

# Chapitre ORG 00

## Langage de la chimie organique

### Sommaire

---

#### **I. Hydrocarbures**

- I.1. Représentation de Cram
- I.2. Formules topologiques
- I.3. Nomenclature des alcanes
- I.4. Nomenclature des alcènes et alcynes

#### **II. Familles organiques**

- II.1. Fonctions monovalentes
  - II.2. Fonctions divalentes
  - II.3. Fonctions trivalentes
  - II.4. Composés polyfonctionnels
- 

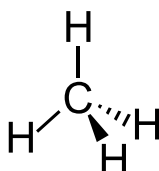
*Ce chapitre est numéroté 00 et ne comporte de liste explicite de capacités exigibles car il fournit un ensemble de pré-requis pour les autres chapitres.*

# I. Hydrocarbures

## I.1. Représentation de Cram

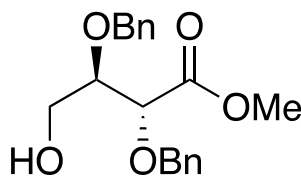
L'atome de carbone de la molécule de méthane est lié à quatre atomes d'hydrogène par des liaisons simples (il est dit tétravalent). Ces quatre atomes ne sont pas dans le même plan : ils sont au sommet d'un tétraèdre régulier, dont le centre est occupé par l'atome de carbone. Les quatre faces d'un tétraèdre régulier sont des triangles équilatéraux. Un tétraèdre régulier peut aussi se voir comme la forme dessinée en reliant un sommet sur deux d'un cube.

Pour représenter cette situation tridimensionnelle sur une feuille, en 2D, on utilise les conventions de Cram<sup>1</sup>. Un trait simple signifie une liaison dans le plan de représentation (la feuille, en pratique). Un triangle formé par des hachures signifie vers l'arrière, c'est-à-dire que la pointe du triangle est vers l'atome considéré, et que celui-ci est en avant par rapport à l'atome à la "base" des hachures. Un triangle en trait gras, ou entièrement coloré, signifie vers l'avant. Les angles sont à respecter, avec un effet de perspective. Pour un tétraèdre régulier, l'angle entre liaisons vaut  $109,5^\circ$ .



### Attention !

En chimie organique il sera souvent nécessaire de préciser la géométrie d'atomes de carbone qui portent 4 substituants différents, dont un atome d'hydrogène. Dans ce cas un abus de notation est parfois effectué, avec l'omission de l'atome d'hydrogène. Il faut alors reconstruire mentalement la géométrie correcte. Exemple : la figure suivante, extraite du sujet CCINP PC 2021 (Bn est un groupement d'atomes.).

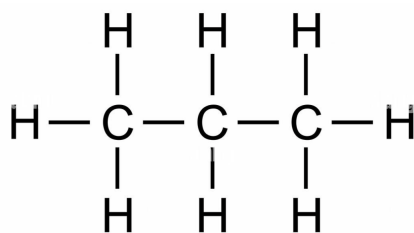


## I.2. Formules topologiques

Les molécules organiques peuvent contenir plusieurs dizaines d'atomes et de liaisons covalentes. Il faut donc un moyen efficace de les représenter, plus simple à mettre en oeuvre que les formules développées ou semi-développées. C'est le but des formules topologiques, qui seront toujours utilisées pour représenter des molécules carbonées en chimie organique.

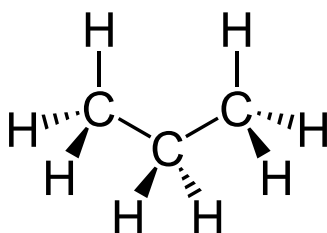
Considérons la molécule de propane. Une recherche sur Internet avec les mots-clés "formule développée propane" renvoie par exemple l'image suivante.

1. Donald J. Cram, chimiste américain, 1919-2001



Il s'agit effectivement de la formule développée du propane, telle que souvent représentée. Néanmoins, elle peut être trompeuse en terme de géométrie : la molécule n'est pas plane, et les liaisons autour des atomes de carbone ne forment pas des angles de  $90^\circ$ .

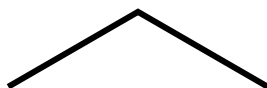
Chaque atome de carbone est de géométrie tétraédrique (*cf* méthode VSEPR, STR 01). Les trois atomes de carbone ne peuvent pas être alignés. Une représentation plus proche de la réalité serait la suivante<sup>2</sup>, utilisant la représentation de Cram.



La formule topologique se base sur cette représentation, avec deux simplifications majeures :

- la lettre C pour chaque atome de carbone n'est pas représentée,
- les liaisons C–H et les atomes d'hydrogène ne sont pas représentés.

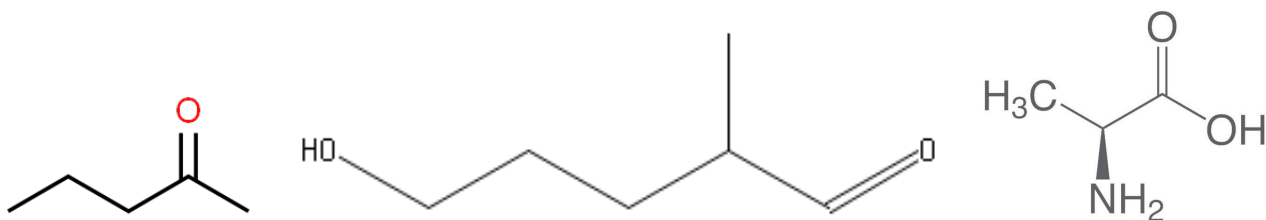
On obtient (l'usage est de commencer par un trait "montant"), avec un angle de  $109^\circ$  environ, conformément à la théorie VSEPR :



On sait qu'il y a un atome de carbone à chaque extrémité de trait, et on sait combien d'atomes d'hydrogène sont implicites pour respecter la règle de l'octet sur les atomes de carbone.

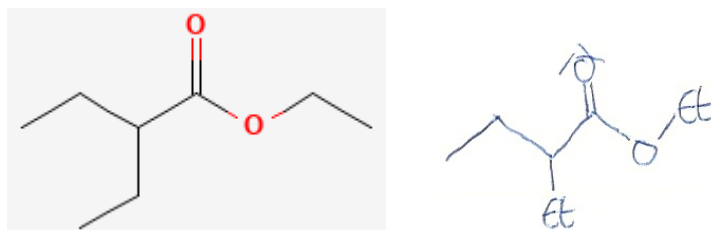
Lorsque des hétéroatomes, c'est-à-dire des atomes autres que carbone et hydrogène, sont présents, ils doivent être explicitement représentés, ainsi que les atomes d'hydrogène qui sont directement liés à ces hétéroatomes. Si la lettre C d'un atome de carbone est explicitée, il faut aussi écrire les H associés.

**Application 1** Représenter les formules développées associées aux molécules suivantes :

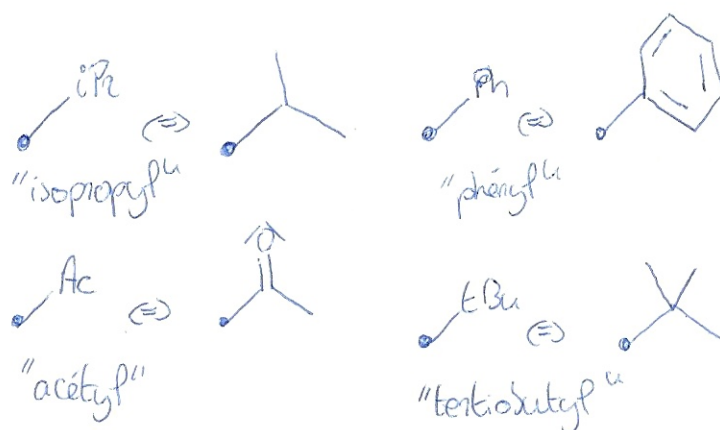


2. Issue de la page Wikipédia du propane, par NEUROtiker — Travail personnel, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7027662>

On utilise également sur certaines formules topologiques la notation "superatome", utilisées dans les molécules organiques assez grandes. Elle sert à abrégé une chaîne dans une molécule. Considérons la molécule suivante à gauche, elle peut aussi être notée comme représentée à droite, avec les notations superatomes, utilisées le plus souvent pour les chaînes "secondaires". "-Et" est donc équivalent à "-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>".



Les notations superatomes les moins usuelles sont fournies dans les données des énoncés. La figure suivante répertorie quelques groupements usuels et leurs notations (la petite sphère symbolise le reste de la molécule). On note aussi X un atome halogène (F, Cl, Br, I) de manière générique, M un métal, et D le deutérium, isotope <sup>2</sup>H de l'hydrogène.



### I.3. Nomenclature des alcanes

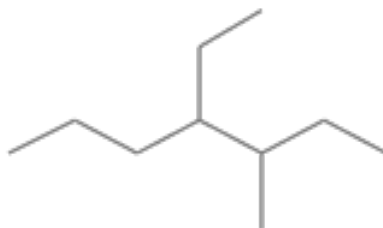
Les molécules doivent pouvoir être nommées de manière univoque, c'est-à-dire que deux molécules différentes ne peuvent pas avoir le même nom. Il existe pour cela un ensemble de règles, qui peuvent être relativement complexes pour des molécules conséquentes. On se limite dans le cadre du programme de CPGE à la nomenclature de molécules relativement simples. Le bagage du lycée est déjà assez complet pour cela.

Les noms des molécules sont construits à partir de leurs chaînes carbonées, donc des alcanes correspondants. Qu'il faut de fait savoir nommer sans hésitation. Voici un rappel des préfixes selon le nombre d'atomes de carbone.

| Nb de C      | 1    | 2   | 3    | 4   | 5    | 6   | 7    | 8   | 9   |
|--------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|
| Préfixe      | méth | éth | prop | but | pent | hex | hept | oct | non |
| "Superatome" | Me   | Et  | Pr   | Bu  |      |     |      |     |     |

Pour nommer une molécule il faut rechercher la chaîne carbonée principale, c'est-à-dire celle qui comporte le plus d'atomes de carbone. Cela indique le point de départ pour nommer la molécule, grâce au tableau précédent. Les substituants sont ensuite indiqués en préfixes du nom de la molécule, avec un nombre pour préciser sur quel atome de carbone il est placé (la

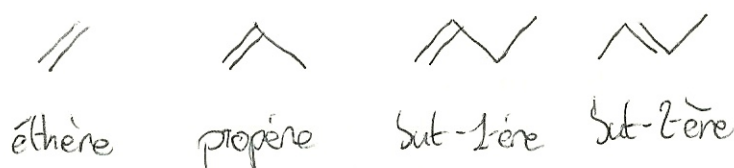
chaîne carbonée est numérotée de manière à ce que cet indice soit minimal, sauf quand une fonction impose la numérotation, comme pour les esters ou les acides carboxyliques, voir II.3.). Les substituants sont placés par ordre alphabétique dans le nom. Ainsi la molécule suivante se nomme 4-éthyl-3-méthylheptane.



**Application 2** Représenter les formules topologiques associées aux composés suivants : 3-éthyl-2,2-diméthylhexane ; 2,3,4-triméthyl-5-propyloctane ; 1,2-diméthylcyclopentane

#### I.4. Nomenclature des alcènes et alcynes

Les alcènes sont des composés qui possèdent une double liaison carbone-carbone. Leurs noms dérivent de ceux des alcanes correspondants, en remplaçant le "ane" par "ène", en indiquant la position si nécessaire.



La double liaison carbone-carbone et les atomes voisins forment un système plan, avec des angles entre liaisons proches de 120°. Il y a en fait une deuxième molécule qui pourrait être nommée but-2-ène de la même manière, et le moyen de les distinguer, sera étudié dans le chapitre STR 03.

Les alcynes possèdent une liaison triple carbone-carbone. De manière analogue leur nom est obtenu en remplaçant le "ane" du nom de l'alcane par "yne". Les deux atomes de carbone impliqués de géométrie linéaire. Afin d'éviter toute confusion sur la présence ou non d'atome de carbone il est courant d'expliciter les atomes de carbone comme dans l'exemple de l'éthyne ci-dessous.



**Application 3** Représenter les formules topologiques associées aux composés suivants : hex-1-ène ; hex-2-ène ; hex-3-ène ; cyclohexène ; propyne ; but-1-yne ; but-2-yne.

## II. Familles organiques

### II.1. Familles fonctionnelles monovalentes

Les fonctions monovalentes sont celles pour lesquelles l'atome de carbone fonctionnel est lié par une liaison simple à un hétéroatome, c'est-à-dire un atome autre que carbone et hydrogène. Les familles associées ont été étudiées au lycée : alcools, halogénoalcanes, amines.

Les alcools sont nommés avec la terminaison "ol" précédée si nécessaire de l'indice de position, les halogénoalcanes avec un préfixe "halogéno" ("fluoro", "chloro", "bromo" et "iodo") précédé si nécessaire de l'indice de position, et les amines avec une terminaison "amine".

**Application 4** Représenter les formules topologiques associées aux composés suivants : propan-1-ol ; propan-2-ol ; iodoéthane ; 2-bromo-2-méthylbutane ; triéthylamine.

### II.2. Familles fonctionnelles divalentes

Les fonctions divalentes sont celles pour lesquelles l'atome de carbone fonctionnel est lié formellement à deux hétéroatomes (une liaison double compte pour deux). Les deux principales familles sont les aldéhydes et les cétones. Pour les aldéhydes la double liaison carbone-oxygène est en bout de chaîne, et l'atome de carbone associé porte nécessairement le numéro 1. La réunion des aldéhydes et cétones s'appelle "composés carbonylés".

Les aldéhydes sont nommés à l'aide de la terminaison "al" (sans indice de position), les cétones sont nommées avec la terminaison "one" (avec indice de position si nécessaire).

**Application 5** Représenter les formules topologiques associées aux composés suivants : butanal ; pentanal ; butanone ; pentan-2-one ; pentan-3-one.

### II.3. Familles fonctionnelles trivalentes

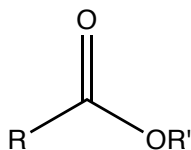
Les fonctions trivalentes sont celles pour lesquelles l'atome de carbone fonctionnel est lié formellement à trois hétéroatomes (une liaison double compte pour deux). Trois familles ont été étudiées au lycée : les acides carboxyliques, les esters et les amides. L'atome de carbone fonctionnel porte nécessairement le numéro 1.

Les acides carboxyliques ont un nom de la forme "acide ...oïque". Par exemple, "acide éthanoïque" pour celui possède une chaîne à deux atomes de carbone. Ils ont souvent des noms d'usage, associés à leur origine ou leur odeur. L'acide éthanoïque est couramment appelé acide acétique, du latin *acetum* pour vinaigre, donc il est le constituant (*devinez d'où viennent les noms "acide formique", "acide butyrique", "acide caproïque"*). Le programme du lycée mentionne aussi la base conjuguée de l'acide carboxylique, l'ion carboxylate. Le nom est de la forme "ion ... oate", comme "ion éthanoate".

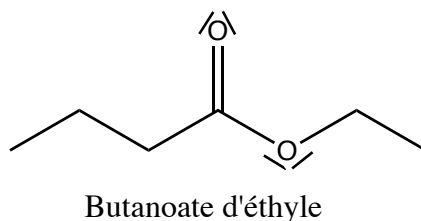
**Application 6** Représenter les formules topologiques associées aux composés suivants : acide propanoïque, acide 2-méthylpentanoïque, ion 2-éthylhexanoate.

Les esters possèdent aussi une structure avec un atome de carbone lié par une liaison double à un atome d'oxygène et par une liaison simple à un autre d'oxygène. La différence réside dans le fait que ce deuxième atome d'oxygène est lui-même lié à une chaîne carbonée. Les chaînes carbonées sont usuellement notées R, et au besoin R' (ou R<sup>1</sup> et R<sup>2</sup>, mais pas R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> pour

éviter toute confusion avec une chaîne R présente deux fois). Les esters ont donc pour formule générique, qui peut être notée dans le corps de texte  $\text{RCOOR}'$  ou  $\text{RCO}_2\text{R}'$  ou  $\text{RC}(=\text{O})\text{OR}'$  :

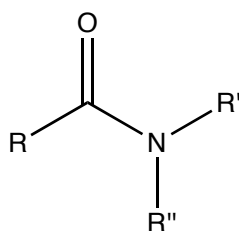


Pour le nommer, il faut nommer le carboxylate de formule  $\text{RCOO}^-$  puis ajouter une terminaison de type "d'alkyle" pour la chaîne  $\text{R}'$  :



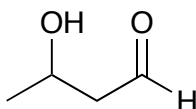
**Application 7** Représenter les formules topologiques associées aux composés suivants : propanoate de méthyle, méthanoate de propyle, acétate d'éthyle.

Les amides sont les analogues azotés des esters : l'atome d'oxygène qui porte les liaisons simples avec les atomes de carbone est remplacé par un atome d'azote. La formule générique d'un amide est représentée ci-dessous. Un amide utilisé parfois comme solvant en chimie organique est le DMF, pour *N,N*-diméthylformamide, le nom courant du *N,N*-diméthylméthanamide, où  $\text{R} = \text{H}$  et  $\text{R}' = \text{R}'' = \text{CH}_3$ . Les amides sont présents de manière secondaire dans le programme de CPGE, seulement en deuxième année PC.



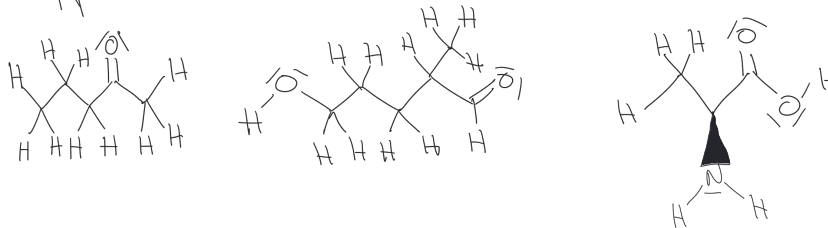
## II.4. Composés polyfonctionnels

Des règles plus complexes existent pour nommer les molécules polyfonctionnelles. L'idée directrice est que les groupes caractéristiques trivalents sont prioritaires face aux divalents, eux-mêmes prioritaires face aux monovalents, pour imposer la nomenclature. Ainsi le composé suivant se nomme : 3-hydroxybutanal.

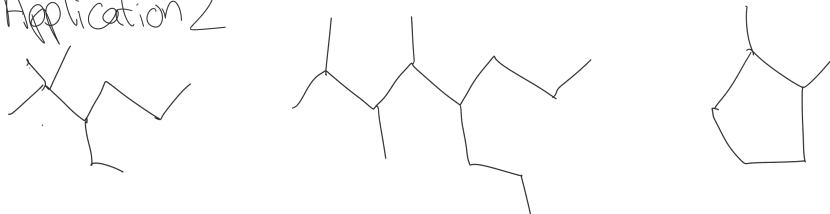


## Corrections des applications

### Application 1



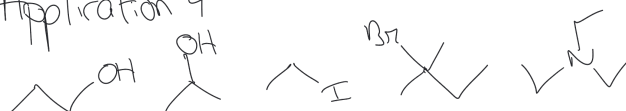
### Application 2



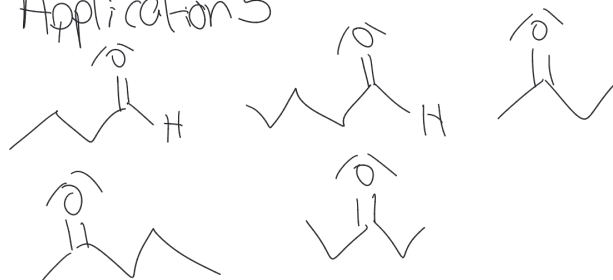
### Application 3



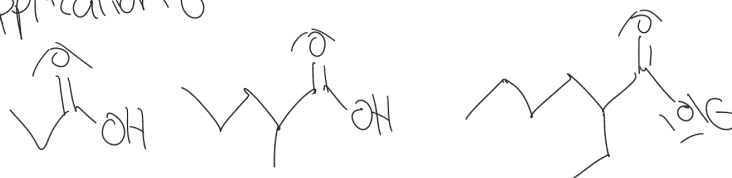
### Application 4



### Application 5



### Application 6



### Application 7

