

Élaborer des stratégies en synthèse organique

La chimie organique est la chimie des composés du carbone. Les propriétés chimiques des molécules dépendent de la présence de groupes d'atomes particuliers, appelés « groupes caractéristiques ». Lors d'une synthèse organique, ces différents groupes fonctionnels sont susceptibles de réagir dans les conditions de l'expérience. Grâce à sa maîtrise des techniques expérimentales, le chimiste est capable d'utiliser les caractéristiques des molécules organiques pour synthétiser de nouvelles molécules et fabriquer des matériaux innovants qui répondent aux besoins et aux évolutions de la société.

I. Comment nommer un alcane et un alcène ?

Étape 1. On cherche la chaîne carbonée la plus longue. C'est elle qui donne son nom à l'alcane.

Étape 2. En préfixe, on ajoute le nom (sans le e final) du groupe fixé sur la chaîne principale. On repère sa position en numérotant la chaîne principale afin de donner le plus petit nombre au carbone qui porte le groupe. Ce nom est placé devant le nom du groupe.

Étape 3. Lorsqu'il y a plusieurs groupes identiques, on place le préfixe di-, tri-, tétra- devant le nom du groupe.

Étape 4. Lorsqu'il y a des groupes différents, on les nomme dans l'ordre alphabétique. Le plus petit nombre étant affecté au groupe placé en tête dans l'ordre alphabétique.

nombre d'atomes de carbone	1	2	3	4	5	6
nom de l'alcane	méthane	éthane	propane	butane	pentane	hexane
nom du groupe alkyle	méthyle	éthyle	propyle	butyle	pentyle	hexyle

Pour les **alcènes** : la numérotation de la chaîne la plus longue se fera de telle sorte que le plus petit numéro sera porté par le carbone de la double liaison. Ce numéro sera ajouté devant le suffixe -ène. Exemple : but-2-ène.

II. Comment reconnaître les différents groupes caractéristiques ?

Un groupe caractéristique est un groupement d'atomes comportant au moins un atome autre que le carbone et l'hydrogène (oxygène, azote, chlore, etc.). Les molécules possédant le même groupe caractéristique présentent des propriétés similaires et constituent ainsi une famille chimique.

famille	alcool	aldéhyde
groupe caractéristique	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{R}'-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{R}'' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{R} \quad \text{H} \end{array}$
nom du groupe	groupe hydroxyle	groupe carbonyle
suffixe à mettre au nom	-ol	-al

famille	cétone	acide carboxylique
groupe caractéristique	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{R} \quad \text{R}' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{R} \quad \text{O}-\text{H} \end{array}$
nom du groupe	groupe carbonyle	groupe carboxyle
suffixe à mettre au nom	-one	(acide)-oïque

famille	ester	amine
groupe caractéristique	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R}' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \parallel \\ \text{R}'-\text{N}-\text{R}'' \end{array}$
nom du groupe	groupe ester	groupe amine
suffixe à mettre au nom	-oate de -yle	-amine

famille	amide
groupe caractéristique	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{N}-\text{R}' \\ \\ \text{R}'' \end{array}$
nom du groupe	groupe amide
suffixe à mettre au nom	-amide

Pour déterminer les noms des molécules portant un groupe caractéristique, on remplace la terminaison -ane de l'alcane par la terminaison du groupe caractéristique. Dans le cas des alcools et des cétones, il faut préciser la place du groupe hydroxyle ou carbonyle.

Le nom exact d'une molécule permet notamment de distinguer des **isomères de constitution** (espèces de formules brutes identiques mais de formules semi-développées différentes).

III. Qu'est-ce qu'une réaction en chimie organique ?

En chimie organique, on distingue deux types de réactions :

- celles avec **modifications de chaîne** ;
- celles avec **modification du groupe caractéristique**.

Les différentes modifications peuvent être décrites en faisant appel à l'une des réactions suivantes :

- **l'addition** : la double (ou triple) liaison entre deux atomes de carbone va être remplacée par une simple (ou double) liaison. En général, deux réactifs donnent un produit ;
- **l'élimination** : elle correspond à la réaction inverse de l'addition. En général, un réactif donne deux produits ;
- **la substitution** : elle correspond à une addition suivie d'une élimination. Un groupe d'atomes est remplacé par un autre groupe

d'atomes.

On peut ajouter à ces trois familles de réactions les **réactions acido-basiques** et les **réactions d'oxydoréductions** vues dans d'autres chapitres du cours.

IV. Comment déterminer la polarisation d'une liaison ?

Lorsqu'une liaison covalente s'établit entre deux atomes identiques, le doublet d'électrons est partagé équitablement entre les deux atomes. En revanche, si la liaison s'établit entre deux atomes A et B d'électronégativités différentes, le doublet liant n'est pas équitablement partagé entre les deux atomes : c'est l'atome le plus **électronégatif** qui attire davantage les électrons de la liaison. Ce partage dissymétrique du doublet d'électrons entraîne l'apparition d'une **charge partielle positive** δ_+ sur l'élément le moins électronégatif, et d'une **charge partielle négative** δ_- sur l'atome le plus électronégatif. La liaison A - B est dite polarisée. Si la différence d'électronégativité est très importante, le doublet électronique est entièrement localisé, sous forme d'un doublet non liant, sur l'atome le plus électronégatif, qui porte alors une charge (-), tandis que l'atome le moins électronégatif porte une charge (+). Il s'agit alors d'une **liaison ionique**.

A plus électronégatif que B : $\chi_A > \chi_B$

$$\Delta x < 0,4$$



liaison covalente
non polarisée

$$0,4 < \Delta x < 1,7$$



liaison covalente
polarisée

$$\Delta x > 1,7$$



liaison ionique

Un **site donneur de doublet d'électrons** est un lieu présentant un excès de charges négatives. Un **site accepteur de doublets d'électrons** est un lieu présentant un défaut de charges négatives.

V. Quelles sont les différentes étapes d'une synthèse organique ?

La synthèse d'une espèce chimique se décompose en quatre étapes successives.

- La **réaction chimique** s'effectue dans un réacteur (ballon ou erlenmeyer) dans lequel sont introduits les réactifs ainsi que le solvant et le catalyseur éventuel. À la fin de la réaction, le réacteur contient un mélange d'espèces chimiques, dont le produit recherché.
- L'étape d'**extraction** consiste à isoler le produit recherché des autres espèces présentes dans le milieu réactionnel (réactifs n'ayant pas réagi, produits secondaires, catalyseur, solvant). On obtient un produit brut, contenant des impuretés en faible quantité.
- Le produit brut subit une étape de **purification** consistant à éliminer les impuretés afin d'obtenir un produit purifié.
- Enfin, les étapes **d'analyses** permettent de contrôler la nature et la pureté du produit synthétisé. Le descriptif des manipulations à effectuer lors de ces différentes étapes constitue le protocole expérimental de la synthèse organique.

Zoom sur...

La synthèse en chimie organique

Les paramètres expérimentaux influencent le déroulement de la réaction chimique et sont choisis de façon à optimiser la synthèse organique : l'ajout d'un solvant éventuel permet de solubiliser les réactifs et d'obtenir un mélange réactionnel homogène, notamment lorsque les réactifs sont peu miscibles. Dans le cas de transformations lentes, on agit sur les facteurs cinétiques afin d'augmenter la vitesse de réaction : ajout d'un catalyseur spécifique et/ou augmentation de la température par chauffage du milieu réactionnel. Le contrôle du pH est également un facteur important pour les réactions s'effectuant en milieu acide ou basique.

Le rendement ρ d'une synthèse est un **indicateur d'efficacité** important dans le cadre des applications industrielles, car il permet d'apprécier sa rentabilité économique. On le définit comme le **rapport** entre la **quantité de matière** de produit P **effectivement obtenue** après purification n_{exp} , et la **quantité de matière** n_{max} que l'on pourrait obtenir **si la réaction était totale**. La relation

reste vraie avec les masses. $\rho = \frac{n_{exp}}{n_{max}} = \frac{m_{exp}}{m_{max}}$.

Sa valeur, comprise entre 0 et 1, dépend fortement des paramètres expérimentaux de la synthèse vus précédemment : température, durée du chauffage, homogénéité du milieu réactionnel, présence d'un réactif en excès, etc.

Le rendement ne doit pas être le seul indicateur à considérer pour évaluer la qualité d'une synthèse. En effet, il faut également considérer les aspects liés à la **sécurité** et à l'**impact environnemental**.