

# 1 La synthèse d'espèces chimiques organiques

La chimie de synthèse a pour intérêt la formation d'une espèce chimique, qui peut être déjà existante dans la nature ou totalement nouvelle.

Pour synthétiser une espèce chimique, on respecte un protocole qui contient différentes étapes. Le choix des méthodes utilisées dépend des espèces chimiques présentes lors de la réaction.

L'efficacité d'une synthèse est définie par son rendement.



# I. Les différentes étapes d'un protocole

Dans un protocole expérimental en chimie de synthèse, on distingue toujours 4 étapes : la transformation, l'isolement, la purification et l'analyse.

## I. 1. La transformation

### Définition

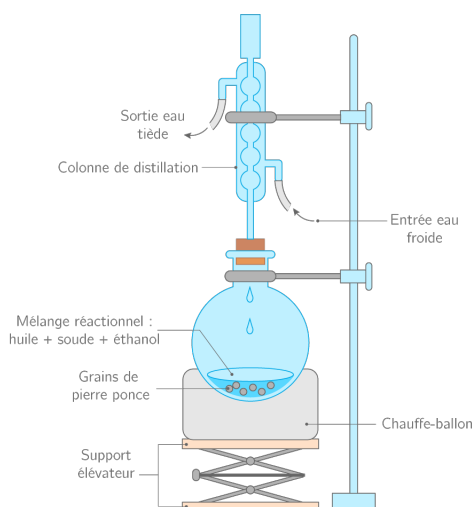
L'étape de **transformation** consiste à mélanger les réactifs afin qu'ils réagissent ensemble pour former l'espèce chimique recherchée.

Dans le protocole expérimental, il est indiqué :

- la nature des réactifs et les quantités à introduire ;
- la verrerie à utiliser ;
- souvent l'utilisation d'un dispositif de chauffage ;
- la durée de la réaction ;
- parfois des paramètres expérimentaux à respecter (pH, température...) ;
- les consignes de sécurité.

Le montage à reflux est un dispositif de chauffage permettant d'accélérer une réaction sans perdre de matière.

### TP (Le montage à reflux)



Le ballon (dans lequel se trouve les réactifs) est chauffé par un **chauffe-ballon**. Ainsi, la température du milieu réactionnel augmente, et la réaction s'accélère.

Cependant, si un mélange liquide chauffe beaucoup, des vapeurs peuvent s'échapper ! On perdrait alors de la matière, et nous n'aurions plus aucune donnée fiable sur notre réaction.

C'est pourquoi on utilise un **réfrigérant à boules** que l'on vient placer sur le ballon. À l'extérieur des boules, de l'eau froide circule : ainsi, les vapeurs qui rentrent dans la colonne de distillation (à l'intérieur des boules) sont refroidies par l'eau, et retombent alors dans le milieu réactionnel ! Plus de perte de matière.

Étant à distance, on ne peut pas faire de TP. Je vous propose donc de regarder cette vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=qC8DJqG1ASw>

## I. 2. L'isolement

### Définition

L'étape d'**isolement** consiste à séparer le produit que l'on souhaite synthétiser du reste du milieu réactionnel (sous-produits, solvant...).

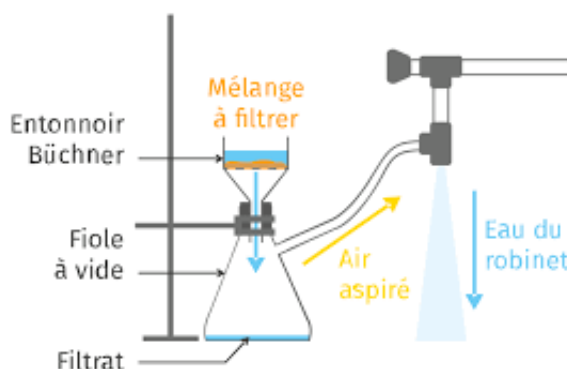
Pour cela, on a deux possibilités :

- Si le produit est soluble dans le milieu réactionnel, on l'isole par une **extraction par solvant**.
- Si le produit est partiellement insoluble dans le milieu réactionnel, on l'isole par **filtration**.

La filtration permet de séparer les espèces chimiques d'un mélange solide-liquide par passage à travers un filtre.

On appelle **filtrat** le liquide filtré et **résidu** le solide obtenu.

L'utilisation d'un **filtre Büchner** permet de pratiquer une filtration sous vide : le liquide se sépare alors très rapidement du solide.



TP (La filtration sur Büchner)

La fiole à vide est reliée à un robinet ouvert. L'eau du robinet aspire l'air de la fiole : il y a alors une différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur de la fiole à vide, et le mélange à filtrer est alors aspiré dans la fiole. Il ne reste donc que le solide sur le papier filtre.

Comme nous ne pouvons pas faire de TP, je vous propose cette vidéo pour observer une filtration sur Büchner : <https://www.youtube.com/watch?v=Hznq5chRpAY> (le début est théorique, il y a une expérience après).

## I. 3. La purification

### Définition

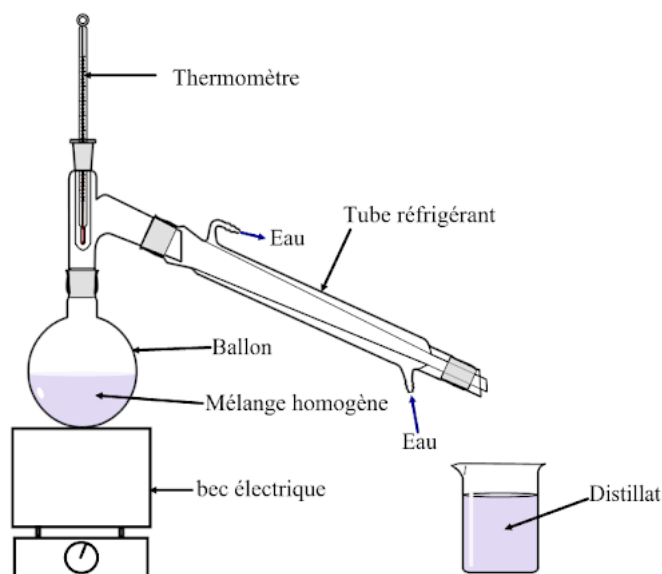
L'étape de **purification** consiste à débarrasser le produit recherché des impuretés (sous-produit, solvant...).

La purification dépend de l'état physique du produit que recherché :

- Si le produit est **liquide**, on procède par **distillation**.
- Si le produit est **solide**, on procède par **recristallisation**.

Cette méthode utilise la différence des températures d'ébullition : en chauffant, l'espèce la plus volatile (qui a la température d'ébullition la plus faible) se vaporise en premier, puis est condensée (retour à l'état liquide) dans un réfrigérant à eau et récupérée dans le distillat.

TP (Distillation)



Voici une vidéo où vous pourrez observer les différentes étapes d'un montage de distillation : <https://www.youtube.com/watch?v=Lzc6igDIHF4>

## I. 4. L'analyse

### Définition

L'étape d'**analyse** consiste à vérifier que le produit synthétisé correspond bien au produit recherché, et de déterminer sa pureté.

La technique d'analyse dépend des éléments dont le chimiste dispose.

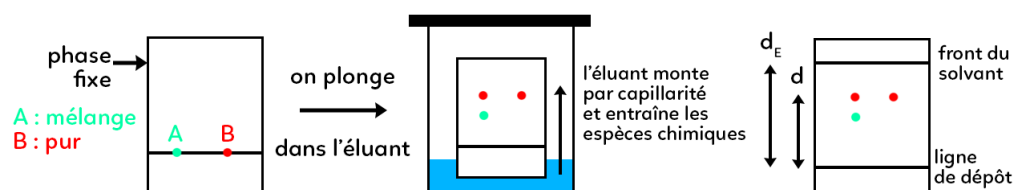
- Si l'on dispose d'un **échantillon de référence** du produit recherché, on peut réaliser une **chromatographie sur couche mince**.
- Si l'on connaît des **caractéristiques** de l'espèce chimique à synthétiser (température d'ébullition ou de fusion, masse volumique...) on peut mesurer une de ces caractéristiques pour le produit obtenu et vérifier qu'elle correspond à la caractéristique du produit souhaité.
- Si l'on a le matériel, on peut réaliser un spectre infrarouge du produit obtenu, et observer si les liaisons du produit correspondent bien à celles de l'espèce à synthétiser.

### TP (Chromatographie sur couche mince)

On utilise une plaque de silice sur laquelle on trace un trait de dépôt. Délicatement, on place le produit synthétisé et le produit de référence à l'aide d'une pointe. Puis, on place cette plaque dans un bécher qui contient un éluant : cet éluant va monter par capillarité sur la plaque. On enlève ensuite la plaque et on la fait sécher. On l'observe ensuite sous une lampe UV : des taches sont alors visibles.

Un produit pur ne fera qu'une tache, tandis qu'un mélange produira plusieurs taches. Si la tache du produit synthétisé est unique et est à la même hauteur que celle de l'échantillon de référence, alors notre produit est celui que nous recherchions, et il est pur.

S'il y a deux taches dont une à la hauteur de celle de l'échantillon de référence, nous avons le produit recherché mais il n'est pas pur.



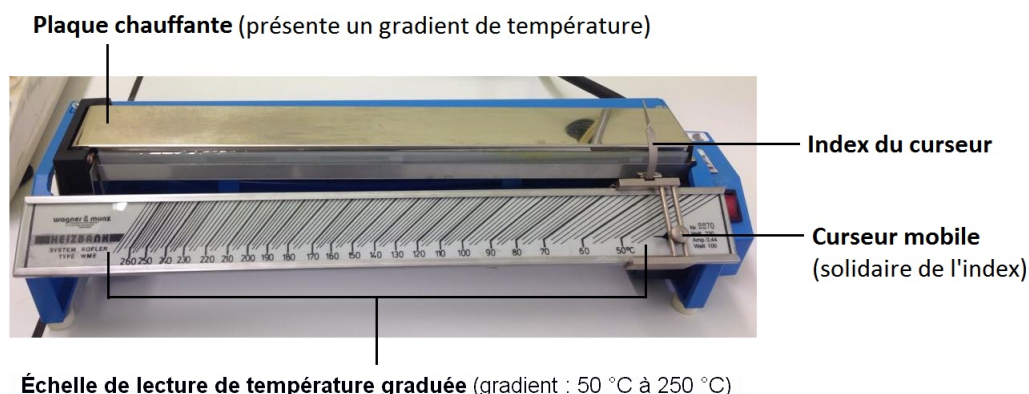
Voici une vidéo explicative dans laquelle vous pouvez observer une chromatographie sur couche mince : <https://www.youtube.com/watch?v=zJnxjDv2gpY>

Cette méthode s'utilise sur les produits solides.

Un banc de Köfler est une plaque en métal sur laquelle la température est croissante (car elle n'est chauffée qu'à une seule de ses extrémités).

On dépose notre échantillon sur le côté le plus froid de la plaque, puis on le fait avancer petit à petit jusqu'à ce qu'on observe la fusion de notre produit. L'endroit où s'est produit la fusion nous permet alors de déterminer la température de fusion de notre produit.

On peut ensuite comparer cette température de fusion avec celle du produit souhaité.



Voici une vidéo où vous pourrez observer la détermination d'une température de fusion à l'aide d'un banc de Köfler : <https://www.youtube.com/watch?v=YMNjiyioREs>

## II. Le rendement d'une synthèse

### Définition

Le rendement d'une synthèse définit le **rapport** entre la quantité de matière obtenue réellement sur la quantité de matière attendue. Il permet de juger l'**efficacité** d'une synthèse.

C'est un rapport entre deux quantités de matière, le rendement n'a donc pas d'unité. On l'exprime souvent en pourcentage. Il est noté  $\eta$ .

$$\eta = \frac{n_{\text{produit obtenu}} \text{ (mol)}}{n_{\text{attendue}} \text{ (mol)}} = \frac{m_{\text{produit obtenu}} \text{ (g)}}{m_{\text{attendue}} \text{ (g)}}$$

On obtient le résultat en pourcentage en multipliant par 100.

**Exemple**

Lors d'une synthèse, nous avons obtenu 9,4 g du produit souhaité, mais nous pouvions former 10 g.

Le rendement de cette synthèse est le suivant :

$$\eta = \frac{9,4}{10} = 0,94 \quad \text{ainsi,} \quad 0,94 \times 100 = 94\%$$

Cette synthèse est efficace car elle a un bon rendement.

---

**À la fin de ce chapitre, je dois savoir...**

- Identifier, dans un protocole, les étapes de transformation des réactifs, d'isolement, de purification et d'analyse (identification, pureté) du produit synthétisé.
- Justifier, à partir des propriétés physico-chimiques des réactifs et des produits, le choix des méthodes d'isolement, de purification ou d'analyse.
- Déterminer, à partir d'un protocole et de données expérimentales, le rendement d'une synthèse.
- Schématiser des dispositifs expérimentaux des étapes d'une synthèse et les légender.
- *En TP :*
  - Mettre en oeuvre un montage à reflux pour synthétiser une espèce chimique organique.
  - Isoler, purifier et analyser un produit formé.