

# Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

## Chapitre 4 : Transformation et synthèse en chimie

### I - La transformation chimique

#### 1) Comment représenter une molécule ?

##### a) Formule brute

Un atome est désigné par un nom et un symbole chimique.

C'est le cas pour l'hydrogène, de symbole  $H$ , ou pour l'hélium de symbole  $He$ .

**La formule brute d'une molécule est l'écriture la plus compacte décrivant la nature et le nombre des atomes de cette molécule.**

Pour écrire une formule brute, on écrit côte à côte les symboles des éléments présents dans la molécule, en précisant (en indice en bas à droite) le nombre d'atomes de chaque élément.

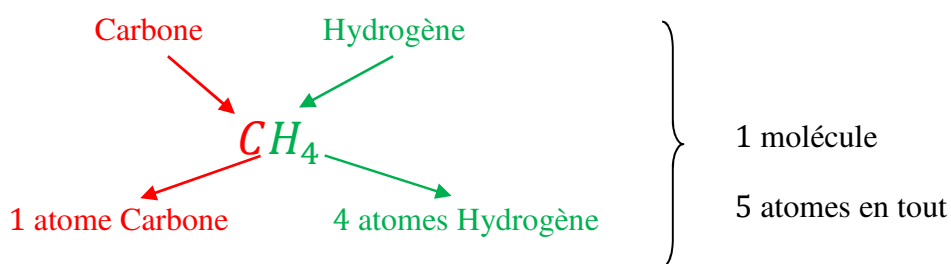
*Remarque :*

Lorsqu'il n'y a qu'un atome, le chiffre 1 n'est pas indiqué en indice.

*Exemples :*

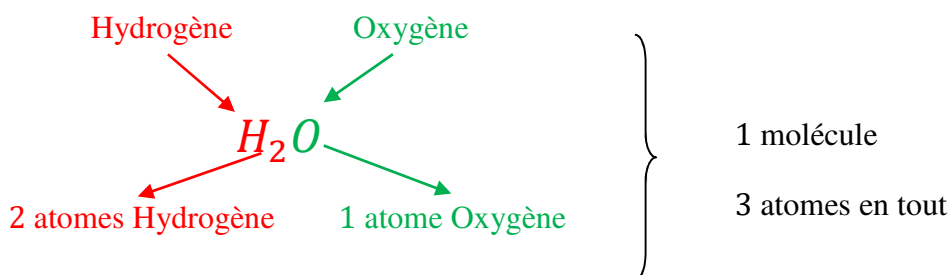
- la molécule de méthane :

2 éléments chimiques :



- la molécule d'eau :

2 éléments chimiques :



## b) Récapitulatif

**Une molécule est un édifice électriquement neutre, formée d'un nombre limité d'atomes liés les uns aux autres.**

**La formule brute d'une molécule est l'écriture la plus compacte décrivant la nature et le nombre de ses atomes.**

## 2) Qu'est-ce qu'une réaction chimique ?

### a) Notion

*Exemple :*

Lorsque l'on fait réagir du méthane avec du dioxygène, on obtient par combustion complète du dioxyde de carbone et de l'eau.

Au cours de cette réaction, des espèces chimique **disparaissent** (le méthane et le dioxygène) et d'autres espèces **apparaissent** (le dioxyde de carbone et l'eau).

**La combustion complète du méthane est un exemple de réaction chimique.**

*Remarque :*

Lorsque l'on appuie sur la valve d'un briquet, le butane, présent sous forme liquide dans le briquet se vaporise et se répand à l'état gazeux dans l'atmosphère.



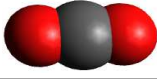
Au cours de cette transformation les molécules de butane n'ont pas été modifiées.

La vaporisation, comme tout changement d'état, est un exemple de transformation physique et non de transformation chimique.

### b) Comment interpréter une transformation chimique ?

#### i) *L'interprétation de la combustion du carbone*

La combustion du carbone dans le dioxygène est une transformation chimique que l'on peut résumer ainsi :

Transformation chimique	Réactifs (avant la transformation) : carbone et dioxygène		Produit (après la transformation) : dioxyde de carbone
Equation littérale de la réaction chimique	<i>carbone</i> + <i>dioxygène</i>		<i>→ dioxyde de carbone</i>
Modèles moléculaires des espèces chimiques			
Formules brutes des espèces chimiques	<i>C</i>	<i>O<sub>2</sub></i>	<i>CO<sub>2</sub></i>
Nombre et nature des atomes	<i>1 atome de carbone</i>	<i>2 atomes d'oxygène</i>	<i>1 atome de carbone 2 atomes d'oxygène</i>
Equation de la réaction chimique	<i>C</i>	+ <i>O<sub>2</sub></i>	<i>→ CO<sub>2</sub></i>

Un atome de carbone réagit (signe « + ») avec une molécule de dioxygène pour donner (signe « → ») une molécule de dioxyde de carbone.

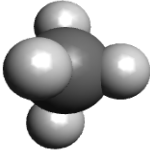

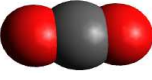

On retrouve bien les mêmes atomes, en même nombre avant et après la réaction.

On dit que l'équation de la réaction chimique est équilibrée.

ii) *L'interprétation de la combustion du méthane*

Sa combustion complète donne les mêmes produits que celle du butane, c'est-à-dire du dioxyde de carbone et de l'eau.

Résumons cette transformation chimique :

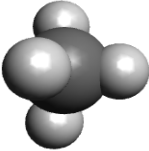
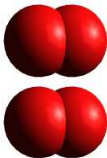

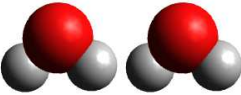
Transformation chimique	Réactifs (avant la transformation) : carbone et dioxygène		Produit (après la transformation) : dioxyde de carbone	
Equation littérale de la réaction chimique	<i>méthane</i> + <i>dioxygène</i>		→ <i>dioxyde de carbone</i> + <i>eau</i>	
Modèles moléculaires des espèces chimiques				
Formules brutes des espèces chimiques	$CH_4$	$O_2$	$CO_2$	$H_2O$

Si on ne considère qu'une seule molécule de chaque corps pur avant et après la réaction, il n'y a pas conservation du nombre des atomes de chaque espèce : l'équation de la réaction chimique n'est pas équilibrée.

Il faut donc placer des coefficients multiplicatifs devant les molécules afin d'équilibrer l'équation de la réaction chimique.

Le rôle de ces coefficients s'interprète de la façon suivante :

- pour retrouver les 4 atomes d'hydrogène de la molécule de méthane, il faut former 2 molécules d'eau ;
- 2 molécules de dioxygène, soit 4 atomes d'oxygène, sont alors nécessaires pour obtenir les produits.

Modèles moléculaires des espèces chimiques				
Nombre et nature des atomes	1 atome de carbone 4 atomes d'hydrogène	4 atomes d'oxygène	1 atome de carbone 2 atomes d'oxygène	2 atomes d'oxygène 4 atomes d'hydrogène
Equation de la réaction chimique	$CH_4$	+ $2 O_2$	→ $CO_2$	+ $2 H_2O$

On peut maintenant traduire cette équation chimique :

**une** molécule de méthane réagit (+) avec **deux** molécules de dioxygène pour donner (→) **une** molécule de dioxyde de carbone et **deux** molécules d'eau.

L'équation de la réaction chimique est équilibrée.

### c) Ajustement des nombres stœchiométriques

#### i) Conservation de la masse

Un principe fondamental de toute transformation chimique est la conservation de la masse, énoncé par Antoine Laurent de Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. ».

*Exemple :*

Lors de la combustion du carbone dans le dioxygène, si 11 g de carbone ( $C_{(s)}$ ) et 8 g de dioxygène ( $O_{2(g)}$ ) sont consommés, il se forme alors 19 g de dioxyde de carbone ( $CO_{2(g)}$ ).

**Au cours d'une transformation chimique, la masse des réactifs qui disparaissent est égal à la masse des produits qui se forment :**

$$m_{\text{réactifs}} = m_{\text{produits}}$$

**Il y a conservation de la masse.**

#### ii) Cas ne présentant pas d'espèces chimiques chargées

*Exemple :*

Comme celle de tout sucre, la combustion complète du glucose de formule chimique brute  $C_6H_{12}O_6$ , dans le dioxygène  $O_2$  de l'air fourni du dioxyde de carbone  $CO_2$  et de l'eau  $H_2O$ .

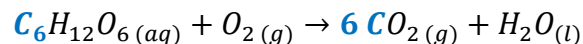
L'écriture de l'équation de cette réaction se fait étapes par étapes :

1. Ecrire les formules des réactifs dans le premier membre et celles des produits dans le second membre, en indiquant leur état physique :



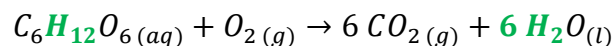
2. Assurer la conservation de chaque élément, en commençant par l'élément carbone par exemple, dans chacun des membres.

6 atomes de carbone apportées par une molécule de  $C_6H_{12}O_6$  se retrouvent dans 6 molécules de  $CO_2$  contenant chacune un atome de carbone :



3. Assurer la conservation d'un autre élément qui intervient dans la réaction chimique, l'élément hydrogène.

12 atomes d'hydrogène du premier membre apportées par une molécule de  $C_6H_{12}O_6$  se retrouve dans 6 molécules de  $H_2O$  contenant chacune deux atomes d'hydrogène :

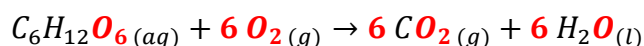


4. Assurer pour finir dans cet exemple, la conservation de l'élément oxygène.

18 atomes ( $6 \times 2 + 6$ ) d'atomes d'oxygène présents dans le second membre doivent être présentes dans le premier.

Une molécule de glucose  $C_6H_{12}O_6$  apportant 6 atomes d'oxygène, 6 molécules de Dioxygène  $O_2$  contenant chacune deux atomes d'oxygène sont alors nécessaires.

L'écriture correcte de l'équation de cette réaction est alors :



**Cette équation chimique, ajustée (ou équilibrée), traduit un bilan en quantité de matière (atomes pour chaque élément chimique).**

**Elle se lit : 1 molécule de glucose réagit avec 6 molécules de dioxygène pour donner 6 molécules de dioxyde de carbone et 6 molécules d'eau.**

*Remarque :*

Il est possible de commencer à équilibrer l'élément hydrogène plutôt que l'élément carbone.

Toutefois, en ce qui concerne l'élément oxygène, il est préférable de finir par lui parce qu'il est présent dans deux molécules parmi les produits.

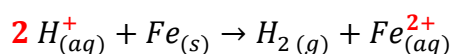
**iii) Cas présentant des espèces chimiques chargées**

*Exemple :*

La réaction de l'acide chlorhydrique,  $H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ , avec le fer  $Fe_{(s)}$  consomme des ions hydrogène  $H^+_{(aq)}$  et du fer  $Fe_{(s)}$ .

Il se forme alors du dihydrogène  $H_{2(g)}$  et des ions fer (II)  $Fe^{2+}_{(aq)}$  en présence d'ions chlorure  $Cl^-_{(aq)}$ .

L'équation chimique de cette réaction s'écrit donc :



Le nombre **2** placé devant la formule de l'ion hydrogène  $H^+_{(aq)}$  assure **la conservation des charges**.

Il assure également **la conservation de l'élément** hydrogène.

*Remarque :*

En cherchant à équilibrer l'équation d'une réaction chimique à l'aide des charges, on équilibre en même temps l'élément chimique concerné, et inversement.

**d) Récapitulatif**

**Les réactifs sont placés à gauche et les produits à droite d'une flèche orientée de gauche à droite afin de préciser le sens d'évolution du système chimique.**

**Au cours d'une réaction chimique, les espèces chimiques des réactifs sont consommées et celles des produits sont formées.**

**Dans une équation chimique, les réactifs et les produits sont représentés par leur formule brute et leur état physique est précisé en indice.**

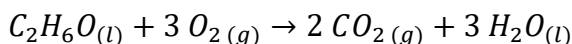
**Des nombres, appelés nombres stœchiométriques, placés devant la formule chimique brute de chaque espèce mise en jeu, assurent la conservation des éléments chimiques et des charges.**

### 3) Comment suivre une réaction chimique ?

#### a) Notion d'avancement

Exemple :

L'équation de combustion de l'éthanol s'écrit :



En utilisant les nombres stœchiométriques au niveau macroscopique (*mol*), on peut dire que :

- si 1 mole d'éthanol  $C_2H_6O_{(l)}$  est consommée, alors 3 moles de dioxygène  $O_{2(g)}$  sont consommées.  
Il se formera alors 2 moles de dioxyde de carbone  $CO_{2(g)}$  et 3 moles d'eau  $H_2O_{(l)}$ .
- si 2 moles d'éthanol  $C_2H_6O_{(l)}$  est consommée, alors 6 moles de dioxygène  $O_{2(g)}$  sont consommées.  
Il se formera alors 4 moles de dioxyde de carbone  $CO_{2(g)}$  et 6 moles d'eau  $H_2O_{(l)}$ .

On peut généraliser ainsi :

Si  $x$  moles d'éthanol  $C_2H_6O_{(l)}$  sont consommées, alors  $3x$  moles de dioxygène  $O_{2(g)}$  sont consommées.

Il se formera alors  $2x$  moles de dioxyde de carbone  $CO_{2(g)}$  et  $3x$  moles d'eau  $H_2O_{(l)}$ .

**L'avancement d'une réaction, noté  $x$ , est une grandeur, exprimée en moles (*mol*), qui permet de suivre l'évolution d'une réaction chimique.**

#### b) Le tableau d'avancement

Lorsque l'on suit l'évolution d'une réaction chimique, on s'intéresse à trois états :

- **l'état initial** : la réaction n'a pas encore commencé, l'avancement  $x$  est nul (tout comme les quantités de matières des produits généralement) ;
- **l'état intermédiaire** : il correspond à un état quelconque au cours de la réaction, l'avancement vaut alors une certaine valeur notée  $x$  ;
- **l'état final** : il correspond à l'état du système à la fin de la réaction. L'avancement  $x$  correspond alors à une valeur maximale notée  $x_{max}$ .

Remarque :

L'avancement maximal  $x_{max}$  est parfois appelé avancement final de la réaction noté  $x_f$ .

On regroupe ces informations dans le tableau d'avancement :

Equation chimique		$\alpha A$	+	$\beta B$	$\rightarrow$	$\gamma C$	+	$\delta D$
Etat du système	Avancement ( <i>mol</i> )							
Initial	$x_i = 0$	$n_i(A)$		$n_i(B)$		0		0
Intermédiaire	$x$	$n_i(A) - \alpha x$		$n_i(B) - \beta x$		$\gamma x$		$\delta x$
Final	$x_{max}$	$n_i(A) - \alpha x_{max}$		$n_i(B) - \beta x_{max}$		$\gamma x_{max}$		$\delta x_{max}$

Exemple :

Le tableau d'avancement qui permet de suivre l'évolution d'un mélange de  $4,0 \text{ mol}$  d'éthanol  $C_2H_6O_{(l)}$  avec  $6,0 \text{ mol}$  de dioxygène  $O_{2(g)}$  lors de la combustion de ce dernier est le suivant :

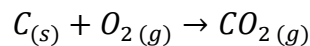
Equation chimique					
Etat du système	Avancement ( $mol$ )	$C_2H_6O_{(l)}$	$+ 3 O_{2(g)}$	$\rightarrow$	$2 CO_{2(g)} + 3 H_2O_{(l)}$
Initial	$x_i = 0$	4,0	6,0		0      0
Intermédiaire	$x$	$4,0 - x$	$6,0 - 3x$		$2x$ $3x$
Final	$x_{max}$	$4,0 - x_{max}$	$6,0 - 3x_{max}$		$2x_{max}$ $3x_{max}$

### c) Réactif limitant et état final

La réaction chimique s'arrête lorsqu'au moins l'un des réactifs est totalement consommé.

Exemple :

Lors de la combustion du carbone dans le dioxygène de l'air :



Le dioxygène  $O_{2(g)}$  de l'air est présent en très grande quantité.

C'est donc le carbone  $C_{(s)}$  qui est totalement consommée en premier et qui est donc le réactif limitant.

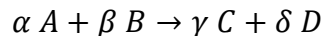
Il reste du dioxygène  $O_{2(g)}$  dans le milieu réactionnel, ce réactif est donc en excès.

**Lors d'une réaction chimique, le réactif limitant est le réactif qui est entièrement consommé.**

**Il s'agit du réactif dont la disparition totale empêche la poursuite de la réaction chimique.**

**Le réactif en excès est celui qui n'est pas entièrement consommée lorsque la réaction chimique s'arrête.**

Dans le cas général d'une réaction chimique du type :



On peut émettre deux hypothèses :

- soit le réactif  $A$  est le réactif limitant, autrement dit, disparaît en premier, ce qui donne :  $n_i(A) - \alpha x_{max} = 0$ , soit  $x_{max} = \frac{n_i(A)}{\alpha}$  ;
- soit le réactif  $B$  est le réactif limitant, autrement dit, disparaît en premier, ce qui donne :  $n_i(B) - \beta x_{max} = 0$ , soit  $x_{max} = \frac{n_i(B)}{\beta}$ .

On calcule alors les deux valeurs possibles de  $x_{max}$  et l'avancement final correspond à la plus petite des deux valeurs obtenues.

On en déduit alors la composition de l'état final en calculant les quantités de matières des réactifs et des produits pour la valeur maximale de l'avancement.

*Remarque :*

La comparaison du rapport « quantité de matière par le coefficient stœchiométrique » de chaque réactif permet de déterminer la nature du réactif limitant beaucoup plus rapidement qu'avec un tableau d'avancement :

- si  $\frac{n_i(A)}{\alpha} < \frac{n_i(B)}{\beta}$ , alors *A* est réactif limitant ;
- si  $\frac{n_i(A)}{\alpha} > \frac{n_i(B)}{\beta}$ , alors *B* est réactif limitant.

*Exemple :*

Lors de la réaction entre **4,0 mol** d'éthanol  $C_2H_6O_{(l)}$  avec **6,0 mol** de dioxygène  $O_{2(g)}$ , la dernière ligne du tableau d'avancement est :

Equation chimique					
Etat du système	Avancement (mol)	$C_2H_6O_{(l)}$	$+ 3 O_{2(g)}$	$\rightarrow$	$2 CO_{2(g)} + 3 H_2O_{(l)}$
Final	$x_{max}$	$4,0 - x_{max}$	$6,0 - 3x_{max}$		$2x_{max}$ $3x_{max}$

On peut alors émettre deux hypothèses :

- soit l'éthanol  $C_2H_6O_{(l)}$  est le réactif limitant, ce qui donne :  $4,0 - x_{max} = 0$ ,  
soit  $x_{max} = \frac{4,0}{1} = 4,0 \text{ mol}$  ;
- soit le dioxygène  $O_{2(g)}$  est le réactif limitant, ce qui donne :  $6,0 - 3x_{max} = 0$ ,  
soit  $x_{max} = \frac{2,0}{3} = 2,0 \text{ mol}$ .

Etant donné que  $x_{max O_2(g)} < x_{max C_2H_6O_{(l)}}$  ( $2,0 < 4,0$ ), on en déduit que le réactif limitant de cette réaction chimique est le dioxygène et que l'avancement maximal est  $x_{max} = 2,0 \text{ mol}$ .

On peut alors compléter la dernière ligne du tableau d'avancement, ce qui donne la composition finale du système :

Equation chimique					
Etat du système	Avancement (mol)	$C_2H_6O_{(l)}$	$+ 3 O_{2(g)}$	$\rightarrow$	$2 CO_{2(g)} + 3 H_2O_{(l)}$
Final	$x_{max} = 2,0 \text{ mol}$	$4,0 - x_{max}$ $= 2,0 \text{ mol}$	$6,0 - 3x_{max}$ $= 0,0 \text{ mol}$		$2x_{max}$ $= 4,0 \text{ mol}$ $3x_{max}$ $= 6,0 \text{ mol}$

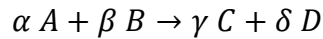
*Remarque :*

Il ne suffit pas de comparer les quantités initiales des réactifs pour déterminer lequel est réactif limitant car cela dépend aussi des nombres stœchiométriques.

**d) Proportions stœchiométriques et leur utilisation**

Les proportions stœchiométriques sont les proportions du mélange initial de réactifs pour lesquelles tous les réactifs sont limitants et sont donc complètement consommés à la fin de la réaction.

Dans le cas général d'une réaction chimique du type :

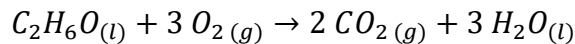


Le mélange de réactifs est stœchiométrique si :

$$\frac{n_i(A)}{\alpha} = \frac{n_i(B)}{\beta}$$

*Exemple :*

D'après l'équation de la réaction de combustion de l'éthanol :



Le mélange de réactifs est stœchiométrique si :  $\frac{n_i(C_2H_6O_{(l)})}{1} = \frac{n_i(O_{2(g)})}{3}$ .

**e) Récapitulatif**

**L'avancement d'une réaction, noté  $x$ , est une grandeur, exprimée en mole, qui permet de décrire l'évolution d'un système chimique.**

**Lorsqu'au moins un des réactifs est entièrement consommé, ce réactif est appelé réactif limitant. L'avancement  $x$  est alors maximal noté  $x_{max}$ .**

**Pour connaître l'état final du système, il faut déterminer lequel est le réactif limitant en tenant compte des coefficients stœchiométriques.**

**Les réactifs sont introduits en proportions stœchiométriques si  $\frac{n_i(A)}{\alpha} = \frac{n_i(B)}{\beta}$ .**

**Dans l'état final, les quantités des réactifs sont nulles et seuls sont présents les produits de la réaction.**

**4) Effet thermique**

Lorsque des molécules de réactifs disparaissent, des liaisons entre atomes sont rompues, ce qui absorbe de l'énergie.

On dit alors que la réaction chimique est endoénergétique, ou encore endothermique.

En revanche, lorsque des molécules de produits apparaissent, des liaisons se forment, ce qui dégage de l'énergie. On dit alors que la réaction chimique est exoénergétique, ou encore exothermique.

L'effet thermique qui accompagne une réaction chimique est le bilan de ces échanges d'énergie.

*Remarque :*

Dans certains cas, très rares, ce bilan d'énergie est nul, la réaction chimique est alors dite athermique. C'est le cas, par exemple, de la synthèse des esters.

*Exemples :*

- la réaction entre l'hydroxyde de baryum hydraté ( $Ba(OH)_2, 8 H_2O_{(s)}$ ) et le thiocyanate d'ammonium ( $NH_4SCN_{(s)}$ ) absorbe de la chaleur, d'où un net abaissement de la température ;
- la réaction entre de l'acide chlorhydrique ( $H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ ) et de l'hydroxyde de sodium ( $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ ) libère de la chaleur, d'où une nette augmentation de la température.

Si l'on fait varier la masse du réactif limitant, on fait varier la quantité de matière de produits formés et donc l'énergie absorbée ou libérée par la transformation.

**Plus la masse de réactif limitant est élevée, plus la variation de température observée sera significative.**

**Par conséquent, plus les échanges d'énergie seront grands.**

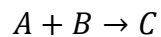
## **II - Synthèse d'une espèce chimique**

### **1) Qu'est-ce qu'une synthèse en chimie ?**

#### **a) Définition**

**En chimie, une synthèse est la formation d'une espèce chimique, celle que l'on souhaite obtenir, à partir d'au moins deux autres espèces chimiques.**

**L'équation d'une synthèse chimique C peut se résumer par :**



*Remarque :*

Le produit de cette synthèse est aussi appelé « espèce chimique synthétique ».

Il n'existe aucune différence entre l'espèce chimique synthétique et l'espèce naturelle obtenue par extraction.

#### **b) Pourquoi synthétiser ce qui est naturel ?**

Environ 30% des principes actifs des médicaments sont issus de la nature. Ils sont d'origine animale ou végétale.

Il est possible de les extraire, mais ce procédé est trop coûteux et conduirait à la disparition d'espèces animales et végétales.

**Ainsi, pour répondre à la demande croissante en médicaments par exemple, il est impératif de synthétiser ces principes actifs ainsi que les excipients.**

*Exemples 1 : les médicaments*

- le taxol est une molécule issue de l'écorce d'if. Elle constitue le principe actif d'un anticancéreux. L'obtention d'une centaine de milligrammes seulement de cette espèce chimique nécessite l'abattage d'un arbre entier ;
- il faudrait abattre 2 000 saules par heure pour répondre aux besoins en aspirine.

Constamment, les laboratoires de recherche mettent au point de nouvelles molécules pour lutter plus efficacement contre les maladies.

### Exemples 2 : les savons et les détergents

Les premiers savons connus datent de l'Égypte ancienne. Ces savons primitifs étaient un mélange de produits gras (graisse animale ou huile d'olive) avec de la pâte à cendres.



C'est le chimiste français Michel-Eugène Chevreul qui en 1823, explique la « **saponification** », c'est-à-dire la **réaction de synthèse** permettant de **fabriquer du savon** en faisant agir à chaud de la **soude concentrée** (produit basique et très corrosif obtenu à partir du sel) **sur de l'huile**.

Les shampoings, gels douche et détergents divers, dont les lessives, font ensuite leur apparition.



### Exemples 3 : les produits de beauté

Depuis le 16<sup>ème</sup> siècle, Grasse, ville des Alpes-Maritimes, est célèbre pour ses **parfums** élaborés à partir des fleurs cultivées aux alentours : roses, jasmains, lavande, etc.



L'extraction d'une **essence naturelle** de fleurs nécessite des traitements très onéreux (emploi de solvants très coûteux, distillation, etc.), nombre d'essences sont d'origine synthétique.

Le « nez », chimiste spécialisé dans les fragrances (odeur agréable de parfum), élabore la formule du nouveau parfum en mélangeant les essences.



Les crèmes diverses, rouges à lèvres, déodorants, etc. complètent la chimie de synthèse des produits de beauté.



**c) Pourquoi synthétiser ce qui n'est pas naturel ?**

Certaines molécules naturelles présentent des inconvénients : des effets secondaires indésirables par exemple.

La synthèse permet aussi d'obtenir de nouvelles espèces chimiques, appelées espèces chimiques artificielles. Celles-ci n'existent pas dans la nature, mais certaines présentent des caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques avantageuses qui contribuent, par exemple, à la fabrication de nouveaux médicaments, matériaux etc.

*Exemple 1 : les médicaments et les édulcorants*

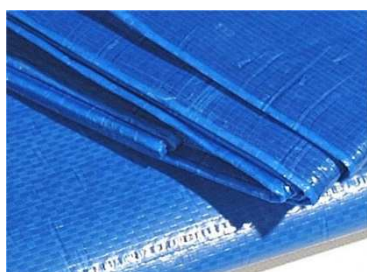
- l'ibuprofène est un anti-inflammatoire synthétisé dans les années 1960. Formulé en gel, il soigne les entorses ;
- l'aspartame est un édulcorant (saveur sucrée) de synthèse découvert fortuitement par un chimiste en 1965, qui faisait des recherches sur des médicaments. Il est utilisé comme substitut à des sucres pour diminuer la teneur calorique.

*Exemple 2 : les matières plastiques*

En 1870, deux américains, les frères Hyatt, élaborent la première matière plastique artificielle, le **celluloid**, pour remplacer l'ivoire (frappé d'embargo lors de la guerre de Sécession) dans la fabrication des boules de billards.

Tout au long du 20<sup>ème</sup> siècle, les inventions se succèdent et de nouvelles molécules voient le jour dont nous connaissons tous les noms ou les abréviations : **polyéthylène (PE)**, **polystyrène (PS)**, **polychlorure de vinyle (PVC)**, etc.

*polyéthylène (PE)*



*polystyrène (PS)*



*polychlorure de vinyle (PVC)*



Les matières plastiques ont pris une large place dans notre vie quotidienne :

- emballages étanches et bon marché ;
- pièces d'automobiles inoxydables et légères permettant de réduire la consommation de carburant ;
- portes et fenêtres isolantes, etc.

*Exemple 3 : la chimie de synthèse et le sport*

Si les perchistes actuels utilisaient des perches en bambou et les skieurs d'antiques planches de bois, leurs performances seraient nettement moins bonnes !

La mise au point de nouveaux matériaux a permis de battre sans cesse des records :

- perche souple en fibre de verre et de carbone ;
- ski en résine époxy ;
- balle de tennis en élastomère ;
- revêtement de piste d'athlétisme en résine polyuréthane ;
- combinaison « peau de requin » pour la natation.

Les fibres textiles utilisées pour fabriquer les vêtements des sportifs (l'élasthanne, le lycra, le gore-tex, etc.) ont aussi beaucoup évolué : ils sont plus légers, plus confortables, plus élastiques et absorbent mieux la transpiration.

Ils contribuent à améliorer les performances.

*Remarque :*

A partir de matières premières facilement disponibles, la chimie de base ou chimie lourde, fabrique des espèces chimiques en grandes quantités et pour un coût peu élevé. Ces synthèses se font en peu d'étapes et pour les matières plastiques.

La chimie fine élabore, à partir des produits de la chimie lourde ou d'espèces naturelles, des espèces à haute valeur ajoutée comme les parfums ou les médicaments.

**d) La chimie et l'environnement**

Depuis longtemps accusée de polluer la nature par le rejet de substances toxiques dans l'air ou dans l'eau, de déchets plastiques le long des routes, etc. la chimie qui a su élaborer de nombreux produits pour faciliter notre vie quotidienne, peut aussi être **mise à profit pour restaurer l'environnement ou pour améliorer le cadre de vie.**

*Exemples :*

- la création de filtres pour les fumées d'usines et les gaz d'échappement des voitures ;
- l'épuration chimique de l'eau ;
- la mise au point de matières plastiques biodégradables ou recyclables en tissu polaire ;
- le chaulage pour réduire les effets des pluies acides sur les sols ;
- le recyclage de l'aluminium, de l'acier ou celui des pneus que l'on incorpore dans le béton.

**e) Récapitulatif**

**La synthèse d'une espèce chimique est la fabrication de cette espèce par une transformation chimique.**

**Si les transformations chimiques peuvent être sources de pollutions diverses, la chimie de synthèse a permis d'améliorer considérablement notre vie quotidienne en synthétisant des matières naturelles, en créant de nouvelles substances qui possèdent des propriétés plus intéressantes que les produits naturels et la chimie permet de restaurer l'environnement.**

**Les espèces chimiques naturelles sont synthétisées pour des raisons écologiques et économiques.**

## 2) Comment réaliser une synthèse ?

### a) Le mode opératoire

**Le mode opératoire décrit le déroulement détaillé des opérations à effectuer pour synthétiser une espèce chimique.**

Dans l'industrie, on parle de process ou de gamme de fabrication.

En agro-alimentaire, en pharmacie ou en cosmétique, il peut prendre le nom de recette.

Au laboratoire de chimie, c'est le protocole expérimental.

Le protocole expérimental précise la nature et les quantités de réactifs nécessaires, le solvant approprié, les consignes de sécurité à respecter, le montage utilisé, les diverses opérations à effectuées etc.

### b) L'étape de transformation

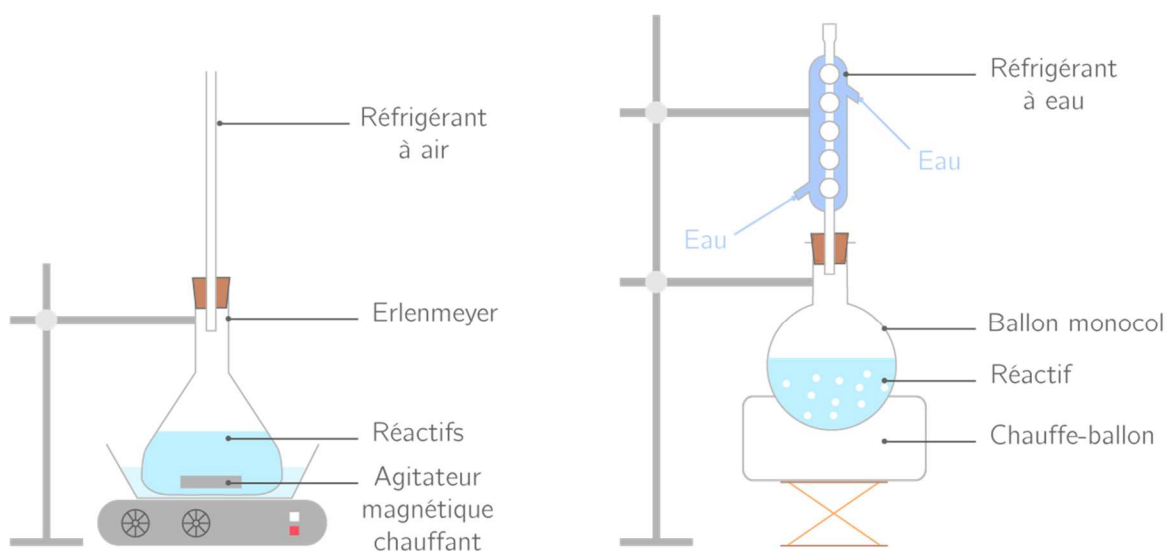
**Lors de la synthèse d'une espèce chimique, il y a transformation chimique : des réactifs réagissent pour former un ou plusieurs produits, dont l'espèce chimique désirée.**

Alors que certaines réactions peuvent avoir lieu à froid ou à température ambiante, d'autres nécessitent un chauffage qui permet d'accélérer la réaction.

On effectue alors un chauffage appelé « chauffage à reflux » pour éviter les pertes d'espèces chimiques par vaporisation.

On peut utiliser un réfrigérant à air ou à eau pour recondenser une partie des réactifs afin que la réaction puisse se poursuivre.

Certaines réactions, naturellement lentes, peuvent être accélérées. Pour cela, un catalyseur peut être ajouté au mélange réactionnel.



Chauffage à reflux avec réfrigérant à air

Chauffage à reflux avec réfrigérant à eau

#### *Remarque :*

Un catalyseur ne figure ni parmi les réactifs, ni parmi les produits de l'équation bilan de la réaction chimique : il ne participe donc pas à la réaction chimique.

Il ne fait qu'accélérer la réaction chimique.

**c) Les étapes de séparation et de purification**

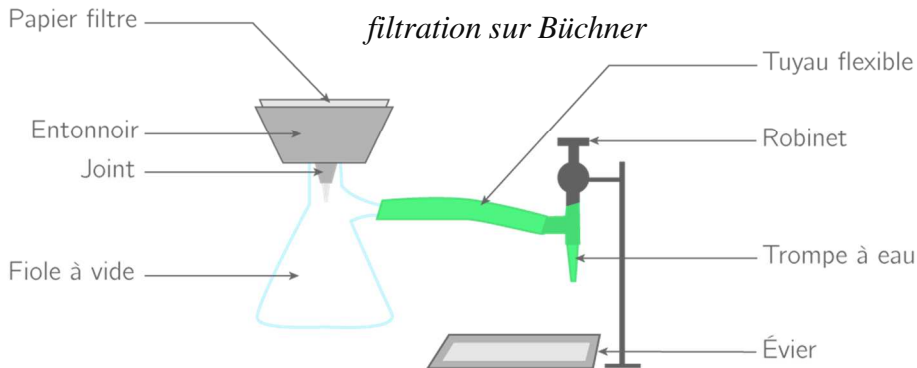
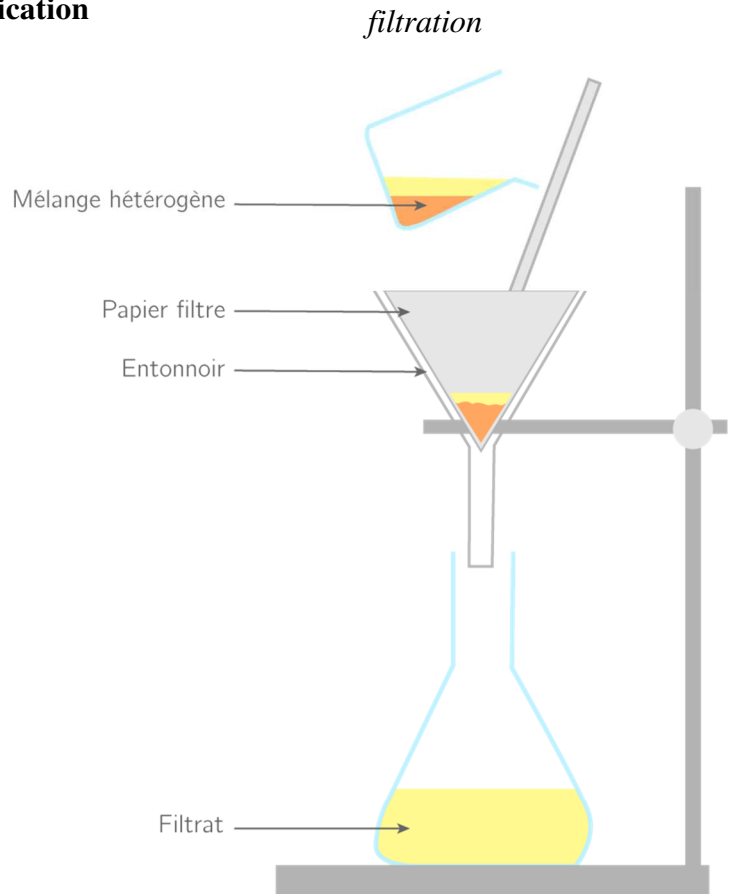
**i) Extraction solide-liquide**

L'espèce chimique obtenue par synthèse est généralement mélangée au solvant, aux réactifs restants et aux autres produits de la réaction.

Elle peut être également contaminée par de faibles quantités d'impuretés.

**Si l'espèce synthétisée est un solide, insoluble dans le mélange réactionnel, elle est séparée par filtration.**

**Une technique utile est la filtration sur Büchner ou filtration sous vide qui est plus efficace et plus rapide qu'une filtration classique.**



S'il s'agit d'une espèce dissoute, une extraction est mise en œuvre.

Il est en générale nécessaire de procéder à des étapes de « purification » afin d'obtenir l'espèce chimique voulue sans impuretés.

**ii) Extraction liquide-liquide**

**Deux liquides sont dits miscibles s'ils forment un mélange homogène, c'est-à-dire une seule phase.**

**S'ils forment un mélange hétérogène composé de deux phases distinctes, les liquides sont dits non miscibles.**

*Exemples :*

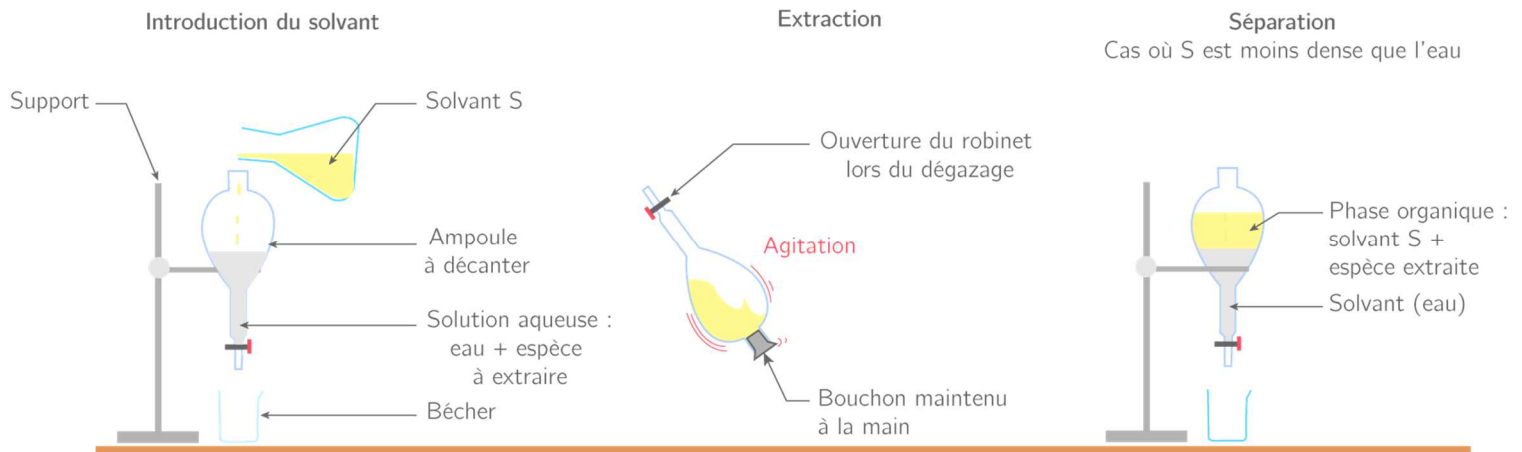
- lorsque de l'éthanol est ajouté à de l'eau, il se forme après agitation un mélange homogène : les deux solvants sont dits miscibles entre eux ;
- lorsque de l'eau est ajoutée à du cyclohexane, il se forme, après agitation, un mélange hétérogène : les deux liquides ne sont pas miscibles.

**L'extraction se fait dans une ampoule à décanter.**

Le solvant extracteur et le solvant initial sont introduits dans l'ampoule à décanter. Après agitation de celle-ci pour assurer le mélange de deux solvants non miscibles, l'ampoule est verticalement reposée sur son support.

**Les solvants se séparent alors en deux phases distinctes : c'est la décantation.**

**La forme de l'ampoule à décanter permet ensuite de les séparer facilement.**



*Remarque :*

Après agitation de l'ampoule à décanter et décantation, les solvants non miscibles qu'elle contient se positionnent selon la valeur de leur densité. Le solvant ayant la densité la plus faible se place au-dessus : c'est la phase surnageante.

#### **d) L'étape d'identification**

Après la transformation et le traitement, il est nécessaire de vérifier la présence de l'espèce chimique attendue ainsi que sa pureté.

**La caractérisation d'une espèce chimique peut s'effectuer en utilisant ses propriétés physiques : aspect, solubilité, température d'ébullition ou de fusion, indice de réfraction, densité etc.**

On peut aussi réaliser une chromatographie sur couche mince.

**e) Récapitulatif**

**La synthèse d'une espèce chimique en laboratoire se déroule en plusieurs étapes, chacune ayant un rôle précis.**

**Elles sont rassemblées dans un protocole expérimental :**

- 1. prélèvement des réactifs et des solvants selon les quantités indiquées en respectant les pictogrammes de sécurité.**
- 2. réaction du mélange après la mise en place du montage réactionnel (généralement un chauffage à reflux) en respectant les consignes de sécurité, les conditions de température et la durée.**
- 3. isolement de l'espèce désirée : séparation par filtration et/ou extraction par solvant de la substance du mélange réactionnel.**
- 4. purification de la substance extraite.**
- 5. identification de l'espèce grâce à ses propriétés physiques et chimiques.**

# ANNEXES

## ADN



## METHODE EQUATION CHIMIQUE

Les réactifs sont écrits à gauche de la flèche.

Une flèche indique le sens d'évolution du système.

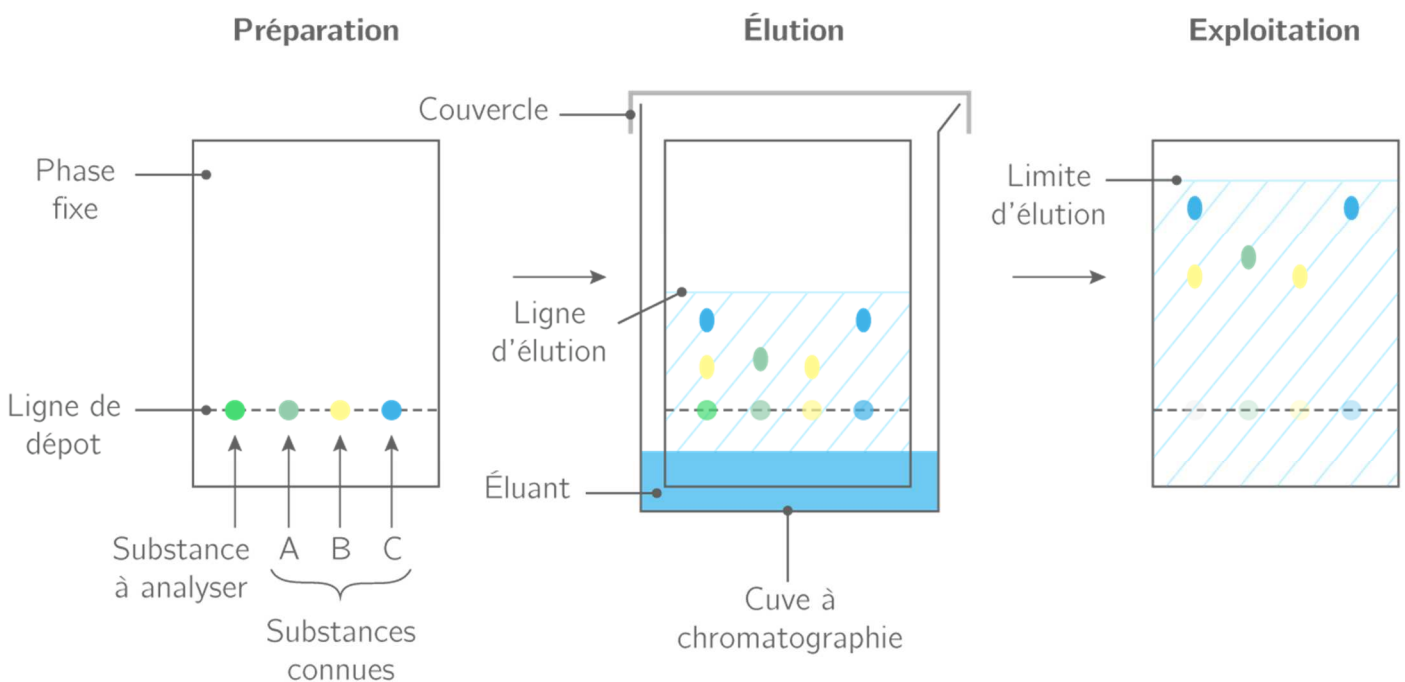
L'état physique est indiqué.

$$\text{Fe(s)} + 2 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$$

Les produits sont écrits à droite de la flèche.

Des nombres stœchiométriques assurent la conservation des éléments et, le cas échéant, des charges.

## CHROMATOGRAPHIE SUR COUCHE MINCE (CCM)



## PICTOGRAMMES DE SECURITE



F - Facilement inflammable

- **Brûle facilement ou très facilement !**  
*Tenir éloigné de toute étincelle ou source de chaleur et des produits comburants.*



E - Explosif

- **Peut exploser !**  
*Tenir éloigné de toute étincelle ou source de chaleur, Attention aux chocs.*



O - Comburant

- **Fait brûler les autres substances !**  
*Tenir éloigné de toute étincelle ou source de chaleur et des produits combustibles.*



C - Corrosif

- **Ronge les objets ou la peau !**  
*Manipuler avec précautions, toujours porter des lunettes de sécurité.*



T - Toxique

- **Poison mortel !**  
*Ne pas toucher sauf nécessité. Manipuler avec précautions, toujours porter des gants.*



Xi - Nocif

- **Dangereux en cas de contact !**  
*Manipuler avec précautions, bien se laver les mains par la suite.*



N - Dangereux pour l'environnement

- **Tue les animaux et les plantes !**  
*Ne pas jeter dans les égouts, récupérer dans un récipient spécial après utilisation.*



- **Récipient contenant un gaz sous pression !**  
*Manipuler avec précautions.*



- **Dangereux pour la santé !**  
*Manipuler avec précautions, bien se laver les mains par la suite.*