

I. L'oxygène dans les composés organiques

1. Rappel

L'atome d'oxygène a pour numéro atomique $Z = 8$. Son schéma de Lewis est :



L'atome d'oxygène présente deux électrons célibataires, il y a donc possibilité de deux liaisons de covalence. L'atome d'oxygène est divalent.

Liaison de covalence :
mise en commun de deux électrons célibataires.

Élément divalent :
élément qui forme deux liaisons de covalence.

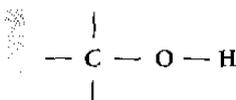
2. Composés organiques oxygénés

Les composés organiques oxygénés sont constitués de molécules organiques comportant un ou plusieurs atomes d'oxygène.

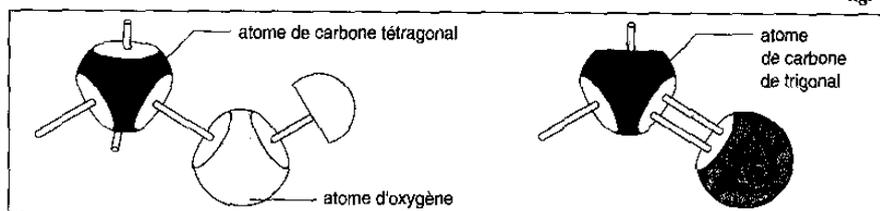
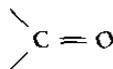
3. Liaisons de l'atome d'oxygène

Pour satisfaire à la divalence, l'atome d'oxygène peut être lié (fig. 1) :

– soit par deux liaisons de covalence simples à deux atomes, un atome d'hydrogène H, un atome de carbone C ;



– soit par une liaison de covalence double avec un atome de carbone C.



II. Les alcools

On connaît de nombreux alcools naturels : le menthol, le rétinol (vitamine A).

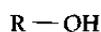
Le plus courant est l'alcool éthylique (éthanol) contenu dans les boissons alcoolisées.

1. Définition

Un alcool est un composé organique dont la molécule comporte un groupe hydroxyle, --- OH , fixé sur un atome de carbone tétragonal.

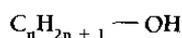
2. Formule générale

La formule générale d'un alcool peut s'écrire :



en désignant par R un groupe alkyle.

Si R correspond au groupement $\text{--- C}_n\text{H}_{2n+1}$, on obtient la formule chimique d'un alcool :

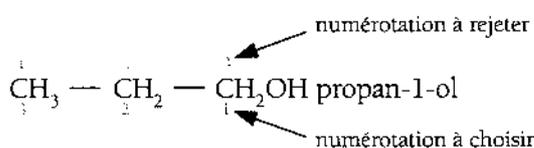


3. Nomenclature

Le nom d'un alcool est obtenu à partir du nom de l'alcane de même chaîne carbonée en remplaçant le « e » final par la terminaison « ol ». Exemple : à l'éthane de formule C_2H_6 correspond l'alcool $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ qui est appelé éthanol ou alcool éthylique.

Attention : avant la terminaison « ol », s'il y a lieu, on place un indice qui indique la position du groupe — OH dans la formule. Cet indice doit être le plus petit possible. Les exemples suivants vont montrer comment placer cet indice.

a. Chaîne carbonée linéaire

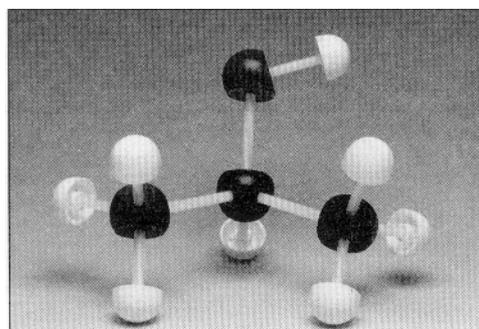
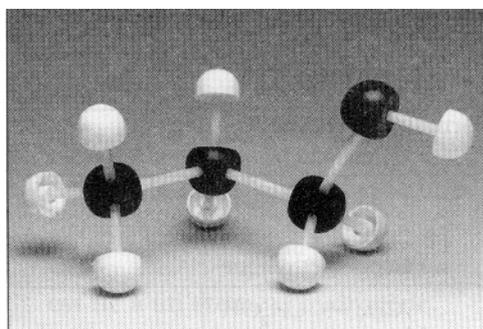


On retient la numérotation placée au-dessous de la formule : ainsi le groupe — OH se trouve relié à l'atome de carbone portant le numéro 1. D'où la désignation de l'alcool propan-1-ol (fig. 2a).

$\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ est l'isomère du précédent. Il est appelé : propan-2-ol (fig. 2b).

fig. 2a

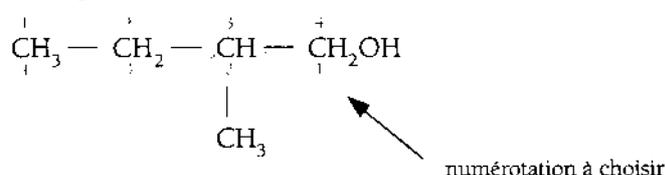
fig. 2b



b. Chaîne carbonée ramifiée

Le nom d'un alcool à chaîne ramifiée est obtenu en utilisant la règle précédente appliquée à une chaîne carbonée principale, comportant le groupe — OH, la plus longue possible. On tient compte des groupes alkyles fixés sur la chaîne principale en indiquant leur indice de position devant leur nom.

Exemple : l'alcool 2-méthylbutan-1-ol.



■ 4. Classes d'alcool

L'atome de carbone fonctionnel est l'atome de carbone portant le groupe hydroxyle OH.

Un alcool est dit :

- primaire, si l'atome de carbone fonctionnel est lié à un autre carbone et à deux atomes d'hydrogène ;
- secondaire, si l'atome de carbone fonctionnel est lié à deux autres atomes de carbone et à un atome d'hydrogène ;
- tertiaire si l'atome de carbone fonctionnel est lié à trois autres atomes de carbone.

Ainsi, on obtient les formules suivantes :

| Primaire | Secondaire | Tertiaire |
|---|---|---|
| $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} \\ \text{R} - \text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{R}' \\ \\ \text{R} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{H} \\ \text{R} - \text{CHOH} - \text{R}' \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{R}' \\ \\ \text{R} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{R}'' \\ \text{R} - \text{COH} - \text{R}' \\ \\ \text{R}'' \end{array}$ |

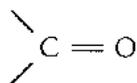
■ 5. Quelques alcools

| Alcane | Alcool | | |
|---|------------------------------------|---|---------------------------|
| | Formule brute nom | Formule générale | Formule développée Nom |
| CH_4 méthane | $\text{CH}_3 - \text{OH}$ | $\text{H} - \text{CH}_2\text{OH}$ méthanol ou alcool méthylique | primaire |
| C_2H_6 éthane $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ | $\text{C}_2\text{H}_5 - \text{OH}$ | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$ éthanol ou alcool éthylique | primaire |
| C_3H_8 propane $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ | $\text{C}_3\text{H}_7 - \text{OH}$ | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ propan-1-ol | primaire |
| | | $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ propan-2-ol | secondaire |
| C_4H_{10} butane $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ | $\text{C}_4\text{H}_9 - \text{OH}$ | $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ butan-1-ol | primaire |
| | | $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ butan-2-ol | secondaire |
| C_4H_{10} méthylpropane $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$ CH_3 | $\text{C}_4\text{H}_9 - \text{OH}$ | $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2\text{OH}$ CH_3 2-méthylpropan-1-ol | primaire |
| | | $\text{CH}_3 - \text{COH} - \text{CH}_3$ CH_3 2-méthylpropan-2-ol | tertiaire |

III. Les aldéhydes et les cétones

■ 1. Composés carbonylés

Les aldéhydes et les cétones sont des composés organiques carbonylés car leur molécule comporte le groupe carbonyle :



Dans le groupe carbonyle, l'atome de carbone fonctionnel est lié par une liaison de covalence double à un atome d'oxygène.

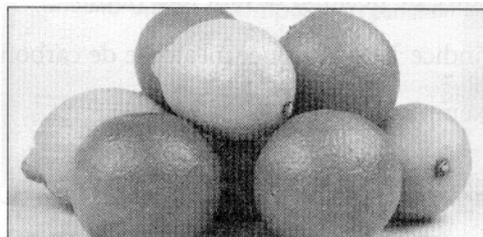
■ 2. Aldéhydes

a. Définition

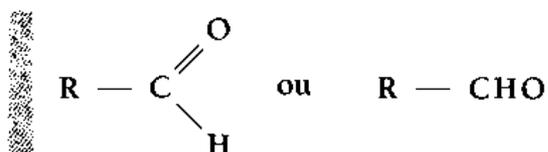
Un aldéhyde est un composé carbonylé dont l'atome de carbone

du groupe carbonyle $\begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{C} = \text{O}$ est lié à un atome d'hydrogène.

fig. 3. Les agrumes, citrons, oranges, contiennent des aldéhydes naturels.

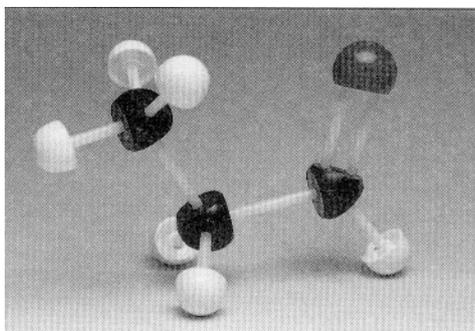
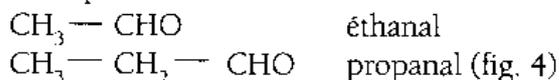


b. Formule générale



Dans la molécule, le groupe carbonyle est en fin de chaîne carbonée.

Exemples



c. Nomenclature

Chaîne carbonée linéaire

Le nom d'un aldéhyde est obtenu à partir du nom de l'alcane de même chaîne carbonée en remplaçant le « e » final par la terminaison « al ».

Exemples

– À l'éthane de formule C_2H_6 correspond l'aldéhyde $\text{CH}_3 - \text{CHO}$ qui est appelé éthanal (fig. 5a). On notera que l'éthanal est encore appelé parfois l'acétaldéhyde.

– Au méthane de formule CH_4 correspond l'aldéhyde $\text{H} - \text{CHO}$ qui est appelé méthanal (fig. 5b).

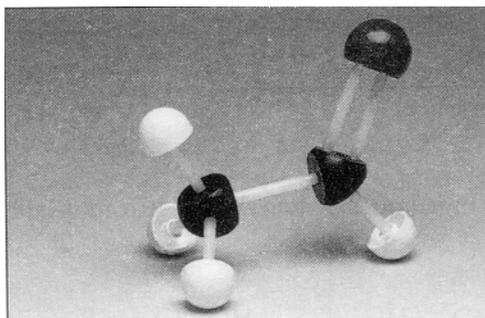


fig. 5a

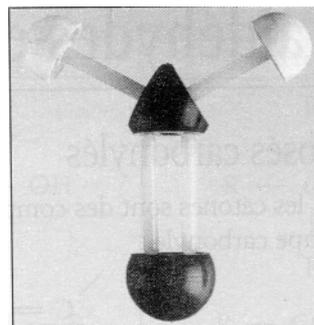


fig. 5b

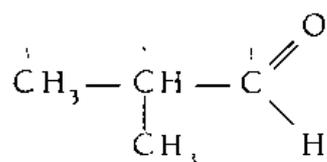
Chaîne carbonée ramifiée

Le nom d'un aldéhyde à chaîne ramifiée est obtenu en utilisant la règle précédente, appliquée à une chaîne carbonée principale comportant le groupe carbonyle $\text{C}=\text{O}$, la plus longue possible.

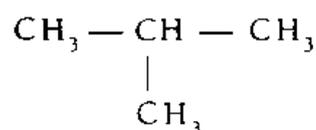
On tient compte des groupes alkyles fixés sur la chaîne principale en indiquant leur indice de position devant leur nom.

L'indice 1 est attribuée à l'atome de carbone du groupe $\text{C}=\text{O}$.

Exemple :



d'où le nom : 2-méthylpropanal car cet aldéhyde est de même chaîne carbonée que le 2-méthylpropane :

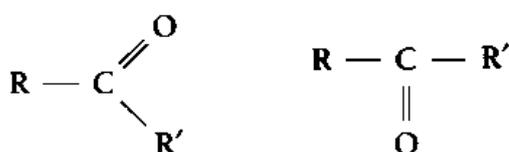


■ 3. Cétones

a. Définition

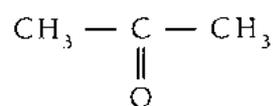
Les cétones sont des composés carbonylés dont l'atome de carbone du groupe carbonyle $\text{C}=\text{O}$ est lié à deux atomes de carbone.

b. Formule générale

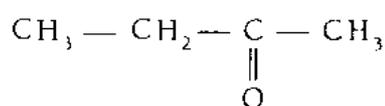


Dans la molécule, le groupe carbonyle est au milieu de la chaîne carbonée.

Exemples :



propanone (ou acétone)



butanone

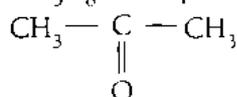
c. Nomenclature

Le nom d'une cétone est obtenu à partir du nom de l'alcane de même chaîne carbonée en remplaçant le « e » final par la terminaison « one ».

Attention : avant la terminaison « one », s'il y a lieu, on place un indice qui indique la position du groupe $\text{C}=\text{O}$ dans la formule. Cet indice doit être le plus petit possible.

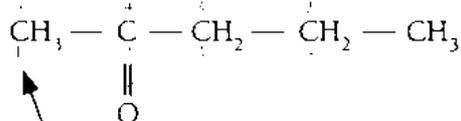
Exemples :

- À l'alcane C_3H_8 correspond la cétone



qui est la propanone (ou acétone) (fig. 6 et 7)

- À l'alcane C_5H_{12} peut correspondre par exemple la cétone pentan-2-one :

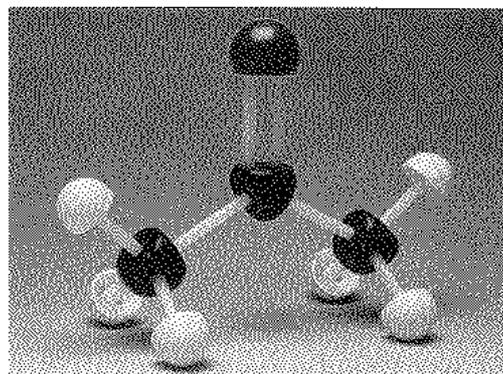


numérotation à choisir

fig. 6



fig. 7



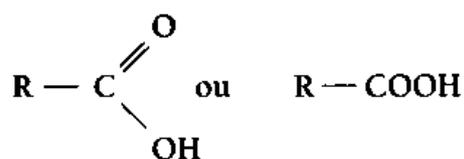
IV. Les acides carboxyliques

■ 1. Définition

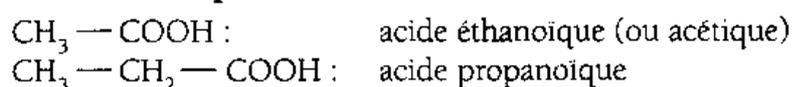
Un acide carboxylique est un composé organique dont la molécule comporte



■ 2. Formule générale



■ 3. Exemples



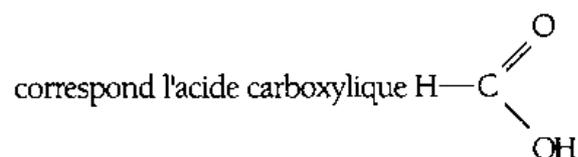
■ 4. Nomenclature

a. Chaîne carbonée linéaire

Le nom d'un acide carboxylique est obtenu à partir du nom de l'alcane de même chaîne carbonée, en remplaçant le « e » final par la terminaison « oïque » ; l'ensemble étant précédé du mot acide.

Exemples

- À l'alcane méthane de formule CH_4



qui est appelé acide méthanoïque ou acide formique.

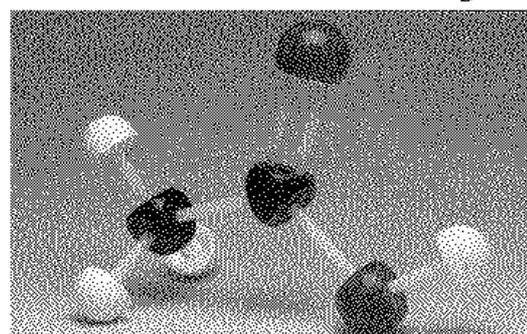


fig. 12

- À l'éthane de formule C_2H_6 correspond $\text{CH}_3 - \text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{\ / } \\ \text{\ / OH} \end{array}$ qui est appelé acide éthanoïque ou acide acétique (fig. 12).

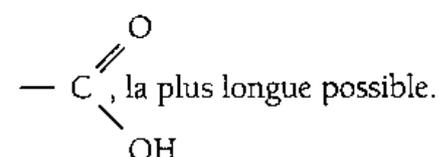
- De même :

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{array}{l} \text{// O} \\ \text{\ / } \\ \text{\ / OH} \end{array}$ correspond au butane de formule C_4H_{10} . Cet acide est

l'acide butanoïque ou acide butyrique.

b. Chaîne carbonée ramifiée

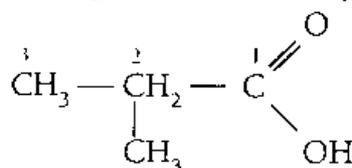
Le nom d'un acide carboxylique à chaîne ramifiée est obtenu en utilisant la règle précédente, appliquée à une chaîne carbonée principale comportant le groupe carboxyle



On tient compte des groupes alkyles fixés sur la chaîne principale en indiquant leur indice de position devant leur nom.

L'indice 1 est attribué à l'atome de carbone du groupe — $\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$

Exemple : acide 2-méthylpropanoïque



Cet acide est de même chaîne carbonée que le 2-méthylpropane.

■ 5. Solutions aqueuses d'acides carboxyliques

Pour tester le caractère acide d'une solution on utilise un indicateur coloré appelé bleu de bromothymol (ou BBT en abrégé). Le BBT est jaune en milieu acide, vert en milieu neutre et bleu en milieu basique.

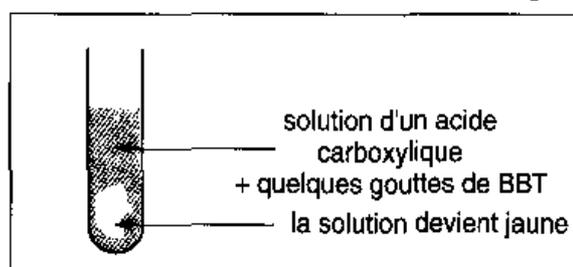
fig. 13

Expérience

Dans un tube à essais contenant une solution d'acide carboxylique on ajoute quelques gouttes de BBT (fig. 13).

Résultat

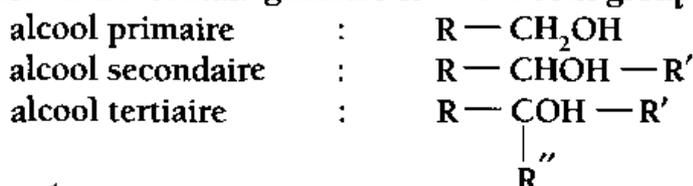
La solution prend une couleur jaune.



La solution d'acide carboxylique a un caractère acide.

L'essentiel

- Les alcools de formule générale $\text{R} - \text{OH}$ sont groupés en trois classes :



- Les composés carbonylés contiennent le groupe carboxyle $\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \end{array}$.

Ils comprennent les aldéhydes de formule générale $\text{R} - \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ et les cétones de formule générale $\text{R} - \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ | \\ \text{R}' \end{array}$.

Tous ces composés donnent un précipité jaune avec une solution de 2,4 - DNPH.

Les aldéhydes, réducteurs, donnent un précipité « rouge brique » avec la liqueur de Fehling et forment un miroir d'argent avec le réactif de Tollens.

- Les acides carboxyliques ont pour formule générale $\text{R} - \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$; leurs solutions aqueuses ont un caractère acide.

EXERCICES

1.

Donner le nom des composés suivants selon la nomenclature officielle.

- a) $\text{CH}_3\text{---CHOH---CH}_3$
 b) $\text{CH}_3\text{---CHO}$
 c) $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CO---CH}_3$
 d) $\text{CH}_3\text{---CHOH---CH}_2\text{---CH}_3$
 e) $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---COOH}$
 f) H---CHO

2.

Écrire la formule semi-développée des composés suivants :

- a) propan-2-ol
 b) propanone
 c) acide butanoïque
 d) méthanol
 e) acide éthanoïque
 f) 2-méthylpropanal

3.

Quel est le test de reconnaissance commun aux aldéhydes et aux cétones ? Le décrire. Quel est le groupement fonctionnel ainsi détecté ?

4.

Quels sont les deux tests de reconnaissance des aldéhydes ? Sur quelle propriété sont-ils fondés ? Décrire chaque test et indiquer l'espèce chimique réagissante avec l'aldéhyde.

5.

On considère un composé organique de formule $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$.

Donner la formule semi-développée et le nom de tous les isomères de ce corps ayant une des fonctions étudiées dans ce chapitre.

6.

Même exercice que le numéro 5, pour le composé organique de formule $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$.

7.

Donner les noms des composés suivants selon la nomenclature officielle :

- a) $\text{CH}_3\text{---CH---C---CH}_3$
 | ||
 $\text{CH}_3\text{---O}$
- b) $\text{C}_2\text{H}_5\text{---COH---CH}_2\text{---CH}_3$
 |
 CH_2
 |
 C_2H_5
- c) $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---COOH}$
 |
 C_2H_5
- d) $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CHOH---CH}_2\text{---C}_2\text{H}_5$
 |
 CH_2
 |
 C_2H_5

8.

Donner la formule générale, en utilisant le groupe alkyle $\text{R} : \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$:

- d'un alcool ;
- d'un aldéhyde ;
- d'une cétone ;
- d'un acide carboxylique.

En appelant x le nombre total d'atomes de carbone dans chaque cas, exprimer chaque formule brute en fonction de x . En déduire l'expression de la masse molaire de chaque composé en fonction de x .

9.

En s'aidant de l'exercice 8, trouver la formule brute d'un composé organique A dont la masse molaire est égale à $72 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, sachant que ce composé A réagit positivement avec la 2,4 - DNPH, positivement avec la liqueur de Fehling, et que sa chaîne carbonée est linéaire.