absolues D, L	35

CHAPITRE VII : EFFETS ELECTRONIQUES

I. POLARISATION DES LIAISONS.....	37
II. EFFET INDUCTIF.....	37
II.1. Substituants à effet -I :	37
II.2. Substituants à effet +I.....	38
II.3. Moments dipolaires :	38
II.4. L'aptitude de la liaison à subir cette polarisation :	38
III. CONSEQUENCE DE L'EFFET INDUCTIF SUR LES FORCES DES ACIDES.....	38
IV. DELOCALISATION DES ELECTRONS π :	39
V. EFFET MESOMERE.....	41

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

Plus que toute autre science, la chimie organique a son rôle dans notre vie de tous les jours. Presque toutes les réactions qui ont eu lieu dans la matière vivante mettent en jeu des substances organiques et il est impossible de comprendre la vie, tout au moins du point de vue physique, sans connaître la chimie organique.

Les principaux constituants de la matière vivante : protéines, hydrates de carbone, lipides, (corps gras), acides nucléiques (ADN, ARN), membranes cellulaires, enzymes, hormones, etc., sont organiques. Leurs structures sont complexes et, pour les comprendre, il faut d'abord examiner des molécules plus simples.

On se trouve quotidiennement en contact avec d'autres substances organiques telles que l'essence, l'huile et les pneus de nos automobiles, le bois de nos meubles et le papier de nos livres, nos vêtements, nos médicaments, nos sacs de plastique, nos films photographiques, nos parfums, nos tapis, etc.

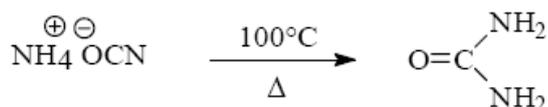
Bref, la chimie organique est plus qu'une branche de la science pour le chimiste ou pour le médecin, le dentiste, le vétérinaire, le pharmacien, l'infirmière ou l'agriculteur. Elle fait partie de notre culture technologique.

I. QU'EST CE QUE LA CHIMIE ORGANIQUE ?

Jusqu'à la fin du 18^{ème} siècle, les chimistes utilisaient le terme chimie organique pour qualifier l'étude des composés issus des organismes vivants (animal et végétal). Ils se contentaient de réaliser des extractions, des purifications et des « analyses » des substances du règne végétal et animal.

Ils croyaient que ces composés sont dotés d'une force vitale qui les fait différencier d'autres dits inorganiques. Donc convaincus par l'impossibilité de reproduire ces substances organiques au laboratoire à partir de leurs éléments simples (C, H, O, N.....etc.)

II. DECOUVERTE DE LA SYNTHÈSE.

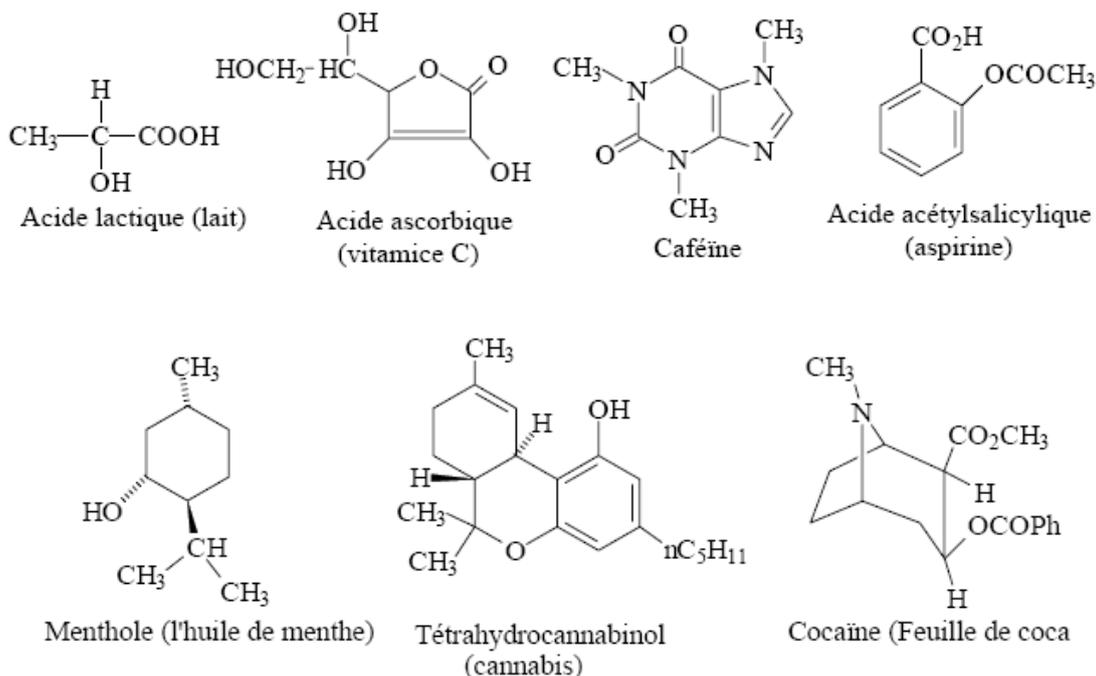


Quelques années plus tard fut réalisée la synthèse de l'acide acétique CH_3COOH , mais ce sont les travaux de **MERCELIN BERTHELOT** qui détruisirent définitivement le mythe de la force vitale. Entre **1850** et **1865** ce savant réalisa au laboratoire de nombreuses synthèses en particulier celle du méthane CH_4 , de l'acétylène C_2H_2 , et du benzène C_6H_6 . Il prépara à partir des hydrocarbures l'éthanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, l'acide acétique CH_3COOH , le méthanol CH_3OH .

On accepte à partir de cette époque le principe suivant:

« Il est donc possible de synthétiser chimiquement n'importe quel corps organique, aussi compliqué qu'il soit produit par les organismes vivants »

Le temps n'a fait que confirmer ce principe, un grand nombre de molécules organiques d'origine vivante et parmi elles de très complexes ont pu être reproduites par synthèse aux laboratoires. A nos jours nous comptons plusieurs millions de composés organiques synthétisés.

Exemples :**III. DEFINITION CONTEMPORAINE DE LA CHIMIE ORGANIQUE**

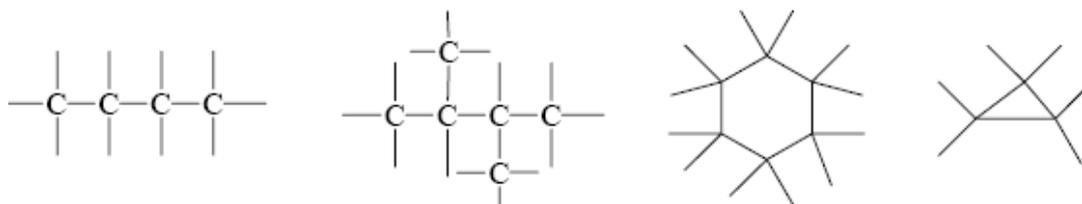
La caractéristique essentielle différenciant les composés organiques c'est qu'ils contiennent tous l'élément carbone comme constituant principal. La chimie organique est par conséquent l'étude des composés de carbone qu'ils soient issus d'organismes vivants ou synthétisés aux laboratoires, à l'exception de quelques combinaisons simples considérées traditionnellement comme produits minéraux (CO_2 , CO , CO_3^{2-} , CN^- et carbure). Elle est dite aussi la chimie de carbone.

IV. PARTICULARITES DE L'ATOME DE CARBONE

L'atome de carbone situé au milieu de la première période du bloc P du tableau périodique, ne s'ionise pas, mais donne lieu à la formation des liaisons covalentes particulièrement stables aux basses et moyennes températures.

Le carbone possède une configuration électronique $1s^2 2s^2 2p^2$ et donc quatre électrons sur sa couche de valence. Ceci dit la possibilité de former jusqu'à quatre liaisons covalentes pour compléter sa couche externe à huit électrons (**règle de l'octet**).

Les atomes de carbones sont capables de se lier entre eux pour former des chaînes linéaires, ramifiées et cycliques, simples et complexes allant depuis le méthane jusqu'à l'ADN.



Le carbone forme des liaisons stables avec d'autres atomes H, N, O,etc.

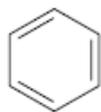


Ethanol

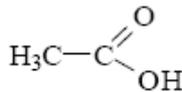


Ethanamine

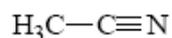
Le carbone forme des liaisons multiples avec lui même, l'oxygène, l'azote,etc.



Benzène



Acide acétique



Acétonitrile



Acétylène

V. OBJECTIFS DE LA CHIMIE ORGANIQUE

Les objectifs généraux de la chimie organique se sont développés autour des deux axes suivants :

Axe à aspect fondamental :

Cet axe a pour but d'approfondir les connaissances théoriques (mécanismes réactionnels, relation entre structure moléculaire et propriété chimique).

Développer des méthodes de synthèse dans le but d'élaborer des molécules organiques nouvelles.

Extraire des composés naturels et établir leur structure.

Axe à aspect appliqué :

Trouver des produits et des matériaux organiques nouveaux susceptibles d'avoir des applications dans divers domaines notamment :

- Hydrocarbures
- Pharmaceutique
- Matière plastique et caoutchouc synthétique
- Fibres synthétiques (nylon, tergal,.....)
- Détergents
- Peinture, Vernis, collesetc.
- Insecticides, Fongicides, Herbicides.
- Colorants, Parfums,.....etc.

CHAPITRE II : ANALYSE ELEMENTAIRE

I. INTRODUCTION

Un composé organique est formé essentiellement de carbone et d'hydrogène. Il peut dans plusieurs cas contenir d'autres éléments appelés hétéroatomes tel que l'oxygène, l'azote, le soufre, le phosphore, les halogènes, les métaux,....etc.

La détermination des formules moléculaires et les structures correspondantes fait partie des objectifs de la chimie organique. Elle commence tout d'abord par les étapes suivantes :

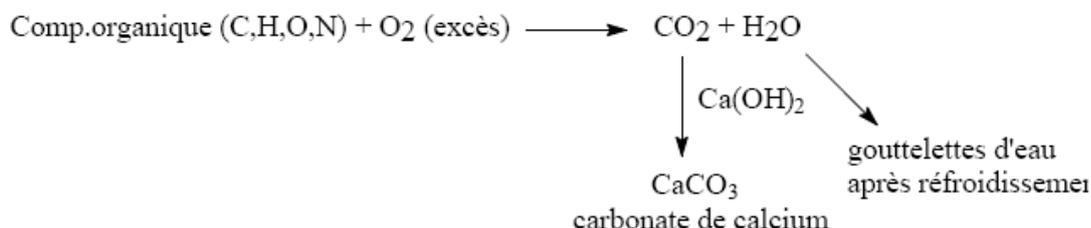
- 1- La purification du produit organique obtenu par synthèse chimique ou par extraction d'un organisme végétal ou animal. (Chercher les différentes techniques de purification)
- 2- L'analyse élémentaire qualitative et quantitative du composé organique.

II. ANALYSE ELEMENTAIRE QUALITATIVE

Elle permet de déterminer la nature des corps simples qui participent à la formation du composé organique (C, H, O, N, S, Cl, Br, I, Fe,.....etc.).

II.1. Carbone et hydrogène

Ils sont déterminés par combustion complète du corps organique. Le carbone sous forme de dioxyde de carbone CO_2 qui une fois barboté dans une solution d'hydroxyde de calcium il la transforme en solution de carbonate de calcium (détectée par sa couleur), et l'hydrogène sous forme de gouttelettes de l'eau H_2O après refroidissement du mélange gazeux.



II.2. L'azote

-Conversion en ammoniac NH_3 (méthode de KJEDHAL)

-Conversion en azote moléculaire (méthode de DUMAS)

II.3. Les halogènes

-Sont détectés par minéralisation en ion halogénures et dosages classiques gravimétrique et électrochimique.

- Test de BEILSTEIN (fil de cuivre à chaud placé dans la flamme se colore en vert en présence d'un halogène).

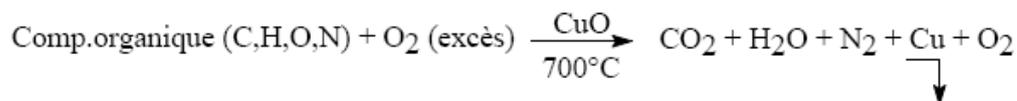
II.4. Le soufre

Conversion en sulfate.

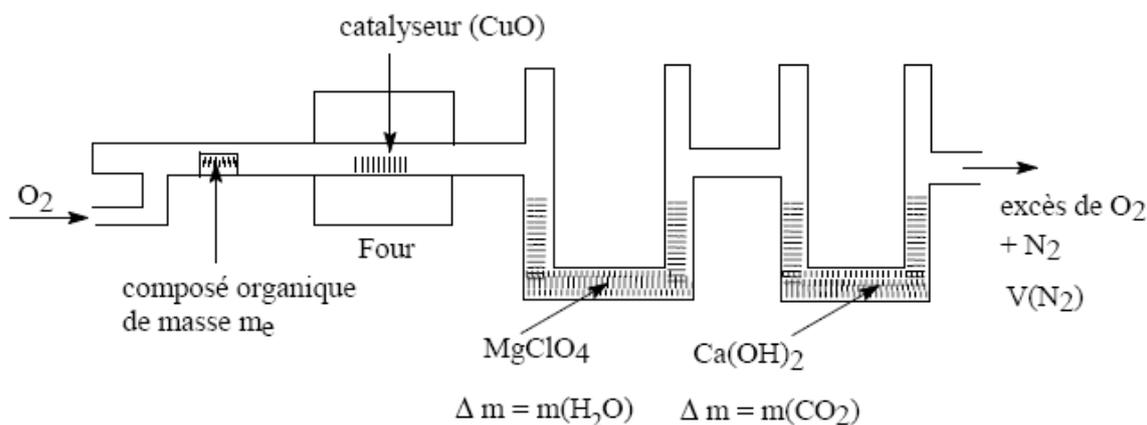
Actuellement, la diversité et la précision des méthodes d'analyse permettent toutes les mesures pour autant que la quantité relative de l'élément soit détectable.

III. ANALYSE ELEMENTAIRE QUANTITATIVE

Elle permet de déterminer les différents pourcentages des éléments simples qui forment le corps organique. La technique est dite combustion contrôlée ou méthode de LIEBIG (1823)



Dispositif expérimental :



Les résultats de l'expérience :

L'eau et le gaz carbonique sont fixés dans des filtres préalablement tarés ce qui permet de mesurer leur masse à la fin de l'expérience. Et l'azote est mesuré en volume.

$m(\text{CO}_2)$, $m(\text{H}_2\text{O})$ et $V(\text{N}_2)$ permettent le calcul des différents pourcentages.

$$\%C = \frac{mC}{m_e} \cdot 100 = \frac{m\text{CO}_2 \cdot M_C}{M_{\text{CO}_2} \cdot m_e} \cdot 100$$

$$\%H = \frac{mH}{m_e} \cdot 100 = \frac{m\text{H}_2\text{O} \cdot 2M_H}{M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot m_e} \cdot 100$$

$$\%N = \frac{mN}{m_e} \cdot 100 = \frac{V_{\text{N}_2} \cdot M_{\text{N}_2}}{V_M \cdot m_e} \cdot 100$$

$$\%O = 100 - \%C - \%H - \%N$$

Si la masse moléculaire du composé organique est connue (calculable), on peut facilement déterminer la formule moléculaire du produit organique en question.

Formule moléculaire $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z\text{O}_t$

La masse molaire $M = 12x + y + 14z + 16t$ en prenant les masses molaires des constituants $M(\text{C}) = 12$, $M(\text{H}) = 1$, $M(\text{N}) = 14$ et $M(\text{O}) = 16$.

Les indices x , y , z et t sont aisément calculables à partir des équations suivantes :

$$12x = \frac{\%C \cdot M}{100} \quad \text{et} \quad x = \frac{\%C \cdot M}{1200}$$

$$y = \frac{\%H \cdot M}{100} \quad \text{et} \quad y = \frac{\%H \cdot M}{100}$$

$$14z = \frac{\%N \cdot M}{100} \quad \text{et} \quad z = \frac{\%N \cdot M}{1400}$$

$$16t = \frac{\%O \cdot M}{100} \quad \text{et} \quad t = \frac{\%O \cdot M}{1600}$$

D'ou la loi de PROUST

$$\frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{14z}{\%N} = \frac{16t}{\%O} = \frac{M}{100}$$

Il est fréquent que la masse molaire soit inconnue, et même non mesurable. Ce qui fait que les équations établies à partir des compositions pondérales donnent un système indéterminé. Dans ce cas on peut établir à partir des pourcentages une formule brute à une indétermination près.

Formule moléculaire = n (Formule brute) avec n= un entier naturel non nul (n=1, 2,3...etc.)

IV. DETERMINATION DE LA FORMULE BRUTE

Le pourcentage de chaque élément est proportionnel à la masse de cet élément dans 100g du composé organique. Le rapport de chacun de ces pourcentages par la masse molaire de l'élément considéré, est un nombre proportionnel au nombre d'atome de chacun des éléments dans 100g de produit organique. Mais ces nombres ne sont pas nécessairement des entiers, si on les divise ou on les multiplie par un même nombre on ne change pas la proportion de chacun des éléments. Si on prend par exemple comme diviseur le plus petit d'entre eux, on obtient au moins un nombre entier égal à 1.

$$x = \frac{\%C}{M_C}; \quad y = \frac{\%H}{M_H}; \quad z = \frac{\%N}{M_N}; \quad t = \frac{\%O}{M_O}$$

Si on suppose que le plus petit indice soit t, la formule brute est donnée comme suit

$C_{x/t} H_{y/t} N_{z/t} O_1$ et les valeurs x/t, y/t, et z/t sont majorées de façon qu'elles soient toutes des entiers.

Exemple:

L'analyse élémentaire d'un composé organique donne les résultats suivants :

$\%C = 49,31; \%H = 9,59; \%N = 19,17$ et $\%O = 21,92$ donner sa formule brute.

$\%C/12 = 4,11; \%H/1 = 9,59; \%N/14 = 1,37$ et $\%O/16 = 1,37$

On divise toutes les valeurs par 1,37 et on obtient la formule brute C_3H_7NO

La détermination de la formule moléculaire exige la connaissance de la masse molaire (M).

V. DETERMINATION DE LA MASSE MOLLAIRE

V.1. Méthode cryoscopique

Cette technique expérimentale utilisée pour des produits organiques solides ou liquides se base sur le principe suivant: Le point de congélation d'une solution diluée du produit organique est légèrement bas de celui du solvant pur. Cet abaissement de température de congélation est lié à la masse molaire du composé organique par la loi de RAOULT.

$$\Delta T = T_0 - T = K \cdot \frac{m_c}{m_s} \cdot \frac{1}{M}$$

LOI DE RAOULT

K = constante cryoscopique liée au solvant

m_c = masse du composé organique

m_s = masse du solvant

V.2. Mesure de densité gazeuse

Si le composé organique est gazeux, on peut calculer sa masse molaire à partir de sa densité par rapport à l'air.

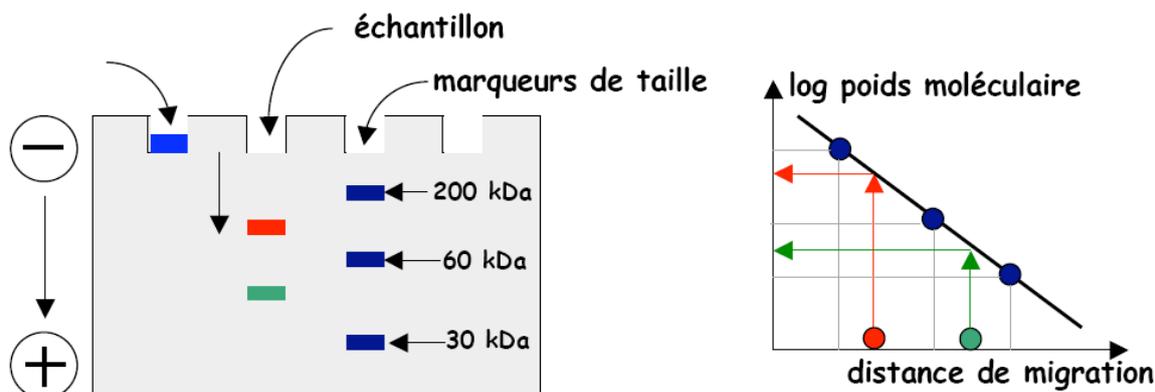
$$d = \frac{\rho_{\text{comp}}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{M_c/V_{\text{mol}}}{M_{\text{air}}/V_{\text{mol}}} = \frac{M_c}{M_{\text{air}}} = \frac{M_c}{29}$$

V.3. L'électrophorèse dénaturante sur support solide

Cette technique sépare les acides aminés et les protéines selon leur charge électrique.

La migration électrophorétique des protéines est inversement proportionnelle à leur taille moléculaire et dépendra du support solide dans lequel se réalisera la séparation (exemple : support acrylamide pour séparer des protéines de 10 à 20 kDa). Le milieu d'électrophorèse peut contenir un détergent (SDS : sodium dodécyl sulfate : interagit avec les chaînes latérales hydrophobes des acides aminés) et les protéines peuvent subir un traitement par le β -mercaptoéthanol (coupe les ponts disulfures) suivi d'un chauffage à 100°C. Ces traitements permettront une dénaturation complète des protéines et on obtient un rapport du nombre de charges négatives pratiquement constant pour toutes les protéines. La mobilité électrophorétique d'une protéine peut être calculée en divisant la valeur de sa migration lors d'une électrophorèse par celle obtenue par une petite protéine référence. La mobilité électrophorétique μ est fonction du logarithme de la masse moléculaire :

$\mu = f(\log M)$. En portant sur un graphique μ de protéines de masse moléculaires connues en fonction de leur masse moléculaire on pourra déterminer celle-ci pour une protéine quelconque.



V.4. Spectrométrie de masse

Cette technique relativement récente se base sur l'ionisation du produit organique à l'état gazeux soit par bombardement électronique ou ionisation chimique. La détection de l'ion moléculaire permettra le calcul de la masse molaire avec une grande précision.

VI. REGLE DE VALENCE

Soit un composé organique de formule brute $C_xH_yN_zO_t$. Pour que cette formule soit possible, il faut que les deux conditions suivantes soient vérifiées :

$$y + z = \text{un nombre pair}$$

$$y \leq 2x + 2 + z$$

x = nombre d'atomes tétravalents (C, Si, Ge, Sn, Pb...etc.)

y = nombre d'atomes monovalents (H, Li, Na, Cl, Br, I, ...etc.)

z = nombre d'atomes trivalents (N, B, Al, Ga, As, Bi,...etc.)

Les atomes divalents comme l'oxygène, le soufre...etc. n'interviennent pas dans ces équations

Exemples:

1) $C_6H_{11}ION_2$ est une formule possible car

$$12 + 2 = 14 \text{ est un nombre pair}$$

$$12 < 14 + 2$$

2) $C_6H_{14}Cl_2O_2N$ est une formule impossible car

$$y+z = 17 \text{ n'est pas pair}$$

VII. DEGRE D'INSATURATION

Le degré d'insaturation d'une molécule représente le nombre d'insaturations présentent dans cette molécule. Une insaturation peut être une double liaison, une triple liaison ou un cycle.

Pour une formule brute $C_xH_yN_zO_t$ le degré d'insaturation est donné par la formule suivante :

$$dI = x - y/2 + z/2 + 1$$

Les atomes divalents n'interviennent pas dans le calcul du degré d'insaturation.

Si le $dI = 1$ l'insaturation peut être une double liaison ou un cycle

Si le $dI = 2$ l'insaturation peut être une triple liaison, deux doubles liaisons, une double liaison et un cycle ou deux cycles.

Exemple : Le degré d'insaturation de la formule $C_6H_{11}ION_2$:

$$dI = 6 - (11/2 + 1/2) + 2/2 + 1 = 2 \text{ donc deux insaturations.}$$

CHAPITRE III : NOMENCLATURE ORGANIQUE

L'atome de carbone peut donner quatre liaisons avec les autres atomes; en se liant entre eux les atomes de carbone donnent des molécules stables qui possèdent des chaînes carbonées de longueur variable. L'étude de ces composés constitue la chimie Organique. Pour nommer les molécules, il est nécessaire de connaître les règles adoptées par l'union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC). Cette nomenclature universelle, est donc un grand outil pour les chimistes partout dans le monde.

Le nom systématique d'un composé organique comprend en général trois parties:

PREFIXE-----UNITE STRUCTURALE FONDAMENTALE-----SUFFIXE

La partie Préfixe regroupe tous les substituants classés par ordre alphabétique et portant chacun l'indice de son emplacement.

La partie Unité Structurale Fondamentale (USF) indique le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne principale la plus longue et qui contient le groupement fonctionnel (Suffixe).

La partie Suffixe désigne la fonction principale présente sur l'Unité Structurale Fondamentale.

Le tableau suivant indique les termes utilisés pour nommer USF :

Nombre d'Atomes de Carbone	USF	Nombre d'Atomes de Carbone	USF
1	méth	10	déc
2	éth	11	undéc
3	prop	12	dodéc
4	but	13	tridéc
5	pent	14	tetradéc
6	hex	15	pentadéc
7	hept	20	iecos
8	oct	21	heneicos
9	non	22	docos

I. LES ALCANES

Dans cette famille le suffixe est « ane ». Toutes les liaisons sont simples et chaque carbone est lié 4 fois à d'autres atomes de carbone ou d'hydrogène. La molécule la plus simple est constituée d'un atome de carbone lié à 4 atomes d'hydrogène. Le nom de ce composé (CH_4) est obtenu en prenant l'USF du nom pour un atome de carbone (méth) et le nom de la famille (-ane) pour donner *méthane*.

Noms des alcanes dans la nomenclature UIPAC.			
1	CH ₄		méthane
2	C ₂ H ₆		éthane
3	C ₃ H ₈		propane
4	C ₄ H ₁₀		butane
5	C ₅ H ₁₂		pentane
6	C ₆ H ₁₄		hexane
7	C ₇ H ₁₆		heptane
8	C ₈ H ₁₈		octane
9	C ₉ H ₂₀		nonane
10	C ₁₀ H ₂₂		décane

I.1. Groupes univalents dérivant d'un alcane linéaire (Notion de radical)

Un groupe (on dit aussi groupement ou radical) univalent dérivant d'un alcane linéaire est formellement obtenu par enlèvement d'un atome d'hydrogène sur un atome de carbone terminal. Le nom du groupe est obtenu en remplaçant la terminaison **ane** de l'alcane correspondant par **yle**. Le nom générique des groupes univalents dérivant d'un alcane est groupe alkyle. L'atome de carbone possédant la valence libre, c'est à dire celui qui a formellement perdu un atome d'hydrogène, porte toujours le numéro 1 à l'intérieur du groupe.

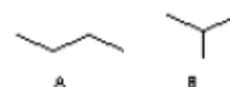
1	CH ₃	méthyle
2	C ₂ H ₅	éthyle
3	C ₃ H ₇	Propyle ou isopropyle

I.2. Alcanes Ramifiés

Etant donné que l'atome de carbone échange quatre liaisons avec les autres atomes, il est possible, qu'il existe dans la chaîne carbonée, un atome de carbone lié au moins à 3 autres atomes de carbone. Un tel alcane est dit ramifier.

- 1) carbone primaire (I), un atome de carbone lié à un seul autre atome de carbone, dans ce cas il est évident qu'il se trouve en bout de chaîne.
- 2) carbone secondaire (II), un atome de carbone lié à deux autres atomes de carbone.
- 3) carbone tertiaire (III), un atome de carbone lié à trois autres atomes de carbone.

La possibilité d'avoir le même nombre et le même type d'atomes liés de manière différente est appelée **isomérie** : des isomères sont des composés qui ont la même formule brute mais des arrangements atomiques différents.



Le premier alcane qui a des isomères est le butane avec 2 isomères:

L'isomère A qui a 4 atomes de C est donc le butane. L'isomère B a 3 atomes de carbone dans sa chaîne et un quatrième atome de carbone relié à celui du milieu.

Pour appeler ce composé, la nomenclature UICPA impose les règles suivantes :

1. Déterminer la chaîne la plus longue dite *chaîne principale* qui fournit le nom de l'alcane de base, pour B *propane* car trois atomes de carbone.
2. Numéroter cette chaîne à partir d'une extrémité de telle façon que l'indice *i* du carbone porteur de la ramification soit minimal.

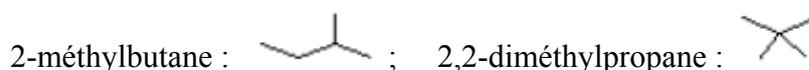
En cas d'identité d'indice, dans les deux sens de parcours de la chaîne, on compare le second substituant ; etc.

3. Nommer la ramification

- en utilisant le nom de la racine de la plus longue chaîne carbonée dans la ramification (pour B *meth* car un seul carbone)
- en ajoutant *i-yl* où *i* est l'indice de position

Si plusieurs chaînes latérales sont présentes, elles sont énoncées dans l'ordre alphabétique. Le nom des groupes est alors séparé par un tiret, le dernier étant, lui, accolé au nom de la chaîne principale.

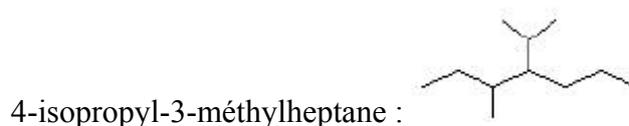
Les trois isomères du pentane sont appelés :



- La présence de plusieurs groupements non ramifiés identiques est indiquée par un préfixe multiplicatif : di (2), tri (3), tétra (4), penta (5), hexa (6), etc. Ce préfixe n'est pas pris en compte pour déterminer l'ordre alphabétique des substituant.
- Les numéros des atomes de carbone de la chaîne principale qui portent ces groupes sont indiqués dans l'ordre croissant, séparés par une virgule, l'ensemble étant mis entre tirets

Nom des chaînes ramifiées		
Nombre de carbone dans les chaînes ramifiées	Nom	Représentation topologique
3	isopropyl	
4	sec-butyl	
4	isobutyl	
4	tert-butyl	

Bien que non autorisées par la nomenclature, on rencontre fréquemment les abréviations Ir et tert respectivement pour les groupes isopropyle et tert-butyle.



En nomenclature officielle le groupe isopropyl a pour nom le (1-méthyléthyl) ; d'où la règle la plus générale : quand un substituant situé en position i porte lui aussi des substituants, alors on numérote la chaîne de ce substituant à partir du premier carbone lié à USF. Le nom d'un tel substituant est mis entre crochet précédé d'un tiret et de son indice i . Son classement par ordre alphabétique dépend de la première lettre après le crochet.

I.3. Cycloalkanes

Les alcanes dont la chaîne carbonée principale est fermée sur elle-même en formant un cycle sont appelés **cycloalkanes**.

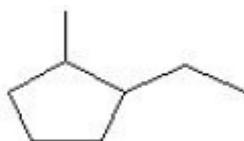
Par rapport à un alcane, la formule brute présente une seule insaturation : deux atomes d'hydrogène manquants pour former la liaison C - C fermant le cycle. Les cyclanes ne possèdent donc que des C tétraédriques.

Formule générale : cycloalkanes, un cycle C_nH_{2n}

Si la chaîne carbonée du cycle est la chaîne principale, alors pour les nommer on utilise le préfixe **cyclo** suivi du nom de l'alcane linéaire de même nombre de C.

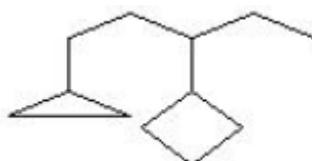
Cycloalkanes Non-substitués.

Formule	Nom	Formule Topologique	Formule	Nom	Formule Topologique
C_3H_6	cyclopropane		C_5H_{10}	cyclopentane	
C_4H_8	cyclobutane		C_6H_{12}	cyclohexane	



1-éthyl-2-méthylcyclopentane

Quand la chaîne carbonée du cycle n'est pas la chaîne principale, le cycle forme une ramification. Si i est l'indice de cette ramification (i minimum) le nom est constitué par : i -cyclo (racine de l'alcane de même nombre de C que celui du cycle) yl + nom de l'alcane



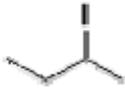
3-cyclobutyl-1-cyclopropylpentane

I.4. Composés avec Groupement Fonctionnel monovalent

a. Groupes à Préfixes : Les halogénoalcane

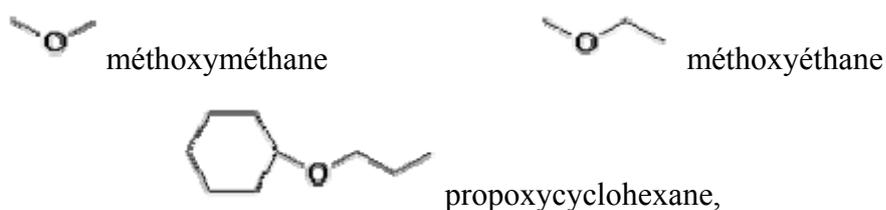
De nombreux groupements fonctionnels sont appelés en utilisant soit un préfixe, soit un suffixe. Toutefois, quelques uns ne sont nommés seulement qu'à partir d'un préfixe, en utilisant les règles précédentes.

Le tableau suivant montre une série de groupements fonctionnels nommés seulement par un préfixe, et le préfixe correspondant

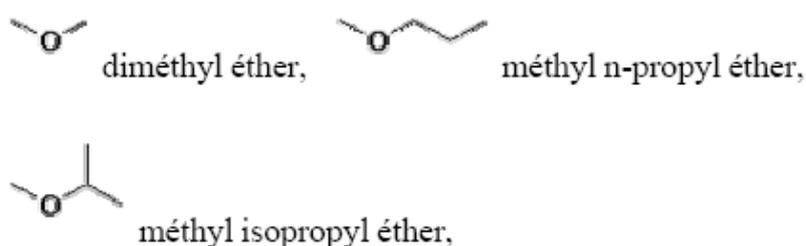
Groupement	Préfixe UICPA	Nom de Famille
F	fluoro	fluoroalcane
Cl	chloro	chloroalcane
Br	bromo	bromoalcane
I	iodo	iodoalcane
	2-Iodobutane	
	Bromocyclohexane	

b. Les Ethers - Oxydes.

Le nom systématique de cette famille de composés est : **alkoxyalcane**: La plus courte des deux chaînes carbonées, avec l'atome d'oxygène, forme le préfixe **alkyl**. La plus longue de deux chaînes donne le nom de l'**alcane**.



Une vieille façon d'appeler les éthers de peu d'atomes de carbone utilise le nom générique : **alkyl alkyl éther** (noter les espaces entre les mots), où les groupes alkyles représentent les deux chaînes carbonées.



II. HYDROCARBURES INSATURES LINEAIRES

Les hydrocarbures insaturés linéaires possèdent une double ou une triple liaison carbone-carbone. Dans chacun des cas, le groupe est appelé en changeant le suffixe ane en **ène** pour la double liaison et en **yne** pour la triple liaison.

II.1. Les alcènes

Ce sont des hydrocarbures éthyléniques de formule brute C_nH_{2n} . Ces composés sont nommés de telle sorte à donner l'indice le plus bas à la double liaison.

Ex: $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ but-1-ène.

S'il y a plusieurs doubles liaisons, le composé est nommé de manière à donner l'indice le plus bas à l'ensemble des doubles liaisons. On ajoutera la lettre « a » à l'USF et le nom sera :

alca-x,y,z,.....-polyène.

Ex: $CH_2=CH-CH=CH-CH_2-CH_2-CH=CH_2$ octa-1,3,7-triène.

II.2. Les alcynes

Ce sont des hydrocarbures acétyléniques de formule brute C_nH_{2n-2} .

Les règles exposées pour nommer les composés éthyléniques sont appliquées pour les alcynes

Structure	Nom UICPA	Structure	Nom UICPA
$HC\equiv CH$	éthyne		pent-1-yne
$CH_3-C\equiv CH$	propyne		hex-1-yne
	but-1-yne		hex-3-yne

S'il y a plus d'une triple liaison, on utilise diyne, triyne, etc pour former le nom:

Structure	Nom UICPA
	oct-2,4-diyne
	2,2,9,9-tétraméthyldec-3,5,7-triyne

II.3. Composés comportant des doubles et des triples liaisons

Lorsque des doubles et des triples liaisons se trouvent simultanément dans la même molécule, la chaîne principale est numérotée de manière à donner les indices les plus petits à l'ensemble des liaisons multiples et en cas de choix aux doubles liaisons. Le suffixe est : « p-én-q-yne ».

Ex: $CH_3-CH=CH-C\equiv CH$ pent-3-én-1-yne.

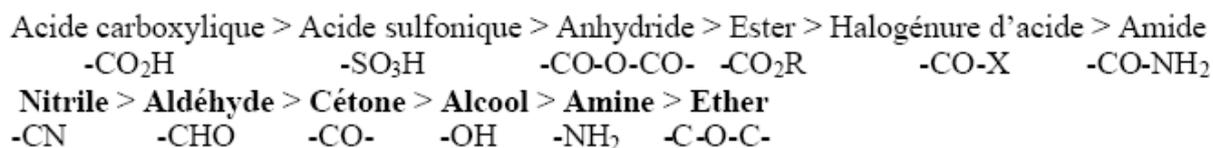
$HC\equiv C-CH=CH-CH=CH_2$ hexa-1,3-dién-5-yne.

III. COMPOSES COMPORTANT PLUSIEURS FONCTIONS (POLYFONCTIONNELS)

Si le composé comporte plusieurs fonctions, on attribut à la fonction principale l'indice le plus bas, les autres fonctions seront considérées comme secondaires (préfixes).

USF prendra dans ce cas les termes suivants: «alcan» ; «alc-i-èn» ; «alc-i-yn» ou «alc-i-èn-j-yn».

L'ordre de priorité des fonctions est le suivant:



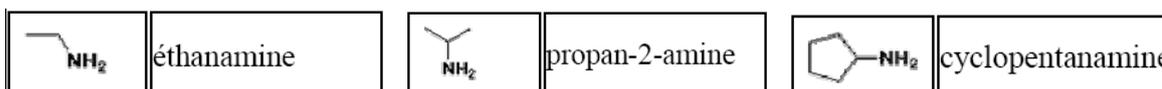
III.1. Amines

Suffixe : -amine

Préfixe : amino

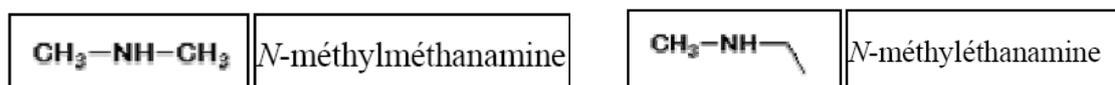
Dans la famille des amines on distingue trois types :

- Les amines primaires



- Amines secondaires

La chaîne la plus longue contenant le groupe - NH donne la racine du nom (alkanamine) qui est précédé du nom du substituant l'indice *N* suivi d'un tiret. L'indice *N* est considéré avoir un poids plus bas qu'un indice numérique, il est donc placé en tête.



- Amines tertiaires

Lorsque qu'une amine tertiaire a deux substituants identiques, son nom est obtenue en faisant précéder le nom de l'amine non substituée du nom d'un des substituants , précédé du préfixe *N,N*-di et suivi d'un tiret. Si les substituants sont différents, son nom est obtenu en faisant précéder le nom de l'amine non substituée du nom des substituants, précédé de l'indice *N*- cités dans l'ordre alphabétique, séparés par un espace le dernier étant suivi d'un tiret.

Structure	Nom UICPA
$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	<i>N,N</i> -diméthyl-méthanamine
$\text{CH}_3\text{-N}$ 	<i>N</i> -éthyl <i>N</i> -méthyl-éthanamine

III.2. Les alcools

On appelle **alcool** tout composé dont le groupement - OH est le groupe principal, à condition que ce dernier ne soit pas porté par un atome de carbone appartenant au cycle d'un composé aromatique.

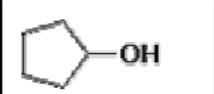
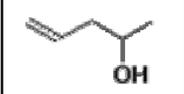
Suffixe : -ol

Préfixe : hydroxy

Les alcools sont nommés en ajoutant le suffixe (-ol), éventuellement précédé d'un préfixe multiplicatif convenable, au nom du composé fondamental obtenu en remplaçant formellement -OH par H. L'élision du e final du composé fondamental est effectuée lorsque c'est nécessaire.

Le composé fondamental est choisi et numéroté selon les règles définies précédemment (plus grand nombre de groupes -OH sur la chaîne principale, puis autres critères de chaîne).

Si un seul groupe -OH est présent, le numéro de l'atome de carbone qui le porte est indiqué, entre tirets, avant le suffixe *ol*. Si plusieurs groupes -OH sont présents, les numéros des atomes de carbone qui les portent sont indiqués, dans l'ordre croissant, séparés par une virgule, l'ensemble étant mis entre tirets, avant le préfixe multiplicatif précédant le suffixe *ol*:

$\text{CH}_3\text{-OH}$	méthanol	$\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	éthane-1,2-diol
	cyclopentanol		pent-4-en-1-ol

III.3. Les Cétones

Les composés contenant un atome d'oxygène doublement lié à un seul atome de carbone, ce dernier étant lié à deux atomes de carbone, sont appelés **cétones**.

Suffixe -one

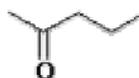
Préfixe oxo

Le nom d'une cétone non cyclique est formé en ajoutant au nom de l'alcane correspondant, obtenu en remplaçant O= par deux atomes d'hydrogène, avec élision éventuelle du *e* final, le suffixe *one* éventuellement précédé d'un préfixe multiplicatif convenable

La numérotation de la chaîne principale est choisie de telle façon que l'ensemble des indices des atomes de carbone portant un atome d'oxygène doublement lié soit le plus bas. Le suffixe *one*, éventuellement muni de son préfixe multiplicatif, est précédé de l'ensemble des indices des atomes de carbone portant un atome d'oxygène doublement lié, séparés par une virgule, l'ensemble étant mis entre tirets.



propanone (acétone)



pentan-2-one

III.4. Les Aldéhydes

Les composés dont le groupe principal est le groupe **-CHO** sont appelés **aldéhydes**

Suffixe -al

Préfixe -Formyl ou -oxo

1. Lorsque le groupe -CHO est le groupe principal d'un composé obtenu par remplacement formel du groupe -CH₃ final d'un hydrocarbure par -CHO, et que celui-ci n'est pas porté par un cycle, l'aldéhyde est nommé en remplaçant le *e* final du nom de l'hydrocarbure correspondant par *al*.
2. La chaîne principale du composé est choisie de telle façon qu'elle contienne le groupe -CHO, puis d'après les critères habituels. L'atome de carbone du groupe -CHO porte toujours le numéro 1.
3. Puisque cet atome est toujours en bout de chaîne, cet indice 1 est omis dans l'appellation.



pentanal, et non pentan-1-al.

	méthanal (ou formaldéhyde)
	3-éthylpentanal
	2-bromohexanal

Lorsque le groupe -CHO est porté par un cycle, le nom de l'aldéhyde est obtenu en ajoutant la terminaison *carbaldéhyde* au nom du composé dans lequel -CHO est remplacé par H

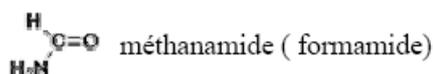
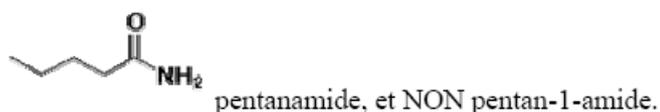
III.5. Les Amides

Les composés dont le groupe principal est le groupe $-\text{CONH}_2$ sont appelés **amides**

Suffixe -amide

Préfixe -carbamoyl

- La fonction **amide** dérive de la fonction acide carboxylique par remplacement formel du groupe hydroxyke -OH par -NH₂.
- Dans ce cas, on parle d'amides **primaires**. Elles sont nommées à partir du nom de l'acide correspondant en supprimant le mot *acide* et en remplaçant la terminaison *ique* ou *oïque* du nom de l'acide par *amide*.
- Dans la famille des amides, le groupement fonctionnel est toujours en fin de chaîne carbonée donc en position 1. Comme pour les aldéhydes, l'indice 1 est omis.



- Lorsqu'un amide primaire est monosubstitué sur l'atome d'azote N (on parle alors d'**amides secondaires**), son nom est obtenu en faisant précéder le nom de l'amide non substitué du nom du substituant précédé du préfixe *N*-et suivi d'un tiret.
- Lorsqu'un amide primaire est di-substitué sur l'atome d'azote par deux substituants (on parle alors d'amides **primaires**) identiques, son nom est obtenu en faisant précéder le nom de l'amide non substitué du nom d'un des substituants précédé du préfixe *N, N*-*di*-et suivi d'un tiret.
- Lorsqu'un amide primaire est di-substitué sur l'atome d'azote par deux substituants différents, son nom est obtenu en faisant précéder le nom de l'amide non substituée du nom des substituants précédé du préfixe *N*- cités dans l'ordre alphabétique, séparés par un espace, le dernier étant suivi d'un tiret.

	<i>N,N</i> -diméthyl-méthanamide (DMF)
	<i>N</i> -éthyl <i>N</i> -méthyl-propanamide

III.6. Les acides carboxyliques

Les composés dont le groupe principal est le groupe -COOH sont appelés **acides carboxyliques**

Suffixe acide-oïque (deux mots)

Préfixe -carboxy

- La chaîne principale de l'hydrocarbure est choisie de telle façon qu'elle contienne le groupe -COOH, puis d'après les critères habituels. L'atome de carbone du groupe -COOH porte toujours le numéro 1; comme pour les aldéhydes et les amides l'indice 1 est omis.



Acide pentanoïque, et NON acide pentan-1-oïque.

	acide méthanoïque (acide formique)
	acide propanoïque
	acide hex-2-énoïque

III.7. Les esters

On appelle **ester** le produit de la déshydratation entre le groupe hydroxyle d'un acide organique et celui d'un alcool : R'-COOR

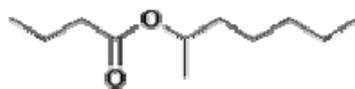
Suffixe -oate de R

Préfixe -R-oxycarbonyl

Les esters ont deux chaînes carbonées séparées par un atome d'oxygène. Les deux chaînes doivent être nommées séparément ; dans la dénomination d'un ester apparaît deux termes : l'un est un **alkanoate**, l'autre un groupe **alkyle**.

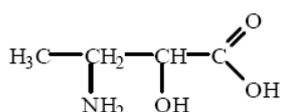
Le nom d'un ester comporte deux termes :

- le premier, avec la terminaison **oate** ou **ate**, désigne la chaîne dite principale provenant de l'acide carboxylique.

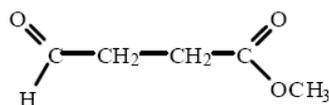


butanoate de méthylhexyle.

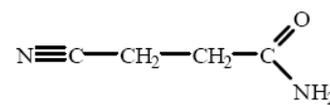
Exemples de composés polyfonctionnels:



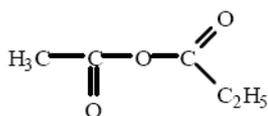
Acide 3-amino-2-hydroxybutanoïque



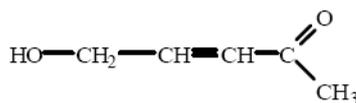
3-formyl propanoate de méthyle
ou 4-oxobutanoate de méthyle



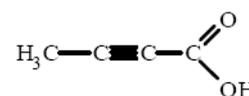
3-cyanopropanamide



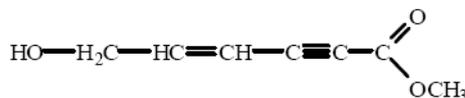
Anhydride éthanoïque et propanoïque



5-hydroxy-pent-3-én-2-one



Acide but-2-ynoïque



6-hydroxy-hex-4-én-2-ynoate de méthyle

IV. COMPOSES AROMATIQUES (BENZENE)

La série "benzénique" ou "aromatiques" comprend tous les composés dont la molécule renferme un ou plusieurs cycles; le plus simple de ces hydrocarbures est le benzène C_6H_6 .

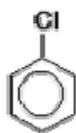
Les dérivés substitués du benzène, constitués par le remplacement d'un ou, plusieurs atomes d'hydrogène du cycle par d'autres atomes ou groupes d'atomes jouissent pour la plupart de la stabilité particulière associée à la présence du noyau benzénique.

- Dérivés du benzène monosubstitués :

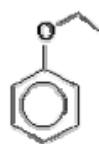
Le nom générique de ces hydrocarbures est **arènes**. Pour les substituants appelés seulement par un préfixe, on attache le préfixe au nom "benzène".



éthylbenzène

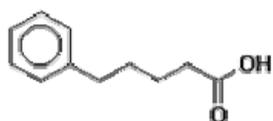


chlorobenzène



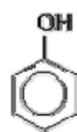
éthoxybenzène

- Le groupe univalent dérivé du benzène, obtenu par enlèvement formel d'un atome d'hydrogène est nommé: **phényle**. L'atome du cycle portant la valence libre porte le numéro 1.

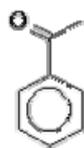


acide 5-phénylpentanoïque

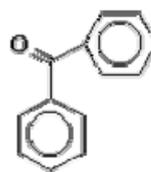
- Beaucoup de dérivés monosubstitués du benzène ont des noms communs qui sont acceptés par la nomenclature UICPA.



Phénol

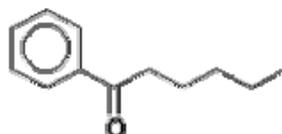


acétophénone



benzophénone

Pour les cétones avec un noyau benzénique, on peut utiliser le préfixe 'phényle' pour nommer le noyau:



1-phénylhexan-1-one



benzaldéhyde

CHAPITRE IV : STEREO-ISOMERIE ET ANALYSE CONFORMATIONNELLE

I. ISOMERIE

I.1. Définition

Deux isomères sont deux composés qui ont la même formule brute mais dont les molécules sont différentes.

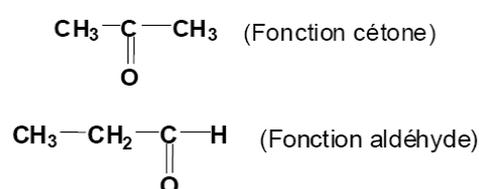
I.2. Isomérisation de constitution

Les isomères de constitution sont des isomères dont les molécules diffèrent par l'ordre ou la nature des liaisons qui relient les atomes entre eux. On distingue trois types d'isomérisation :

a. Isomérisation de fonction

Les isomères diffèrent par la fonction chimique.

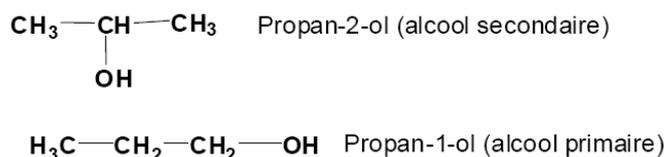
Exemple C_3H_6O :



b. Isomérisation de position

Ces isomères diffèrent par la position de la fonction chimique

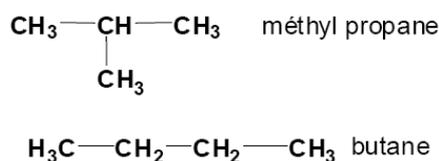
Exemple C_3H_8O :



c. Isomères de chaîne

La disposition des carbones de la chaîne carbonée est différente.

Exemple : C_4H_{10}

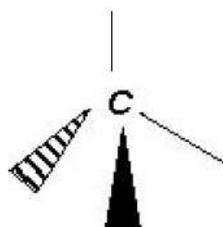


II. REPRESENTATION DES MOLECULES DANS L'ESPACE

En Chimie Organique, bien souvent les atomes de Carbone sont au centre d'un tétraèdre, il convient donc de mettre au point des techniques de représentation de ces molécules.

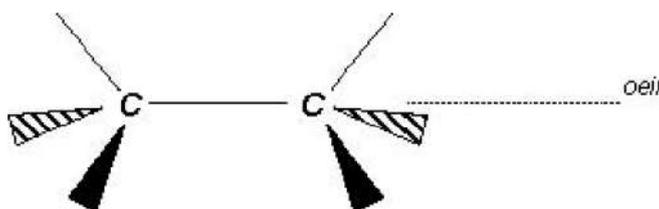
II.1. Représentation en perspective

Parmi les 4 liaisons du carbone, deux sont situées dans le plan de la figure (représentées par un trait), une est située vers l'avant (représentée par un triangle plein), et une dernière située vers l'arrière (représenté par un triangle hachuré).

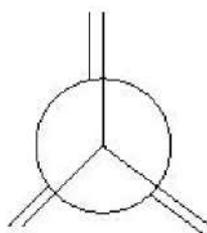


II.2. Représentation de Newman

La molécule est visualisée selon l'axe d'une liaison Carbone – Carbone



Le carbone de devant est représenté par un point et le carbone de derrière par un rond, autrement dit les liaisons du premier carbone partent du centre du cercle, et celle du second partent de l'extérieur du cercle.



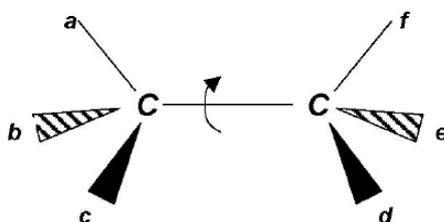
III. STEREOISOMERIE

III.1. Définition

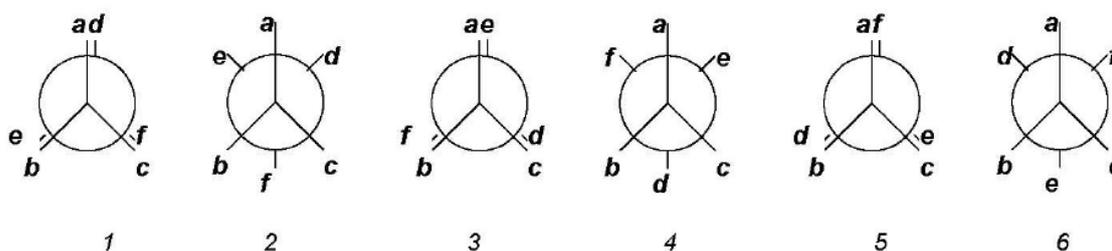
On appelle stéréoisomères, des composés ayant même formule développée plane mais des agencements différents dans l'espace.

III.2. Notion d'isomères de conformation

Autour d'une liaison simple Carbone - Carbone, il y a libre rotation.



Représentations de Newman



Selon les différentes positions des groupements, on parle de conformations. Ces conformations sont comme des clichés de la molécule à des instants particuliers; les atomes étant en perpétuelle rotation.

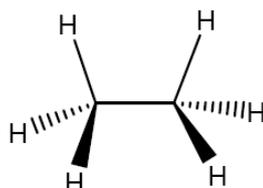
Les conformations 1, 3 et 5 sont appelées conformations éclipsées.

Les conformations 2, 4 et 6 sont appelées conformations décalées.

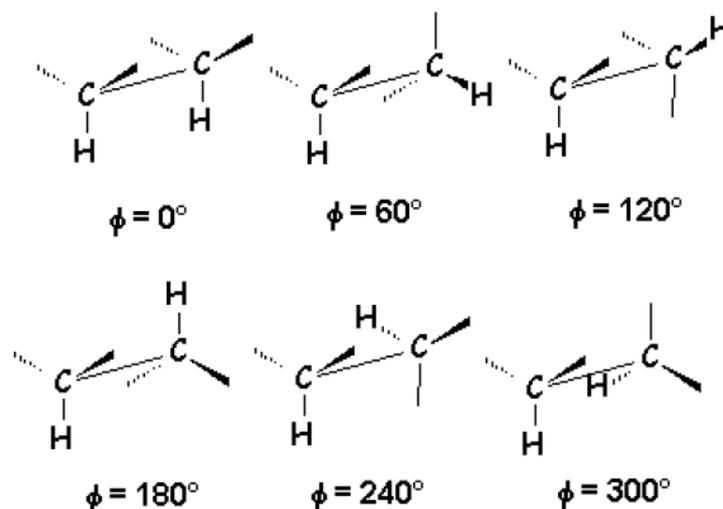
III.3. Etude conformationnelle des composés acycliques (éthane, butane)

a. Conformations de l'éthane.

L'éthane, sous sa conformation éclipsée se présente dans l'espace de la manière suivante :

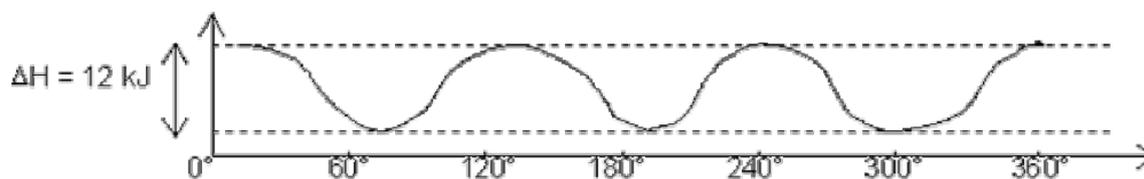


Les conformations ci-après sont obtenues en faisant des rotations de 60°C environ, autour de la liaison C-C (phénomène de libre rotation).



La valeur de l'énergie potentielle de la molécule varie en fonction de l'angle dièdre \mathbf{j} entre deux liaisons C-H prises comme référence. Elle est de l'ordre de 14.2 kJ lorsque les atomes sont en vis-à-vis.

La variation de l'énergie potentielle en fonction de \mathbf{j} est :

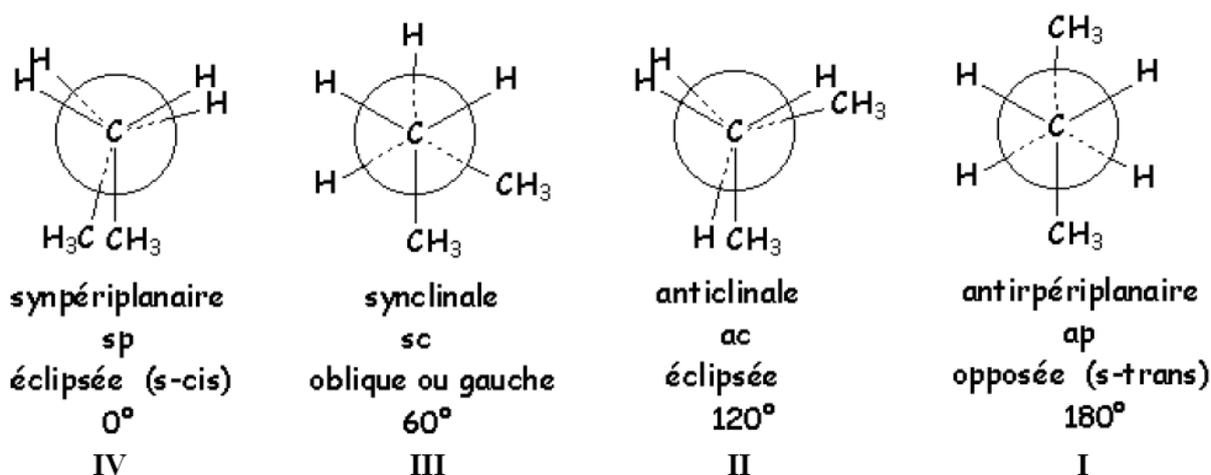


On montre qu'il y a 5 molécules sur 1000 en conformation éclipsée (vis-à-vis). (On a les mêmes conformations pour $\mathbf{j} = 0^\circ, 120^\circ, 240^\circ$ et $\mathbf{j} = 60^\circ, 180^\circ, 300^\circ$, ces trois dernières étant des conformations décalées). Ceci grâce à la relation de BOLTZMANN :

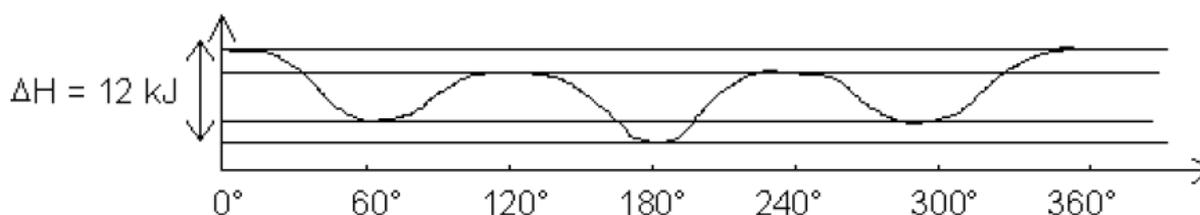
$$\frac{n_d}{n_e} = e^{-\frac{\Delta H}{RT}}$$

b. Conformations du butane.

Il y a quatre conformations remarquables :



Partant du conformère décalé **I** dans lequel les groupes méthyles sont les plus possibles éloignés l'un de l'autre. Cet arrangement est appelé Anti, est le plus stable parce que l'encombrement stérique y est minimal. La rotation de 60° autour de la liaison C₂-C₃, conduit à une conformation éclipsée **II** avec deux interactions CH₃-H. Ce rotamère est de 15.9 kJmol⁻¹ plus énergétique que son précurseur anti. Une rotation supplémentaire mène à une nouvelle structure décalée dite gauche **III**, dans laquelle les deux groupes méthyles sont plus proches qu'ils ne l'étaient dans la conformation anti. En raison de l'encombrement stérique, le conformère gauche est plus énergétique que le conformère anti: la différence est de l'ordre de 3.8 kJmol⁻¹. En tournant encore on arrive à un nouvel arrangement dans lequel les deux méthyles sont éclipsés **IV**. Ce rotamère est le plus énergétique de tous, se situant 18.9 kJmol⁻¹ plus haut dans l'échelle d'énergie que la structure la plus stable, à savoir anti. Une nouvelle rotation produit un autre conformère gauche. L'énergétique de rotation est résumée dans le diagramme d'énergie potentielle suivant :



Le conformère anti, le plus stable, est le plus abondant dans la solution (environ 72% à 25°C). Son isomère conformationnel de type gauche, moins stable, ne représente que 28%.

III.4. Etude conformationnelle des composés cycliques (cas du cyclohexane)

Le cyclohexane existe sous la conformation chaise et la conformation bateau



Mais le schéma ci-dessus représente le cyclohexane sans les atomes d'hydrogène. Pour dessiner un cyclohexane en conformation chaise avec les atomes d'hydrogène, il faut procéder de la façon suivante :

- tracer 2 segments de droite possédant une extrémité en commun



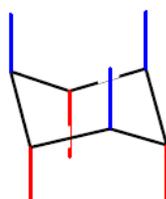
- tracer 2 segments de droite parallèles. L'extrémité d'un des segments de droite doit arriver au même niveau que l'intersection



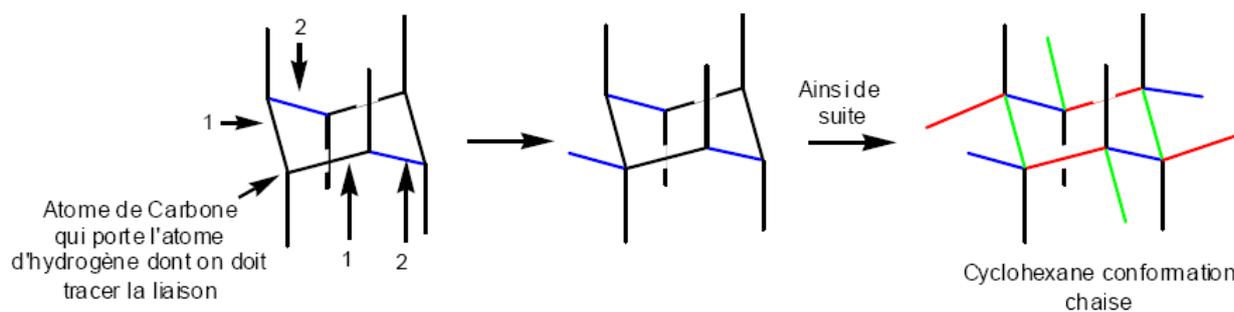
- tracer 2 segments de droite parallèle aux 2 premiers segments de droite tracés.



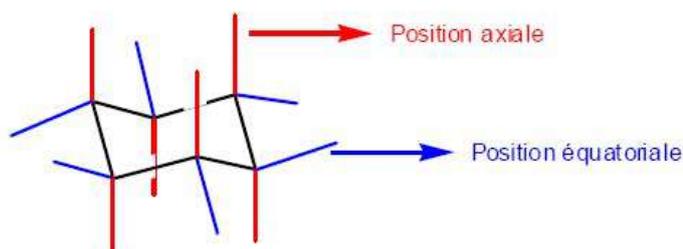
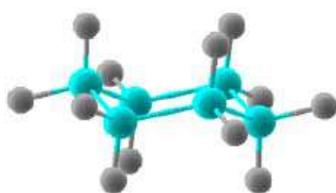
- tracer verticalement et alternées "haut-bas" les liaisons des atomes d'hydrogène.



- tracer les liaisons des atomes d'hydrogène parallèlement à la deuxième liaison à partir du carbone qui porte cet atome d'hydrogène

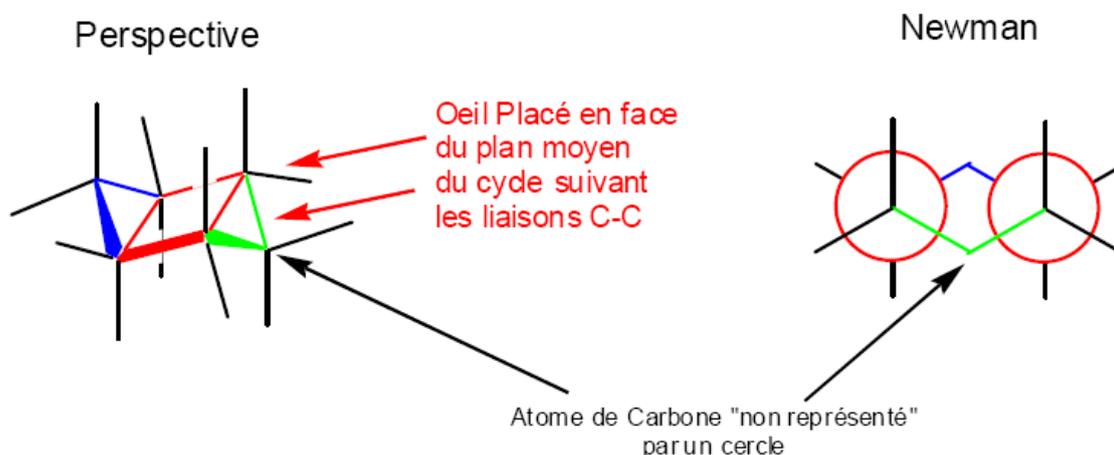


Il est indispensable de savoir que les hydrogènes qui ont été dessinés verticalement sont les atomes d'hydrogène en position dite axiale. Par contre les autres sont en position équatoriale.

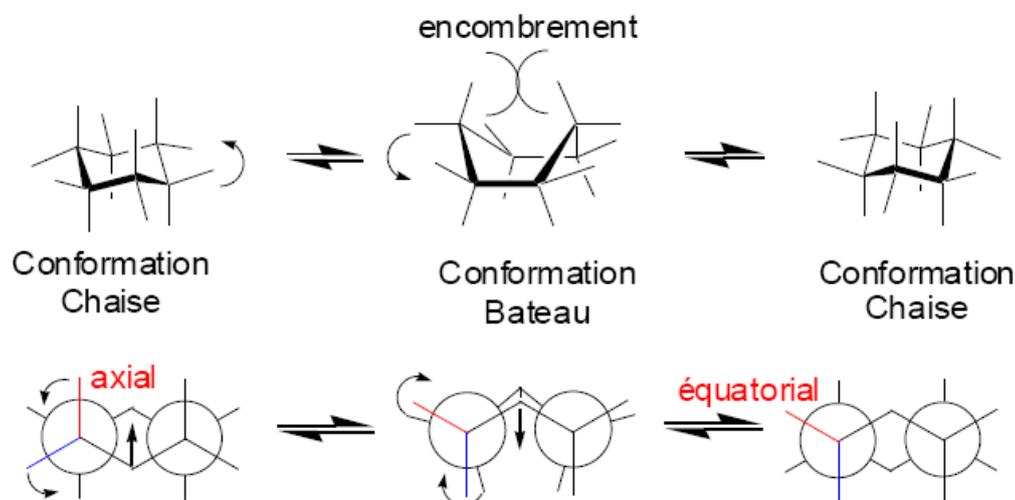


Il est également très important de savoir dessiner le cyclohexane selon la représentation de Newman. Pour cela, il est nécessaire de se placer devant un plan moyen du cycle (il en existe plusieurs) et de représenter ce que l'oeil voit suivant l'axe des liaisons carbonées-carbonées.

Comme précédemment, les atomes de carbones qui appartiennent au plan moyen du cycle sont représentés par des cercles. A partir de ces cercles partent les liaisons hydrogène du cyclohexane. Par contre, les atomes de carbone qui n'appartiennent pas à ce plan moyen ne sont pas "représentés" par des cercles.



Maintenant, il nous est possible de représenter en Newman le passage d'un cyclohexane en conformation chaise à la conformation bateau et de basculer vers une autre conformation chaise à l'aide des deux représentations :



Il est intéressant de noter que :

- dans la conformation bateau, il existe un encombrement stérique entre les deux positions axiales extrêmes. Ainsi, *la conformation bateau est défavorisée (moins stable) par rapport à la conformation chaise.*
- les positions axiales sur la conformation chaise deviennent après basculement en conformation bateau puis en l'autre conformation chaise des positions équatoriales (et inversement : les positions équatoriales deviennent des positions axiales).

CHAPITRE V : CONFIGURATION

La constitution d'une entité moléculaire précise la nature et les modes d'union des atomes formant cette entité, en incluant la multiplicité des liaisons sans tenir compte de leur disposition dans l'espace.

La configuration d'une entité moléculaire est la disposition spatiale des atomes ou des groupes d'atomes de cette entité. Ce terme est propre aux stéréo-isomères dont l'isomérisation n'est pas due à des différences de conformations.

- un carbone est dit asymétrique, centre chiral, ou stéréocentre lorsque ses quatre substituants sont différents.
- un groupe d'atomes constitué d'une double liaison avec ses substituants peut donner naissance à une isomérisation géométrique E et Z.

Un grand nombre de molécules (celles qui possèdent des carbones asymétriques ou celles qui ont une double liaison) se présentent sous une configuration donnée. La détermination de cette configuration nécessite la connaissance de la règle séquentielle de CAHN, INGOLD ET PRELOG

I. REGLES SEQUENTIELLES DE CAHN, INGOLD ET PRELOG

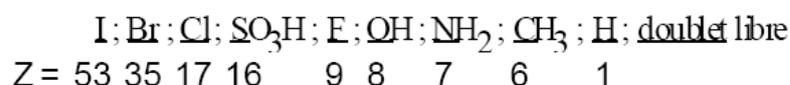
Les atomes des substituants portés par le carbone asymétrique (dans l'isomérisation optique) ou le carbone éthylénique (dans l'isomérisation géométrique) sont classés entre eux selon leur degré d'éloignement par rapport à ces carbones et selon une séquence de priorité.

Règle I :

La séquence de priorité se fonde sur le numéro atomique du premier atome rencontré sur le substituant envisagé. L'atome de numéro atomique supérieur est alors prioritaire par rapport à celui de numéro atomique inférieur.

Ainsi dans les substituants suivants comprenant un ou plusieurs atomes on aura la séquence suivante de priorité décroissante.

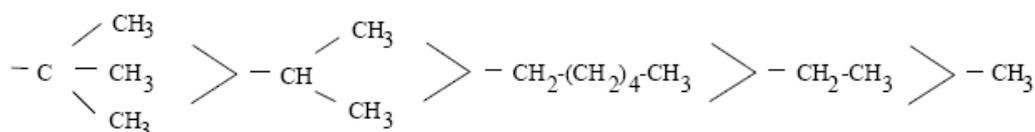
(Les atomes soulignés ont été les seuls considérés pour déterminer l'ordre de priorité).

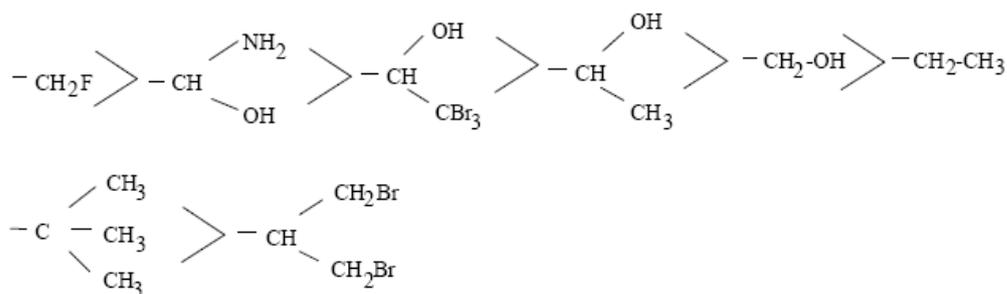


Règle II :

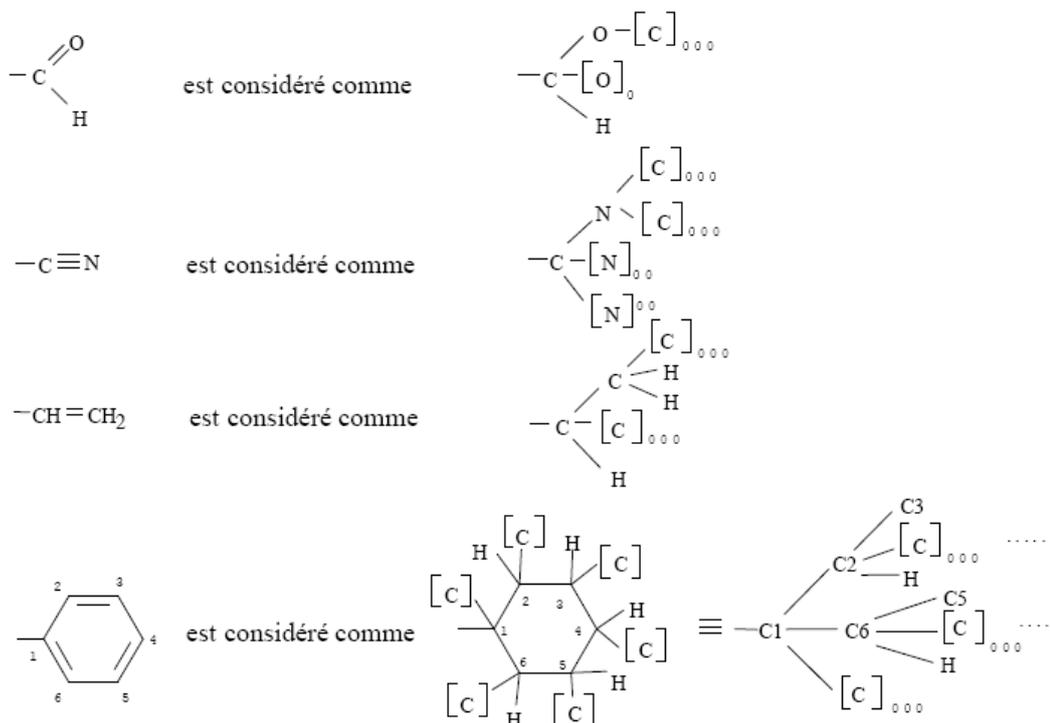
Quand les atomes directement liés au carbone asymétrique ou éthylénique sont identiques, on compare les atomes situés au degré d'éloignement immédiatement supérieur et on applique la règle I.

Ex 1 :

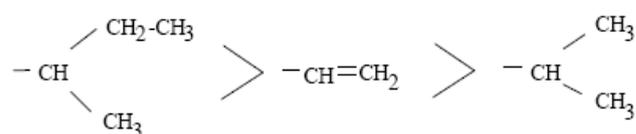
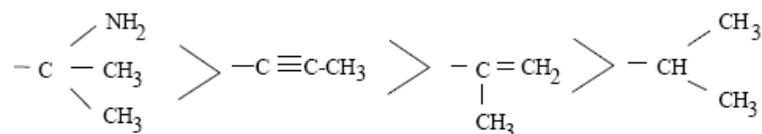
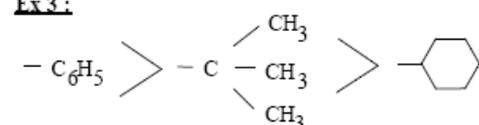


Ex 2:**Règle III :**

Les liaisons multiples sont considérées comme autant de liaisons simples et chaque atome engagé dans une liaison multiple sera écrit autant de fois qu'il porte de liaisons.



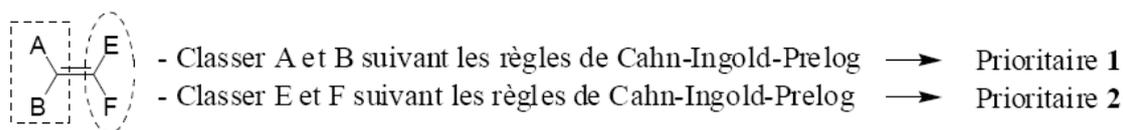
Les atomes entre crochets interviennent mais sont considérés comme porteurs d'atomes fantômes de numéro atomique nul.

Ex 1:**Ex 2:****Ex 3:**

II. APPLICATIONS DE LA REGLE CIP

II.1. Détermination des configurations (E/Z)

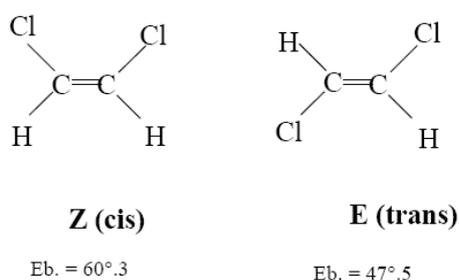
La configuration définit la disposition des atomes dans l'espace. Le passage d'une configuration à une autre nécessite la rupture des liaisons covalentes et leur reformation d'une façon différente. L'isomérisation géométrique est une conséquence de la restriction à la libre rotation. La rigidité de la double liaison permet ainsi de mettre en évidence un couple d'isomères géométriques à condition que chacun des carbones sp^2 porte des substituants différents.



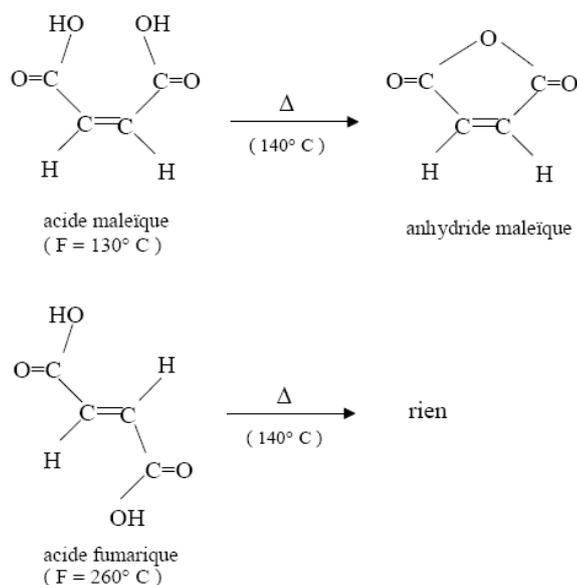
- Si les deux groupements prioritaires sont du même côté de la double liaison nous avons l'isomère **Z** (Z pour Zusammen : signifie "ensemble" en allemand ; mais parfois on utilise également l'appellation cis)
- Si les deux groupements prioritaires sont du même côté de la double liaison nous avons l'isomère **E** (E pour Entgegen : signifie "contrairement à" en allemand ; mais parfois on utilise également l'appellation trans)

Les isomères Z et E sont doués de propriétés chimiques et physiques différentes.

Exemples: 1,2-dichloroéthylène



Un exemple classique montrant les différences de propriétés chimiques est celui des acides maléiques et fumariques.

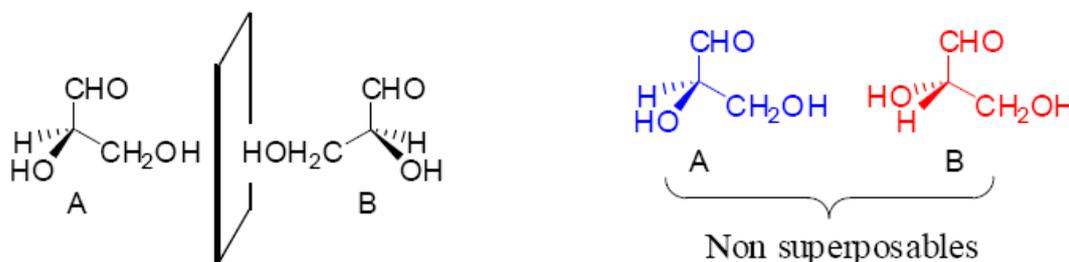


Le E ou l'acide fumarique (F = 260°C) ne donne pas de réaction dans les mêmes conditions.

II.2. Détermination de la configuration R/S du carbone asymétrique)

- 1 carbone asymétrique (ou stéréocentre)

L'atome de carbone possède quatre substituants différents. Cet atome de carbone est souvent noté C* signifiant carbone asymétrique.



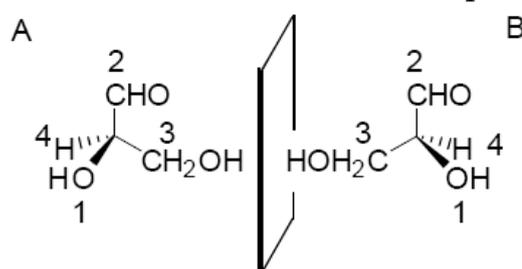
Deux configurations possibles qui sont images l'une de l'autre dans un miroir. Mais comme nos deux mains, elles ne sont pas superposables. Par conséquent ce sont deux composés différents.

La répartition spatiale des substituants est différente entre les deux carbones asymétriques ci-dessus.

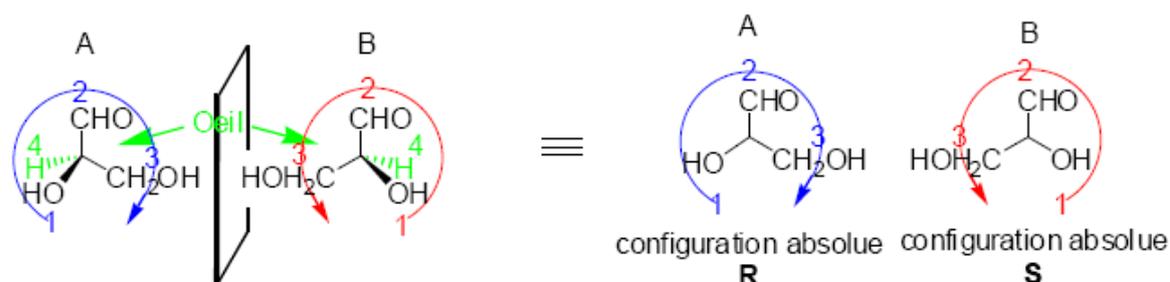
On parle donc de **configurations**.

Suivant les règles séquentielles (Cahn-Ingold-Prelog), nous pouvons déterminer ce qui est appelé la "configuration absolue" du carbone asymétrique de la façon suivante :

Classement des différents substituants par ordre de priorité



Puis, pour déterminer la configuration absolue, il faut placer un atome possédant un numéro pair (ici H, N°4) derrière le plan formé par les trois autres atomes et regarder suivant l'axe de ce numéro pair. Il suffit alors d'observer le sens de rotation des 3 autres atomes : sens des aiguilles d'une montre configuration absolue R (origine latine de Rectus signifiant droite) et sens inverse des aiguilles d'une montre configuration absolue S (origine latine de Sinister signifiant gauche).

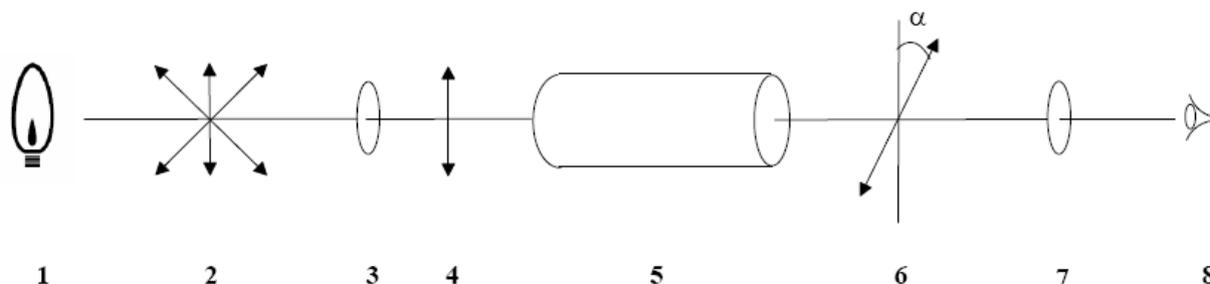


Les deux composés ci-dessus sont donc des stéréoisomères de **configuration opposée**.

CHAPITRE VI : ISOMERIE OPTIQUE

I. ACTIVITE OPTIQUE

On dit qu'un composé est doué de pouvoir rotatoire, ou encore optiquement actif lorsque traversé par un rayon de lumière polarisée plane, il provoque une rotation du plan de polarisation de ce rayon. L'expérience est la suivante :



- (1) : source lumineuse monochromatique
- (2) : Lumière ordinaire (diffusion dans tous les sens)
- (3) : Polariseur
- (4) : Lumière polarisée
- (5) : Tube contenant la solution de produit à analyser
- (6) : Plan de polarisation ayant subi une rotation
- (7) : Analyseur
- (8) : Observateur

Une source (1) émet une radiation monochromatique non polarisée où toutes les ondes vibrent dans un plan quelconque (2). Après traversée du prisme polariseur (3), la lumière est polarisée : seules ont été transmises les ondes vibrant dans un plan parallèle, les autres ayant été éliminées (4). Ce rayon de lumière traverse alors un tube (5) contenant une solution de produit à analyser, puis est "analysé" par un prisme analyseur (7). Si le plan de polarisation (6) a tourné d'un angle α , la substance est dite optiquement active.

La mesure de l'angle de rotation α permet de définir le pouvoir rotatoire spécifique, caractéristique d'une substance optiquement active, à une température donnée et pour une longueur d'onde donnée.

$$\alpha = [\alpha]_{\lambda}^t l c \quad \Rightarrow \quad [\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\alpha}{l c}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha : \text{en degré} \\ l : \text{épaisseur en dm} \\ c : \text{concentration en g/ml} \end{array} \right.$$

Si la déviation est à droite (pour l'observateur), la substance est dextrogyre et le pouvoir rotatoire est compté positivement. Lorsque la déviation est à gauche, la substance est lévogyre et le pouvoir rotatoire est compté négativement.

Une substance optiquement active est une substance chirale.

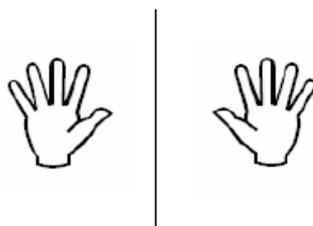
II. CHIRALITE ET ENANTIOMERIE

II.1. Chiralité

a. Définition

Un objet, tel qu'une molécule dans une conformation ou une configuration donnée, est appelé chiral lorsqu'il est différent de son symétrique par rapport à un plan (miroir).

Exemple : la main droite et la main gauche sont symétriques par rapport à un plan mais elles ne sont pas superposables.

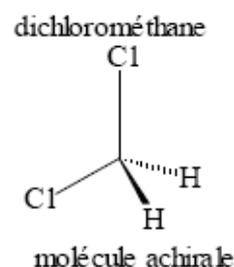
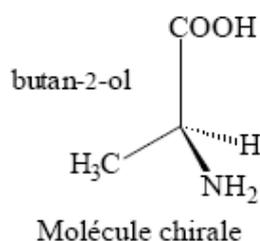


Pour qu'une molécule soit chirale, il faut qu'elle n'ait :

- ni plan de symétrie
- ni centre de symétrie

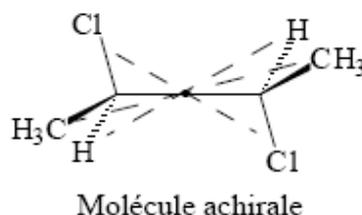
C'est-à-dire non superposable à son image par rapport à un plan.

Exemples :



Le plan contenant les deux liaisons C-Cl est un plan de symétrie, donc la molécule du dichlorométhane est achirale.

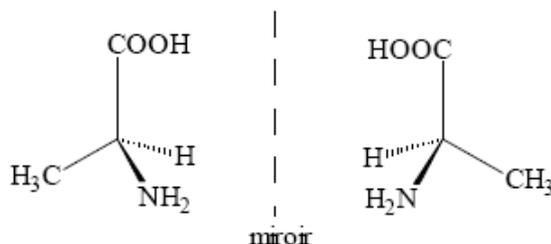
La molécule du 2,3-dichloro butane sous la conformation présente un centre de symétrie :



II.2. énantiomerie

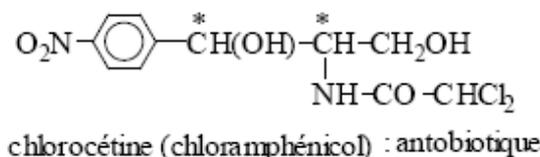
a. Définition

Deux structures symétriques l'une de l'autre par rapport à un plan et non superposables sont dites énantiomères (du nom grec énantio : opposé) ou inverses optiques.

Exemple :

Les deux structures ne sont pas superposables ; elles sont énantiomères. Deux énantiomères ont les mêmes propriétés chimiques et physiques sauf leur action sur la lumière polarisée. Un mélange de deux énantiomères en quantité équimolaire est appelé mélange racémique (mélange inactif par compensation) ($-\alpha; +\alpha$).

Enfin, et c'est peut être l'intérêt essentiel de cette notion de pouvoir rotatoire, c'est que deux énantiomères peuvent avoir des propriétés biologiques et pharmaceutiques différentes : par exemple, un seul stéréoisomère de la chloromycétine (chloramphénicol) possède une activité antibiotique; d'où l'intérêt économiquement parlant de cette notion.

**b. Types de composés optiquement actifs**

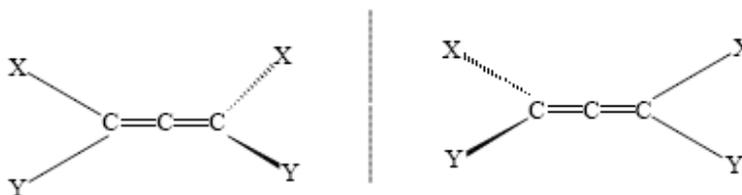
- Cas de composés à carbone asymétrique

Plusieurs arrangements atomiques peuvent rendre une molécule asymétrique. Le cas le plus courant est celui d'un atome de carbone portant quatre substituants différents. Un tel carbone est dit asymétrique noté *C.

D'autres composés peuvent être chiraux sans posséder de carbone asymétrique, tels que les alléniques et les spiraniques.

- Cas des composés alléniques:

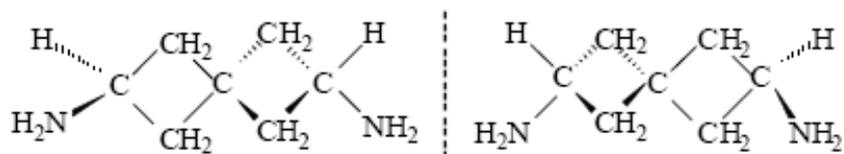
Un allène de type $XYC=C=CXY$ dans lequel X est différent de Y, est asymétrique et peut exister sous deux formes non superposables, optiquement actives :



Deux formes non superposables optiquement actives

- Cas des composés spiraniques:

Les composés bicycliques comportant un seul atome de carbone commun constituant la famille des spiranes. Les deux cycles de ces dérivés ne sont plans dans un même plan, il en résulte que si chaque cycle est substitué de façon qu'il n'y ait pas de plan de symétrie la substance existe sous deux formes inverses optiques.



spiranes

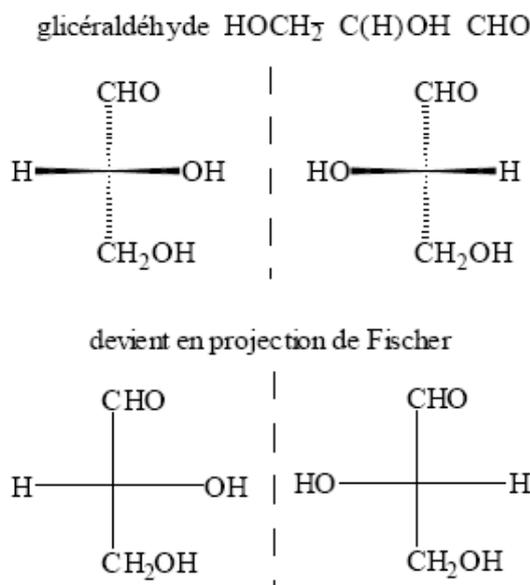
Deux cycles dans deux plans différents, pas de plan de symétrie, non superposables (inverses optiques), elles sont optiquement actives

c. Représentation plane. Projection de Fischer

Pour représenter sur le plan de la feuille de papier une structure tridimensionnelle on adopte la projection de Fischer.

Par convention:

- La chaîne carbonée la plus longue se place verticalement
- Le groupe le plus oxydé en haut (ou d'indice le plus bas selon la nomenclature systématique).
- Les liaisons verticales sont en arrière.
- Le carbone ou les carbones asymétriques dans le plan.
- Les autres substituants sont horizontaux et en avant.



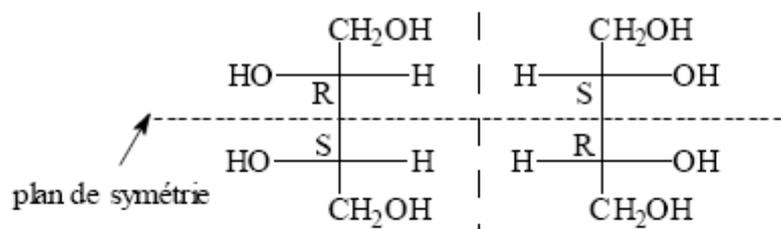
Lorsque le plus petit substituant est placé horizontalement sur la projection de Fischer, la configuration absolue est l'inverse de celle qu'on lit.

d. Molécules contenant plusieurs atomes de carbones asymétriques :

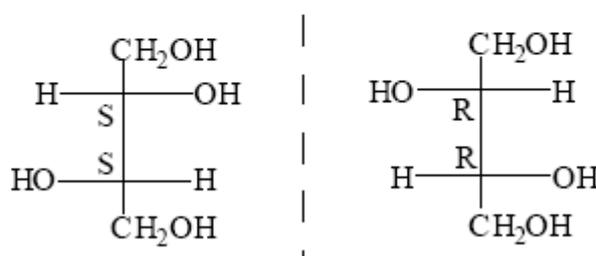
Dans le cas général, lorsqu'une molécule renferme n atomes de carbone asymétriques, le nombre maximum de stéréoisomères est 2^n groupés en 2^{n-1} couples d'énantiomères.

e. Cas de molécules symétriquement substituées

Lorsqu'une molécule symétriquement substituée possède n atomes de carbone asymétriques, le nombre maximum de stéréoisomères est $2^n - 1$ groupés en 2^{n-1} couples de diastéréoisomères.



Deux molécules semblables
més o : erythro inactif par constitution



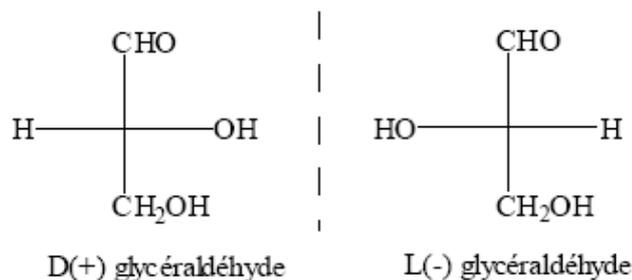
Deux molécules non superposables
optiquement actives

D'une manière générale, en représentation de Fisher, toute molécule ayant un plan de symétrie est optiquement inactive. Elle est appelée méso. Chacun des deux atomes de carbone asymétriques porte des substituants identiques.

f. Configurations absolues D, L

On appelle configuration la disposition dans l'espace des substituants d'un atome de carbone. On a vu qu'à un carbone asymétrique pouvait correspondre deux configurations (R et S) images l'une de l'autre dans un miroir. Le problème est donc de savoir quelle est la configuration de l'énantiomère dextrogyre et quel est l'isomère lévogyre. Les difficultés sont grandes car il n'y a aucune relation entre le pouvoir rotatoire et la configuration absolue.

La configuration absolue de l'aldéhyde glycérique a été établie. On appelle D-glycéraldéhyde, l'énantiomère dont le groupe OH est à droite dans la projection de Fischer. On dit qu'il appartient à la série D.

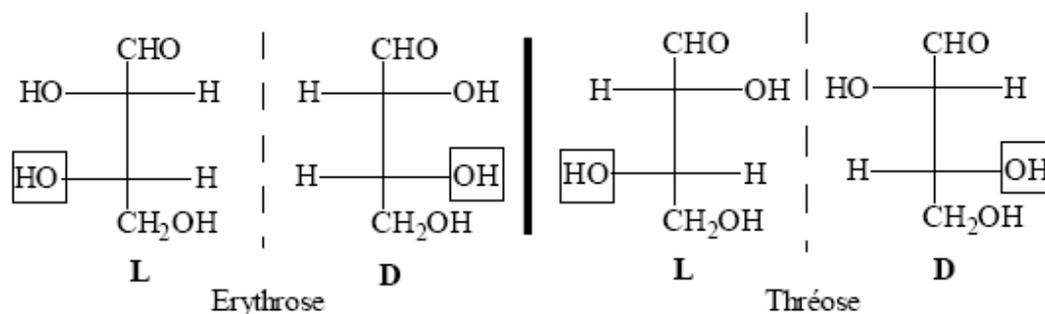


On appelle L-glycéraldéhyde, l'énantiomère dont le groupe OH est à gauche dans la projection de Fischer. On dit qu'il appartient à la série L.

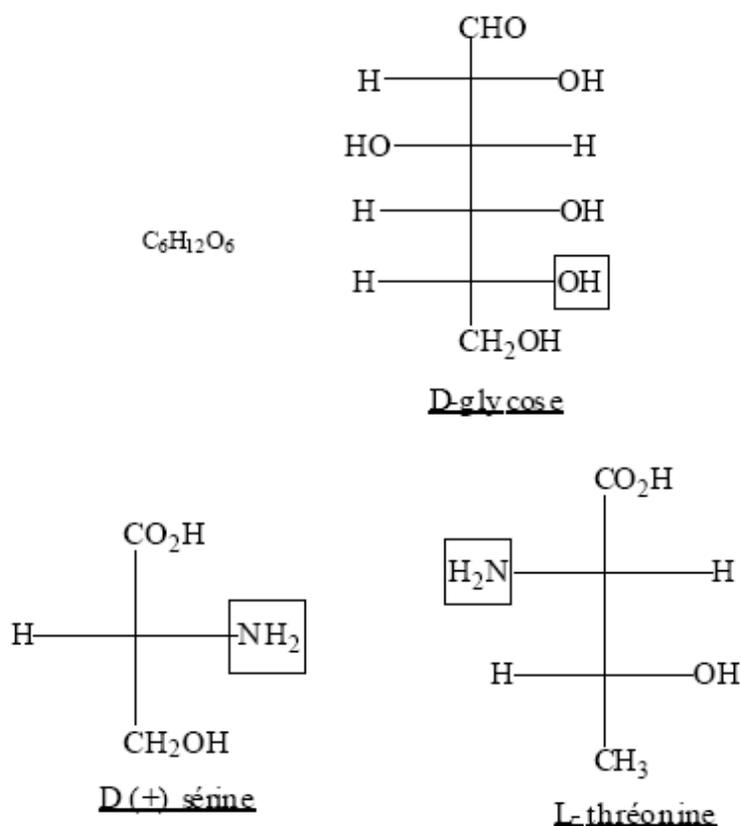
Dans le cas des sucres et des acides aminés, on emploie encore, la nomenclature D et L.

Pour un carbone asymétrique, lorsque le groupe OH (pour les sucres) ou NH₂ (pour les acides aminés) est placé à droite, la configuration est dite "D". A l'inverse lorsqu'il est placé à gauche, elle est notée "L".

Exemples:



Dans le cas des oses l'appartenance à la série est déterminée par la position du OH sur le carbone asymétrique de numéro le plus élevé.



Dans le cas des α -amino acides, l'appartenance à la série est déterminée par la position de NH₂ sur le carbone asymétrique porteur du COOH.

CHAPITRE VII : EFFETS ELECTRONIQUES

I. POLARISATION DES LIAISONS

Dans une molécule diatomique homonucléaire (composée d'atomes de même type), le nuage électronique se répartit équitablement sur les deux atomes. $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ (polarité nulle, $\mu = 0$).

Dans une molécule diatomique hétéronucléaire, l'atome le plus électronégatif polarise le nuage électronique à son profit. La densité de ce nuage dans cette molécule n'est pas égale à la somme des densités atomiques.

On rationalise ce déplacement du nuage électronique par la notion de charge partielle. L'atome qui s'enrichit d'une portion du nuage électronique porte alors une charge partielle $-\delta$; l'atome qui s'appauvrit porte une charge partielle positive $+\delta$. La charge partielle δ s'exprime en fraction d'électron. Elle est généralement comprise entre 0 et 1.

Pour faire apparaître simplement cette polarisation de la liaison, on porte les charges partielles sur un schéma. Il vient par exemple pour la molécule de chlorure d'hydrogène HCl : ${}^{+\delta}\text{H-Cl}^{\delta-}$

Elément	F	O	Cl	N	Br	I	C	H	Mg
Electronégativité	4,0	3,4	3,2	3,0	3,0	2,7	2,6	2,2	1,3

II. EFFET INDUCTIF

Un atome ou un groupe d'atomes exerçant un effet inductif conduit à une propagation de la polarisation (déplacement électronique) transmise à plusieurs liaisons. L'origine de cet effet réside dans la nature électropositive ou électronégative du groupement. Sa manifestation dépend de la nature et de l'agencement des liaisons environnant le groupement.

On distingue : un effet inductif attracteur (-I), un effet inductif donneur (+I)

Exemple :

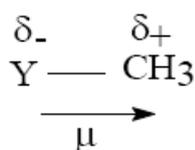
Dans la molécule de chloroéthane, le substituant chlore est l'atome le plus électronégatif ; il joue le rôle d'attracteur d'électrons. Les charges partielles sur les atomes de carbone de la chaîne alkyle révèlent une polarisation à l'échelle de la molécule et l'apparition d'un moment dipolaire moléculaire.



Effet inductif du chlore : apparition d'un moment dipolaire

II.1. Substituants à effet -I :

L'effet inductif -I est produit par des groupements plus électronégatifs que le carbone. On donne ci-dessous les groupements à effet -I les plus usuels. La plupart des groupements rencontrés dans les molécules organiques donnent lieu à un effet -I. On représente ci-dessous l'évolution de l'effet inductif attracteur pour plusieurs substituants (notés Y).

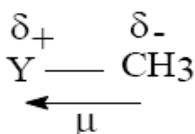


Groupements à effet -I:

$-\text{NH}_2$; $-\text{N}^+\text{RH}_3$; $-\text{NO}_2$; $-\text{OH}$; $-\text{CF}_3$; $-\text{CCl}_3$; $-\text{CHCl}_2$; $-\text{CH}_2\text{Cl}$; $-\text{C}\equiv\text{CH}$; $-\text{C}\equiv\text{N}$; $-\text{CH}=\text{CH}_2$; $-\text{C}_6\text{H}_5$

II.2. Substituants à effet +I

L'effet inductif +I est produit par des groupements moins électronégatifs, les groupements à effet +I les plus usuels sont : $-\text{Li}$; $-\text{Na}$; $-\text{MgR}$; $-\text{BR}_1\text{R}_2$; $-\text{CR}_1\text{R}_2\text{R}_3$; $\text{SiR}_1\text{R}_2\text{R}_3$



II.3. Moments dipolaires :

L'effet inductif est corrélé à la polarisation des liaisons. On peut alors effectuer un classement en fonction d'une grandeur telle que le moment dipolaire.

On donne ci-dessous les moments dipolaires de trois composés différents par la nature du substituant.



Le classement des groupements, suivant l'effet -I, donne donc: NO_2 est plus attracteur que Cl

II.4. L'aptitude de la liaison à subir cette polarisation :

Les liaisons π sont plus polarisables que les liaisons σ :

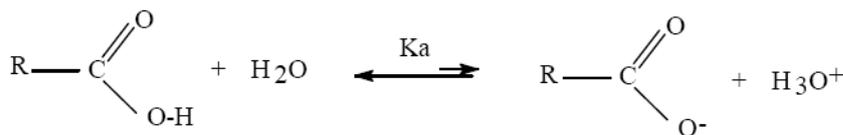
Si une molécule ne contient que des liaisons σ , l'effet inductif est atténué rapidement, il est pratiquement nul au delà de quatre liaisons C-C. Si la chaîne carbonée contient des liaisons π , il peut par contre se transmettre beaucoup plus loin.

III. CONSEQUENCE DE L'EFFET INDUCTIF SUR LES FORCES DES ACIDES

pKa des acides carboxyliques

La polarité des liaisons covalentes est à la base de certaines relations entre la structure d'une molécule et sa réactivité.

Considérons différents dérivés de l'acide éthanoïque CH_3COOH (acide acétique). Ces composés en solution aqueuse donnent lieu à un équilibre acido-basique caractérisé par la constante d'équilibre K_a :



$$K_a = \frac{[\text{RCOO}^-] [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{R-COOH}]} \quad \text{pKa} = -\log K_a$$

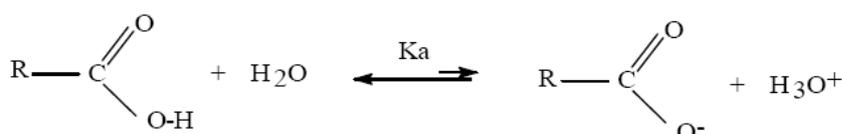
Si R est un groupement à effet -I, la polarité de la liaison O-H de l'acide est amplifiée. L'acide est plus fort et la base conjuguée plus faible.



L'équilibre est alors déplacé vers la formation de l'ion carboxylate. On dit que la charge négative de l'ion carboxylate est stabilisée par effet -I. La force relative des couples acide base est donnée par les valeurs des pKa qui rend compte de l'effet inductif.

L'acidité croît avec l'effet inductif -I.

Si le substituant à l'origine de la polarisation est à plusieurs liaisons du site acide, son effet se fait moins sentir et l'acidité décroît. Dans le tableau suivant, on donne ainsi le pKa pour divers substituants monochlorés qui se distinguent par la position du chlore par rapport au site acide.



R	pKa
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -COOH	4,9
ClCH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -COOH	4,5
CH ₃ -CHCl-CH ₂ -COOH	4,1
CH ₃ -CH ₂ -CHCl-COOH	3,8

Le groupement dont l'effet inductif -I est celui qui comporte l'atome de chlore le plus proche de la fonction acide. Il exalte l'acidité de la molécule.

- Tous les groupements attracteurs par effet inductif augmentent la force des acides.

L'acidité décroît avec l'effet inductif +I.

R	pKa
H-COOH	3,7
CH ₃ -COOH	4,7
CH ₃ -CH ₂ -COOH	4,9
(CH ₃) ₃ C-COOH	6

L'effet inductif donneur (+I) diminue la force d'un acide, la liaison O-H devient moins polaire, le départ du proton H devient difficile.

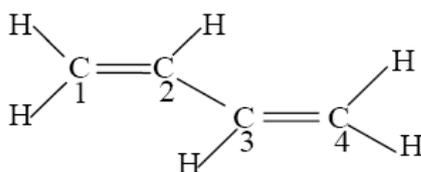
- Tous les groupements donneurs par effet inductif diminuent la force des acides.

IV. DELOCALISATION DES ELECTRONS π :

Systèmes à doubles liaisons conjugués

1) La molécule de 1,3-butadiène C₄H₆

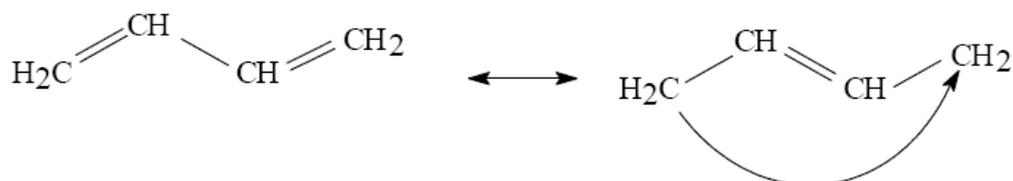
On a représenté ci-dessous un modèle moléculaire de ce composé en y reportant les longueurs de liaisons carbone-carbone.



Longueurs : $d(\text{C-C}) = 1,54 \text{ \AA}$; $d(\text{C=C}) = 1,34 \text{ \AA}$

Les résultats trouvés : $d(\text{C}_1\text{-C}_2) = 1,35 \text{ \AA}$; $d(\text{C}_2\text{-C}_3) = 1,48 \text{ \AA}$; $d(\text{C}_3\text{-C}_4) = 1,35 \text{ \AA}$

Le schéma de Lewis classique pour cette molécule fait apparaître deux liaisons doubles et une liaison simple centrale carbone-carbone. Or la longueur de la liaison centrale est plus courte que la longueur d'une liaison simple standard et les liaisons pendantes sont plus longues que les liaisons éthyléniques. Le renforcement de la liaison centrale est lié à l'existence d'une seconde formule mésomère (minoritaire) et on doit donc considérer que le butadiène est une molécule conjuguée répondant au schéma de résonance suivant :



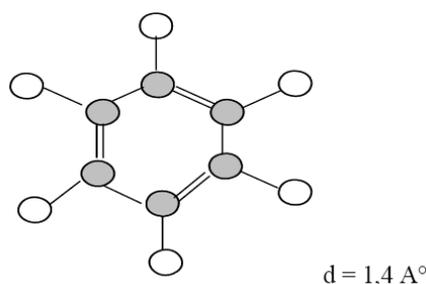
Il y a donc un renforcement de cette liaison centrale au détriment des liaisons voisines. Ces liaisons possèdent à des degrés divers un caractère intermédiaire entre liaison simple et liaison double, ce que ne traduit pas la formule de Lewis classique.

Remarque :

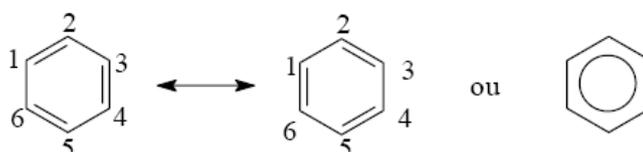
La seconde formule à liaison longue est minoritaire dans la résonance. L'appariement entre électrons distants n'apporte pas en effet de stabilisation importante car le recouvrement entre les orbitales 2p des carbones 1 et 4 est très faible.

2) La molécule de benzène C_6H_6

On a représenté ci-dessous un modèle moléculaire du benzène en y reportant les longueurs de liaisons carbone carbone.



Cette molécule est de symétrie hexagonale parfaite. Toutes les liaisons sont de même longueur, dans le même plan. Un schéma de Lewis classique unique pour cette molécule tel que :



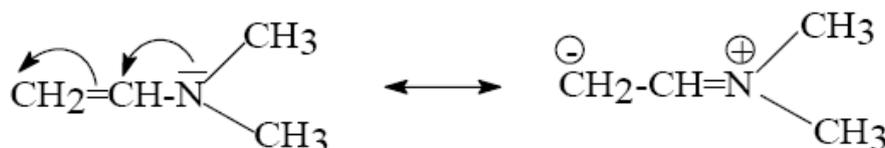
Elle ne rend pas compte de la répartition électronique car il fait apparaître trois liaisons doubles C=C et trois liaisons simples. La longueur de liaison expérimentale est en fait intermédiaire entre celle d'une liaison simple et d'une liaison double. Cette valeur traduit la résonance entre les deux formules majoritaires de Kékulé. L'hybride de résonance rétablit alors l'équivalence des liaisons.

V. EFFET MESOMERE

Lorsqu'une molécule est le siège d'une conjugaison, sa structure électronique ne peut être représentée que par un ensemble de formes limites en résonance.

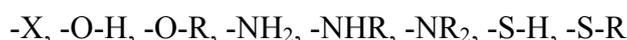


- Les déplacements d'électrons π que l'on fait apparaître dans les systèmes conjugués constituent l'effet mésomère.
- Les électrons « n » d'un doublet non partagé porté par un atome tel que X (Cl, F, Br, I), O, N fixé sur un atome de carbone doublement lié donnent lieu à un effet mésomère avec les électrons π de la double liaison.



- Les principaux groupements fonctionnels peuvent être classés en deux grands types :
 - les groupements donneurs d'électrons par effet mésomère.
 - les groupements attracteurs d'électrons par effet mésomère.

Les groupements donneurs :

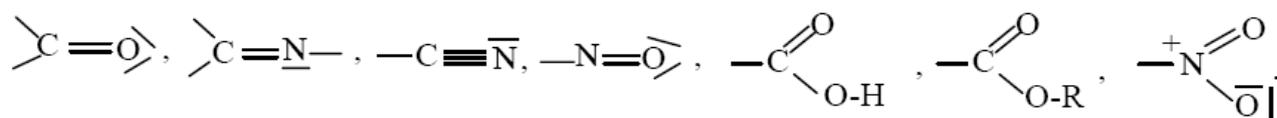


Groupements saturés renfermant un atome porteur de doublets libres

Les groupements attracteurs d'électrons:

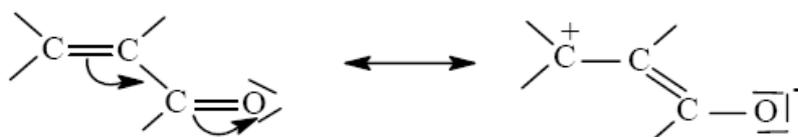
Ce sont essentiellement des groupements non saturés renfermant le plus souvent un atome de carbone doublement ou triplement lié à un atome plus électronégatif, ou d'une manière générale deux atomes d'électronégativités différentes.

Exemples :

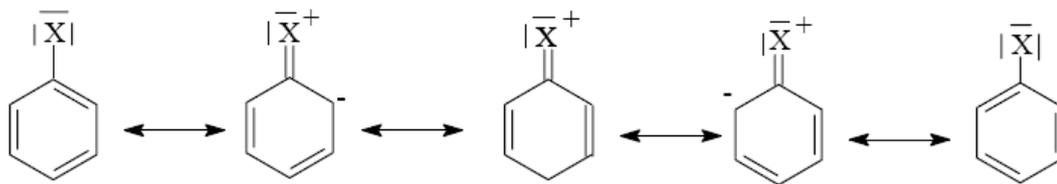


Remarques:

1) Tous les groupements attracteurs par effet mésomère sont attracteurs par effet inductif

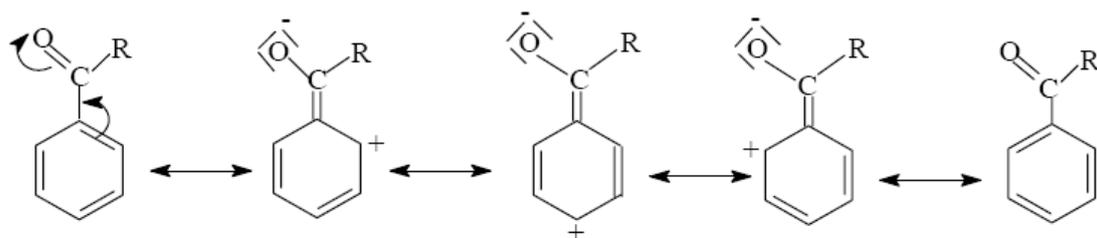


2) Tous les groupements donneurs par effet mésomère sont attracteurs par effet inductif

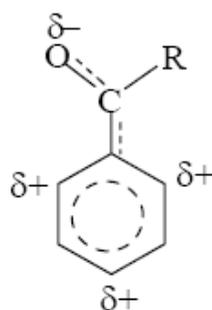


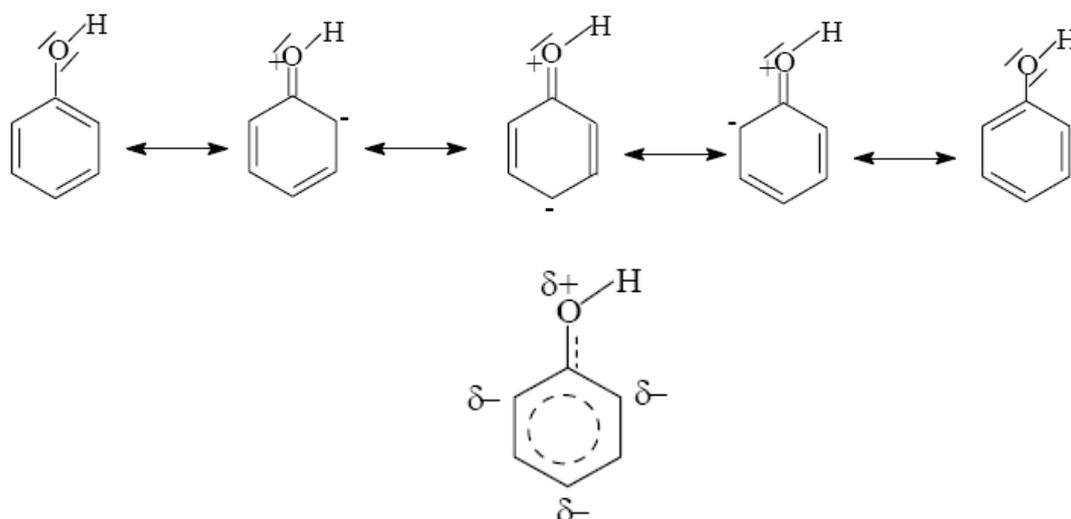
Quand il y a compétition entre l'effet mésomère et l'effet inductif c'est l'effet mésomère qui l'emporte

-I, -M	+I, +M	-I, +M (+M > -I)	+I, -M
$\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}$ 	$\text{R}-\text{O}^-$ 	$\text{R}-\text{O}^-$ 	
$\text{R}-\text{N}^+(\text{O}^-)_2$ 	$\text{R}-\text{N}^-$ 	$\text{R}-\text{N}^+(\text{R}_1)(\text{R}_2)$ 	
	$\text{R}-\text{C}^-(\text{R}_1)(\text{R}_2)$ 	$\text{R}-\text{S}^-$ 	
		$\text{R}-\text{X}^-$ 	

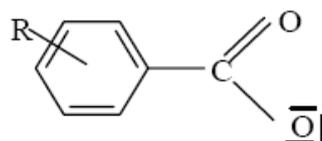
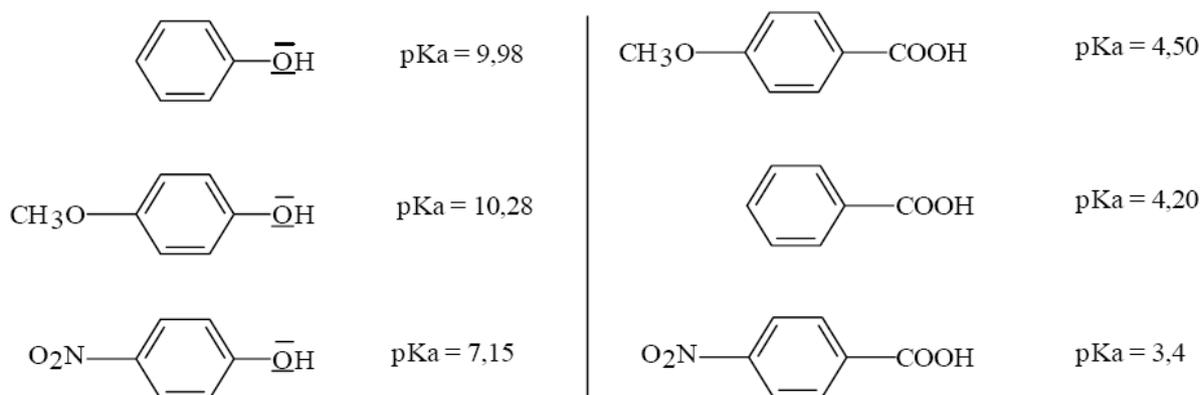
Exemples d'effet mésomère

L'effet attracteur affaiblit le cycle en électron, contrairement à l'effet donneur enrichit le cycle en électron





Influence de l'effet mésomère sur la force des acides :



Les groupements attracteurs par effet mésomère stabilisent le carboxylate par délocalisation de la charge négative sur l'oxygène

Les groupements donneurs par effet mésomère déstabilisent le carboxylate.

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

