

# CHAPITRE 5 : SYNTHÈSE D'UNE ESPÈCE CHIMIQUE

## COURS



### I. ROLE DE LA CHIMIE DE SYNTHÈSE

La chimie de synthèse intervient dans divers domaines (santé, sport...) et permet l'amélioration de notre cadre de vie par la création de nouvelles molécules. Elle imite aussi celles existant déjà dans la nature car certaines sont difficiles à extraire ou n'existent pas en quantité suffisante. Elles peuvent alors être reproduites par les chimistes.

#### a. Espèces chimiques naturelles, synthétiques ou artificielles ?

• Une **espèce chimique naturelle** est produite par la nature.

Elle peut être minérale ou organique, c'est-à-dire produite par des êtres vivants (végétaux ou animaux)

Ex : minérales : craie, pierres précieuses .../d'origine végétales : chlorophylle, mentol.../d'origine animale (ou humaine) : adrénaline, cholestérol...

• Une **espèce chimique de synthèse** est fabriquée en labo ou de façon industrielle.

Parmi les espèces de synthèse on distingue les :

- **synthétiques** : copies des espèces naturelles. On recrée ce qui existe déjà dans la nature pour qu'il y en ait en plus grande quantité. Les deux versions, naturelle et synthétique, sont alors rigoureusement identiques (même molécule)

- **artificielles** : totalement inventées par l'homme, pour répondre à un besoin particulier.

#### b. Les matériaux polymères, les matériaux composites et les nanomatériaux

En mélangeant plusieurs espèces chimiques, on peut fabriquer des médicaments mais aussi des **matériaux** : matières destinées à la fabrication d'objets. Ces dernières années, de nombreux matériaux artificiels ont remplacé les matériaux naturels, moins performants, dans le domaine du sport, du textile ou du bâtiment.

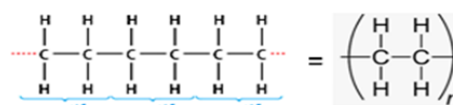
Ex matériaux naturels: bois, verre, soie, cellulose, amidon...

Ex matériaux artificiels : PE= polyéthylène (emballages plastiques), PVC = polychlorure de vinyle (encadrements de fenêtres plus isolants), PET = polyéthylène téréphtalate (roues de rollers, semelles de skis plus résistantes), PPD-T = poly-para-phénylène téréphtalamide, plus connu sous son nom commercial « Kevlar® » (voiles de bateau, des gilets pare-balle, des ailes d'avion)

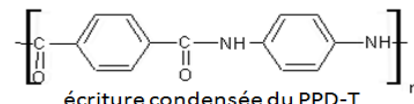
- Parmi les matériaux, on trouve les polymères : molécules de grande dimension (macromolécules) dans lesquelles un motif de base se répète un grand nombre de fois (n). On utilise une notation condensée pour le représenter : un seul motif, placé entre parenthèses, avec le degré de polymérisation (nombre de motifs présents dans la molécule) en indice.

Exemples de polymères parmi les matériaux cités ci-dessus : la soie, la cellulose, l'amidon, le PE, le PVC, le PET, le PPD-T (pour les polymères artificiels le 1<sup>er</sup> P veut dire « poly »).

Le motif du PPD-T est composé de 2 cycles avec des doubles liaisons séparés par des groupes amides. Cela lui donne des propriétés recherchées : cinq fois plus résistant que l'acier tout en étant beaucoup plus léger. Depuis que le brevet a expiré, le PPD-T n'existe plus uniquement sous le nom de Kevlar®, des copies concurrentes ont été mises sur le marché, comme le Twaron



écriture condensée du PE= polyéthylène



écriture condensée du PPD-T

• Un **matériau composite** est constitué d'au moins 2 matériaux non miscibles et qui ne réagissent pas entre eux. Cela lui donne des propriétés multiples, issues de chacun de ses matériaux constitutifs.

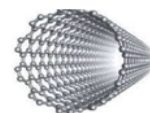
Ex : fibres de carbone= mélange de carbone et de polymère : elles ont la rigidité du carbone tout en ayant la légèreté des polymères. On s'en sert pour fabriquer des clubs de golf, des cadres de vélo...

• Les **nanomatériaux** sont des matériaux dont les particules sont très petites : comprises entre 1 et 100nm (nanomètres)

$$1 \text{ nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 0,000000001 \text{ m}$$

Leur petite taille permet de les incorporer facilement dans d'autres matériaux, ce qui entraîne de nouvelles propriétés. La nanotechnologie est en plein essor, mais justement à cause leur petite taille, les nanoparticules pourraient pénétrer dans l'épiderme et atteindre nos organes. Les risques pour la santé sont encore à l'étude...

Ex: les nanotubes de carbones conduisent très bien le courant et la chaleur tout en étant très résistants et en même temps déformables, les nanoparticules d'argent donnent des propriétés antibactériennes et anti-odeur aux vêtements de sport, les nanoparticules dans les crèmes solaires permettent une application quasi-invisible sur la peau.



Nanotubes de carbone

### II. LES ÉTAPES DE LA SYNTHÈSE

**Synthétiser** une espèce chimique signifie la fabriquer à partir d'espèces chimiques de bases : les « réactifs ». L'espèce à synthétiser est alors un des « produits » de la réaction chimique

#### a. Le protocole opératoire

• C'est une recette **détaillée** qui doit préciser **les étapes à suivre dans l'ordre** :

1. fabrication : on fait une réaction chimique

⇒ on obtient alors souvent plusieurs produits dont l'espèce chimique souhaitée

2. séparation, aussi appelée extraction ou isolation: une fois les produits obtenus, on sépare l'espèce qui nous intéresse

3. purification : pour éliminer les impuretés et obtenir un produit qui sera un corps pur

4. identification : pour vérifier qu'on a bien obtenu la molécule voulue et qu'elle est bien pure

• **Le protocole doit bien sûr préciser :**

- la nature et la quantité des réactifs, ainsi que des solvants
- le montage réactionnel à mettre en œuvre : matériel, conditions de chauffage...
- les règles de sécurité à respecter en fonction du matériel, des réactifs mais aussi des produits obtenus (on obtient rarement un produit pur, les autres substances peuvent être dangereuses)

**b. L'importance du protocole**

- Les détails sur les quantités, le matériel et l'ordre des étapes permettent d'obtenir le produit souhaité **en limitant au maximum les pertes et les risques** : jeter des réactifs et des produits couterait de l'argent et les substances perdues sont parfois dangereuses pour l'environnement.
- **Le chauffage** est souvent utilisé pour que la réaction soit plus rapide ou pour séparer une partie du mélange : l'espèce chimique qui a la température d'évaporation la plus faible va partir du mélange.

**III. ÉTAPES 2 ET 3 : SÉPARATION ET PURIFICATION DE L'ESPECE SOUHAITÉE**

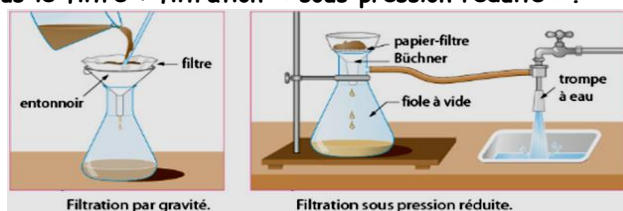
Pour séparer le produit souhaité des différents produits obtenus, on peut procéder de plusieurs manières : filtration, extraction par solvant, cristallisation ou distillation. Parfois il faut en utiliser plusieurs pour que le produit soit bien pur.

**d. La filtration**

Par simple gravité on peut récupérer la molécule souhaitée, les autres produits passent à travers le filtre. On peut aussi accélérer le phénomène en diminuant la pression dans le récipient sous le filtre : filtration « sous pression réduite ».

Le solide retenu par le filtre est appelé « résidu » : contient la molécule souhaitée. Le liquide qui s'écoule à travers le filtre s'appelle « filtrat » : contient les autres molécules + impuretés.

Condition : possible si la molécule souhaitée est la plus grosse



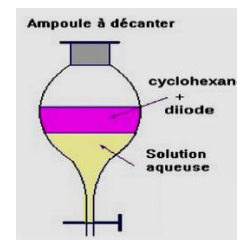
**b. L'extraction par solvant**

On rajoute un solvant qui va « attirer » uniquement la molécule qui nous intéresse.

Le phénomène est en fait dû à une différence de solubilité : la molécule souhaitée est plus soluble dans le solvant d'extraction que dans le solvant de départ : elle va donc « migrer » dans le solvant qu'on rajoute.

On utilise une ampoule à décanter : plus rapide et séparation plus marquée.

Condition : possible uniquement si la molécule souhaitée n'est pas très soluble dans le solvant de départ, s'il existe un autre solvant dans lequel elle est plus soluble et si ces 2 solvants sont non-miscibles.



*Ex : extraction du diiode I<sub>2</sub> : Au départ le diiode se trouve dans une solution aqueuse contenant plusieurs autres produits. On rajoute du cyclohexane : un solvant dans lequel le diiode est beaucoup plus soluble que dans l'eau. Après agitation, le diiode va migrer dans le cyclohexane, et les 2 solvants vont se séparer car ils ne sont pas miscibles.*

**c. la cristallisation**

On refroidit et la molécule souhaitée va être la seule à se solidifier, le reste sera toujours liquide.

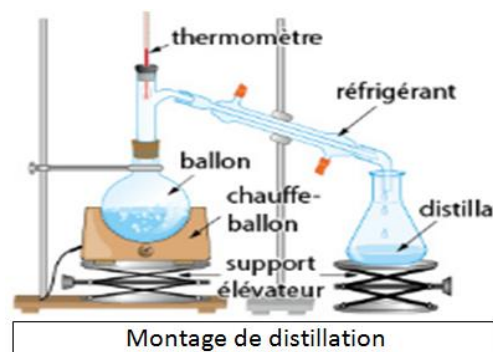
Condition : possible uniquement si la molécule souhaitée est moins soluble à froid qu'à chaud

**d. la distillation**

On chauffe et la molécule souhaitée va se vaporiser.

Pour pouvoir la récupérer, il faudra ensuite la retransformer en liquide, grâce au réfrigérant. Le liquide récupéré s'appelle le « distillat »

Condition : possible uniquement si les produits présents dans le mélange ont des températures de vaporisation différentes : la molécule qui a la température de vaporisation la plus faible va se transformer en vapeur en 1<sup>er</sup>, puis la 2<sup>e</sup>...etc : on peut les séparer une par une.



**Cas particulier : l'hydrodistillation**

Quand le mélange de produits est solide, il faut rajouter de l'eau. L'eau va se transformer en vapeur et va entraîner la molécule souhaitée. On récupère donc un « hydrodistillat » contenant la molécule et l'eau.

*Ex : l'hydrodistillation est souvent utilisée pour extraire les huiles essentielles des plantes (feuilles ou fleurs donc solides)*

**IV. ÉTAPE 4 : IDENTIFICATION DE L'ESPECE CHIMIQUE SYNTHÉTISÉE**

**Pour vérifier que la molécule synthétisée est bien celle que l'on souhaite**, on peut utiliser ses propriétés chimiques : il faut trouver une réaction qui ne donnera un résultat positif qu'avec cette espèce (voir chapitre 4).

**Pour vérifier qu'elle est pure** on peut utiliser toutes les propriétés physiques vues dans le chapitre 4 : température de changement d'état, densité, masse volumique, indice de réfraction, solubilité... On choisit la plus facile à mettre en œuvre