

Chap VIII : Synthèse de composés organiques

notions et contenus :

Etapes d'un protocole.
Rendement d'une synthèse.
(chap 8 p. 137)

compétences :

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 produits, le choix de 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.
Mettre en oeuvre un montage à reflux pour synthétiser une espèce chimique organique.
Isoler, purifier et analyser un produit formé.(TP paracétamol)

Notions abordées en seconde

Extraction, séparation et identification d'espèces chimiques.
Caractéristiques physiques d'une espèce chimique : aspect, température de fusion, température d'ébullition, solubilité, densité, masse volumique.
Synthèse d'une espèce chimique.

Plan du chapitre :

I- Les étapes d'une synthèse organique :

1- Qu'est-ce qu'une synthèse ?

exo : 4, 5, 6, 7 p. 148

2- La transformation chimique :

exo : 8, 9, 10, 11 p. 148, 149

II- Extraction du produit du milieu réactionnel

1- Cas où l'espèce chimique synthétisée est un liquide :

2- Cas où l'espèce chimique synthétisée est un solide :

3- Cas où l'espèce synthétisée est un soluté du mélange :

exo : 12, 13 p. 149

III- Efficacité de la synthèse.

1- Identification du produit brut :

exo : 14, 15, 16, 17 p. 149, 150

2- Purification :

exo : 20, 21 p. 150, 151

3- Calcul du rendement d'une synthèse :

exo : 18, 19 p. 150 et exo 22, 23, 24, 26 p. 151 à 152

Pour réviser : il est fortement conseillé de travailler ou de retravailler :

- QCM page 145 et Exercices résolus 1, 2, 3 p. 146, 147 ;
- Exercices corrigés dans le livre (notés ■) et Exercices corrigés en classe.

Mots clés :

I- Les étapes d'une synthèse organique :

1- Qu'est-ce qu'une synthèse ?

Une **synthèse** est l'ensemble des étapes de fabrication d'une ou de plusieurs espèces chimiques pures, impliquant la **transformation chimique** de réactifs. Les quatre grandes étapes d'une synthèse sont :

La **transformation chimique** proprement dite ;
l'**extraction** du produit souhaité de son milieu réactionnel ;
l'**identification** du produit et l'analyse de sa pureté ;
la **purification** éventuelle du produit.

Le **protocole expérimental** d'une synthèse varie selon les propriétés physico-chimiques des espèces chimiques mises en jeu. Il vise à obtenir une quantité de matière maximale de produits recherchés dans des conditions de sécurité optimales.

Avant de commencer une synthèse, il convient de lire **les pictogrammes de danger et les phrases de risques** associés aux espèces chimiques mises en jeu et d'en déduire les **consignes de sécurité** à suivre (port de gants, de lunettes, etc...) ainsi que les consignes de **récupération** des espèces utilisées.

Exercices d'application immédiate : n° 4, 5, 6, 7 p. 148

2- La transformation chimique :

Les réactifs se transforment en produits en suivant l'équation de réaction pendant une durée choisie. Plusieurs paramètres expérimentaux améliorent la transformation :

Rôle du chauffage

Le chauffage du milieu réactionnel permet ou accélère la transformation chimique : il apporte l'énergie thermique qui rend plus nombreuses et plus efficaces les rencontres entre réactifs.

Le **montage de chauffage à reflux** permet de chauffer le milieu réactionnel sans perte de matière : les vapeurs qui s'échappent du milieu en traversant le réfrigérant, sont condensées et retombent. On conserve ainsi les espèces chimiques dans le milieu réactionnel et on se protège des vapeurs émises.

Rôle du solvant

Pour que les réactifs se rencontrent, il faut les dissoudre dans un **solvant** où ils sont tous solubles. Le solvant peut aussi jouer le rôle de réactif.

Exemple : Lors de la synthèse d'un savon, on choisit comme solvant l'éthanol, dans lequel tous les réactifs sont solubles.

D'autres paramètres peuvent favoriser la transformation chimique : l'agitation, la concentration des réactifs, l'ajout d'un catalyseur, une exposition à la lumière, etc.

Exercices d'application immédiate : n° 8, 9, 10, 11 p. 148, 149

II- Extraction du produit du milieu réactionnel

Après la transformation chimique, il faut **isoler** l'espèce chimique souhaitée (produit brut) du milieu réactionnel.

1- Cas où l'espèce chimique synthétisée est un liquide

Si l'espèce chimique à isoler est un **liquide non miscible** avec le mélange réactionnel, on peut l'isoler par **décantation**.

Exemple : On synthétise du butanoate de butyle. Ce dernier est un liquide de masse volumique $0,87 \text{ g.mL}^{-1}$ et n'est pas miscible avec son milieu réactionnel aqueux. La phase supérieure du mélange est la phase organique constituée du butanoate de butyle seul car sa masse volumique est inférieure à celle de l'eau. La phase inférieure est la phase aqueuse.

Si l'espèce chimique à isoler est un **liquide miscible** avec le mélange réactionnel, on peut la séparer par **distillation fractionnée** si la température d'ébullition de l'espèce chimique à isoler a au moins 20°C d'écart avec celles des autres espèces chimiques présentes.

Exemple : A l'issue de la synthèse industrielle de l'éthanol, on obtient un mélange d'éthanol et d'eau, deux liquides miscibles entre eux. La température d'ébullition de l'éthanol est 78°C , celle de l'eau 100°C : on peut donc les séparer par distillation fractionnée. Lorsque le mélange est chauffé, l'éthanol entre en ébullition le premier. La température en tête de colonne se stabilise à 78°C tant qu'il reste de l'éthanol dans le mélange. Les vapeurs d'éthanol sont condensées par le réfrigérant droit.

2- Cas où l'espèce chimique synthétisée est un solide

Si l'espèce à isoler est un **solide**, on la sépare du mélange réactionnel grâce à une filtration simple ou sur entonnoir Büchner (filtration sur Büchner) sous pression réduite, méthode plus efficace.

Exemple : Lors de la synthèse de l'aspirine, il reste des traces d'acide éthanoïque, soluble dans l'eau froide, alors que l'aspirine ne l'est pas. On ajoute donc à l'entonnoir Büchner de l'eau distillée glacée pour laver l'aspirine.

3- Cas où l'espèce synthétisée est un soluté du mélange

Si l'espèce à isoler est **dissoute dans le milieu réactionnel**, on peut modifier les conditions expérimentales pour que sa solubilité diminue : par exemple. en changeant le pH, en refroidissant le milieu réactionnel ou en introduisant une autre espèce plus soluble dans le solvant (technique dite de **relargage**).

Si l'espèce à extraire est un solide, elle **cristallise**.

Exemple : Lors de la synthèse d'un savon, l'ajout d'une solution aqueuse saturée en sel diminue la solubilité du savon, qui précipite.

On peut aussi procéder à une **extraction liquide-liquide** par un solvant extracteur.

Exercices d'application immédiate : n° **12**, 13 p. 149

III- Efficacité de la synthèse.

1- Identification du produit brut :

L'étape d'identification permet de préciser la nature du produit brut obtenu et de vérifier sa pureté.

On utilise par exemple :

- la **température de fusion** à pression atmosphérique pour les solides, mesurée par exemple, au banc Köfler,
- la **température d'ébullition**, à une pression donnée, lors d'une distillation fractionnée pour les liquides,
- la **masse volumique**,
- la **solubilité** dans l'éluant lors d'une CCM,
- les **propriétés spectroscopiques** infrarouge.

Exercices d'application immédiate : n° 14, 15, 16, 17 p. 149, 150

2- Purification :

L'étape de purification permet d'éliminer les impuretés (réactifs restants, autres produits, etc.) contenues dans le produit brut.

Les techniques de purification utilisent les différences de propriétés entre le produit recherché et les impuretés :

- **différence de températures d'ébullition** pour les liquides lors d'une distillation fractionnée ;
- **différence de solubilités** dans un solvant pour les solides :
 - **lavage** d'un solide lors du filtrage ;
 - **recristallisation** ;
- **séchage** d'une phase organique contenant des traces d'eau : on y introduit un solide ionique anhydre (sulfate de magnésium, par exemple), dans lequel les quelques molécules d'eau encore présentes seront piégées. Le solide tombe au fond et on récupère la phase organique par filtrage.

Exercices n° : 20 (étapes, isoler, analyser) p. 150 et 21 (gr caract., solubilité, chauff à reflux, chromato) p. 151

3- Calcul du rendement d'une synthèse :

Le **rendement** d'une synthèse quantifie son efficacité. Il est égal au quotient de la quantité de matière de produit pur obtenu expérimentalement (notée n_{exp}) par la quantité de matière maximale théorique de produit (notée n_{max}) :

$$\eta = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{max}}}$$

Il peut aussi se calculer comme un quotient de masses.

C'est un nombre sans unité, compris entre 0 et 1.

La quantité de matière maximale théorique n_{max} s'obtient par un **bilan de matière** de la réaction de synthèse, en la considérant comme totale. La recherche vise à améliorer les rendements des synthèses tout en limitant l'impact sur l'environnement (chimie verte).

Exemple : La synthèse de l'arôme à l'odeur de banane est améliorée par un chauffage par micro-ondes : son rendement passe de 74% à 92% et la durée de la transformation de 45 min à 42 s, permettant de réelles économies d'énergie.

Exercices application immédiate : n° 18, 19 p. 150

Exercices n° : 22 (chauff reflux, IR, rendement) p. 151, et 23 (2 nv : rendement), 24 (étapes, lavage, pureté, rendement), 26 (résol pb : rendement) p. 152