

Synthèse d'espèces chimiques

Cours de sciences physiques - niveau 2de

*L'arôme de banane des bonbons, le parfum de la vanille d'une glace, l'aspirine d'un comprimé : beaucoup de ces substances sont fabriquées en laboratoire plutôt qu'extraites d'une plante. Par ailleurs, cette **synthèse d'espèces chimiques** consiste à fabriquer, à partir de réactifs, une espèce nouvelle, puis à l'isoler, la purifier et vérifier son identité. Voyons la démarche complète, du ballon à la balance.*

L'essentiel : La synthèse d'une espèce chimique suit quatre étapes : réaliser la transformation, séparer le produit, le purifier, puis l'identifier. Le chauffage à reflux évite la perte de matière en condensant les vapeurs. Une espèce identique à l'espèce naturelle a les mêmes propriétés : l'acide benzoïque pur fond à 122 °C.

De plus, ce cours est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Qu'est-ce que la synthèse d'espèces chimiques ?

Les espèces chimiques que nous utilisons sont de deux origines. Puis les **espèces naturelles** sont extraites d'un végétal, d'un animal ou d'un minéral (la vanilline des gousses de vanille, la caféine du café). Ensuite, les **espèces de synthèse** sont fabriquées par une transformation chimique à partir d'autres espèces. Beaucoup de molécules de synthèse sont **identiques** à leurs équivalentes naturelles : même formule, mêmes propriétés ; c'est la formule qui définit l'espèce, pas son origine.

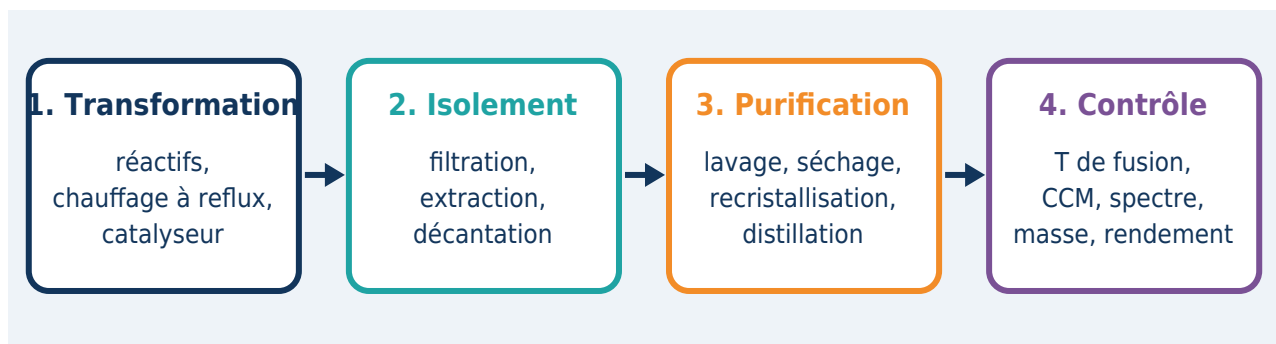
DÉFINITION

Donc, une **synthèse** est la fabrication d'une espèce chimique par une transformation chimique de réactifs. Puis on parle d'espèce de **synthèse** si elle est obtenue ainsi, et d'espèce **naturelle** si elle est extraite d'un produit naturel.

La synthèse permet de produire de grandes quantités à moindre coût, d'éviter d'épuiser une ressource rare (il faut environ 50 kg de gousses de vanille pour obtenir 1 kg de vanilline) et de fabriquer des molécules qui n'existent pas dans la nature, comme certains médicaments.

Les quatre étapes d'une synthèse

Enfin, toute synthèse suit le même fil conducteur, résumé par le schéma ci-dessous.

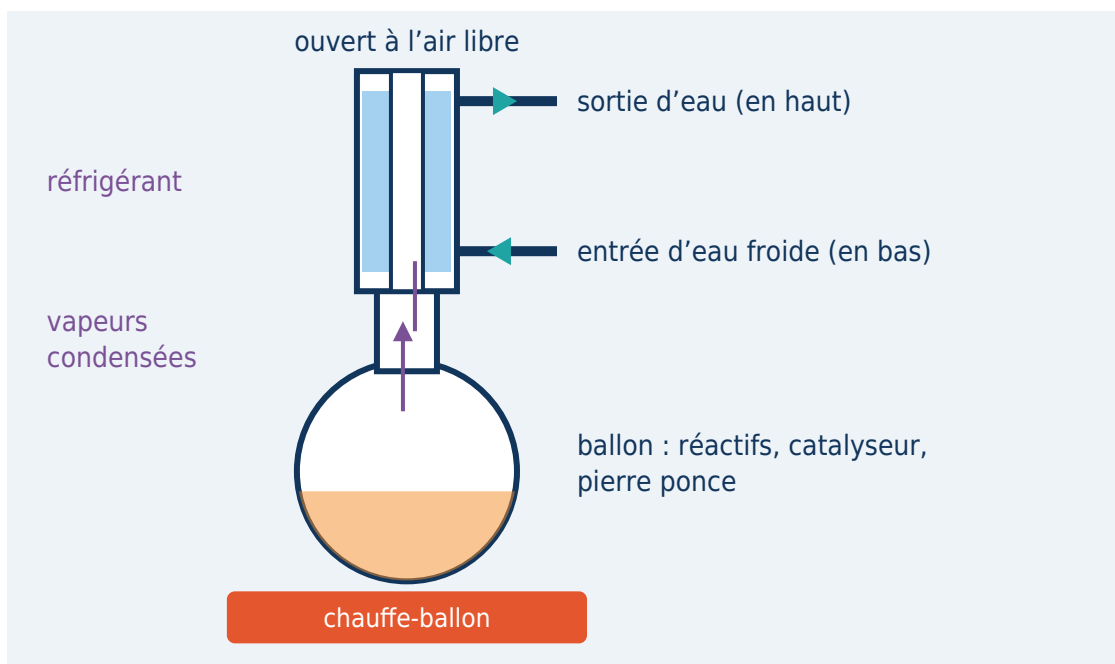


Les quatre étapes d'une synthèse : on fabrique, on sépare, on purifie, puis on vérifie.

Réaliser la transformation : le chauffage à reflux

Pour fabriquer un produit, on choisit des réactifs, leurs quantités et les conditions : température, durée, éventuellement un **catalyseur**, espèce qui accélère la transformation sans figurer dans l'équation. Chauffer accélère la plupart des transformations, mais beaucoup de réactifs ou de produits sont volatils : ils s'échapperaient sous forme de vapeur.

Ensuite, le **chauffage à reflux** résout ce problème : on surmonte le ballon d'un **réfrigérant** (condenseur) parcouru par de l'eau froide. De plus, les vapeurs montent, se condensent au contact de la paroi froide et retombent dans le ballon : aucune matière n'est perdue et on peut chauffer à température élevée.



Chauffage à reflux : les vapeurs se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le ballon. Le montage reste ouvert pour éviter toute surpression.

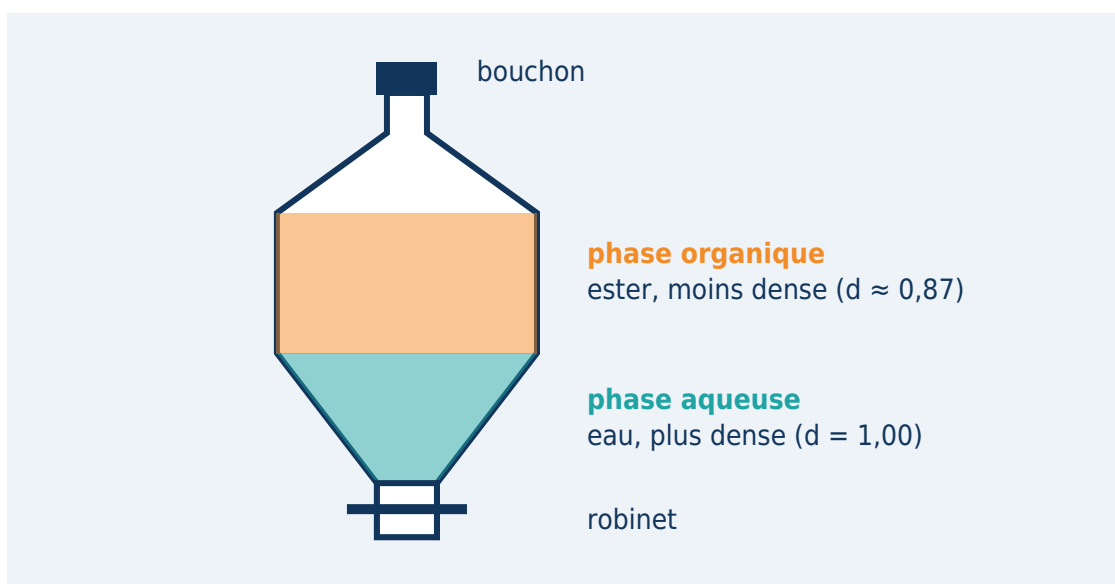
MÉTHODE

Montage à reflux : régler la hauteur du chauffe-ballon, introduire une pierre ponce (régularise l'ébullition), ajuster le réfrigérant sur le ballon, brancher l'eau **par le bas** et la faire sortir par le haut, ne **jamais fermer** le haut du montage. Chauffer progressivement et arrêter le chauffage avant l'eau.

Séparer et isoler l'espèce synthétisée

À la fin de la transformation, le ballon contient un mélange : produit, réactifs restants, catalyseur, sous-produits. Ensuite, on l'**isole** grâce à une technique choisie selon la nature du mélange :

- la **filtration** sépare un solide d'un liquide (filtre papier, ou filtration sous vide sur Büchner) ;
- la **décantation** et l'**extraction liquide-liquide** séparent deux liquides non miscibles dans une ampoule à décanter ;
- l'**évaporation** élimine un solvant ; la **distillation** sépare des liquides de températures d'ébullition différentes.



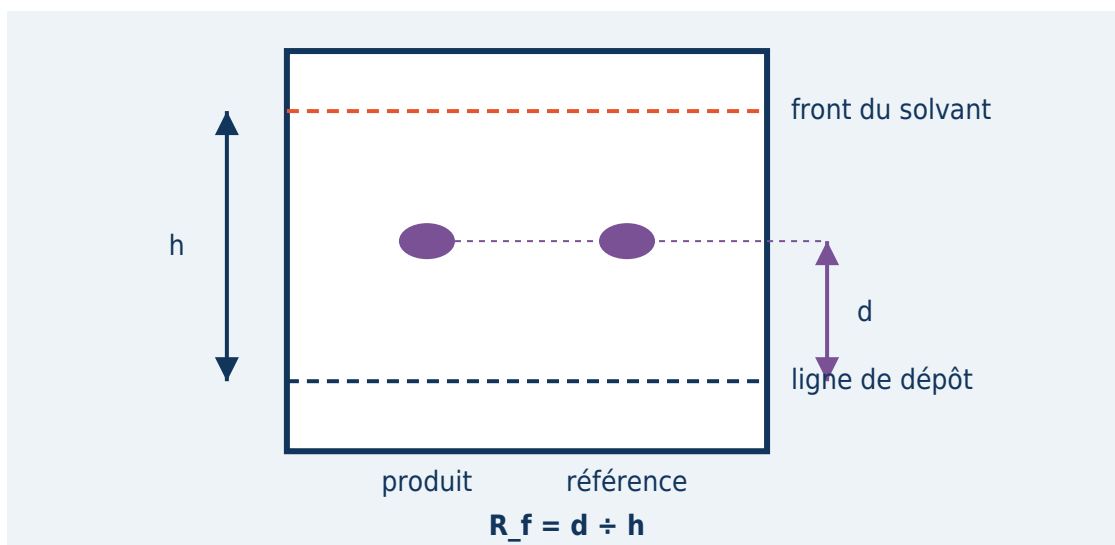
Ampoule à décanter : le liquide le moins dense est au-dessus. On recueille la phase inférieure par le robinet.

Dans une extraction, on agite l'ampoule retournée en ouvrant de temps en temps le robinet pour évacuer la surpression, puis on laisse décanter. Par ailleurs, une espèce plus soluble dans le solvant extracteur que dans l'eau passe dans la phase organique. Puis on élimine ensuite l'eau restante par un **séchage** sur un solide desséchant (sulfate de sodium anhydre), puis on filtre.

Purifier et contrôler l'espèce obtenue

L'espèce isolée contient souvent des impuretés. Ensuite, on la purifie : **lavage** (par exemple à l'hydrogénocarbonate de sodium pour éliminer un acide), **recristallisation** pour un solide (dissolution dans un minimum de solvant chaud, puis refroidissement : le produit cristallise, les impuretés restent dissoutes) ou **distillation** pour un liquide.

Puis, on vérifie ensuite l'identité et la pureté de l'espèce par des mesures de grandeurs caractéristiques : **température de fusion** (nette et égale à la valeur tabulée pour un solide pur ; un solide impur fond plus bas et sur un intervalle large), **température d'ébullition**, **masse volumique**, **indice de réfraction**, ou **chromatographie sur couche mince** (CCM).



CCM : deux taches de même hauteur indiquent probablement la même espèce. Le rapport frontal R_f est la distance d parcourue par la tache divisée par la distance h parcourue par le front du solvant.

FORMULE À RETENIR

Rapport frontal : $R_f = d \div h$ (sans unité, compris entre 0 et 1). Puis pour $d = 4,2 \text{ cm}$ et $h = 7,0 \text{ cm}$: $R_f = 4,2 \div 7,0 = 0,60$.

Le bilan de matière d'une synthèse et le rendement

Comme pour toute transformation, on détermine le réactif limitant et l'avancement maximal grâce au tableau d'avancement. De plus, la masse maximale de produit s'en déduit. Ensuite, on compare ensuite à la masse réellement obtenue après purification : c'est le **rendement**.

FORMULE À RETENIR

$\eta = m_{\text{obtenue}} \div m_{\text{maximale}}$ (sans unité, souvent exprimé en %). Par ailleurs, le rendement est inférieur ou égal à 100 %.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Synthèse de l'éthanoate de 3-méthylbutyle (arôme de banane) : $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O} + \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 \rightarrow \text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Puis on utilise 10,0 mL d'alcool ($\rho = 0,81 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$, $M = 88,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) et 20,0 mL d'acide éthanoïque ($\rho = 1,05 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$, $M = 60,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$). $n(\text{alcool}) = 0,81 \times 10,0 \div 88,0 = 0,0920 \text{ mol}$; $n(\text{acide}) = 1,05 \times 20,0 \div 60,0 = 0,350 \text{ mol}$. Ensuite, L'alcool est limitant : $x_{\text{max}} = 0,0920 \text{ mol}$. Masse maximale d'ester ($M = 130,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) :

$0,0920 \times 130,0 = \mathbf{12,0\text{ g}}$. Puis on obtient 7,8 g d'ester pur : $\eta = 7,8 \div 12,0 = 0,65$, soit 65 %.

Ainsi, un rendement inférieur à 100 % s'explique par des pertes de matière lors des transferts, des lavages ou de la purification, et par le fait que certaines transformations ne sont pas totales.

Le bilan de matière d'une synthèse et le rendement (suite)

ERREUR FRÉQUENTE

Un rendement supérieur à 100 % est impossible : il révèle un produit impur ou encore humide. Autre confusion : on calcule la masse maximale à partir du réactif *limitant*, pas du réactif en excès.

SÉCURITÉ

Lunettes et blouse obligatoires, gants pour les acides, travail sous hotte pour les produits volatils, aucune flamme près des liquides inflammables, pictogrammes lus avant manipulation, déchets triés dans les flacons prévus. On ne goûte jamais un produit de laboratoire.

L'essentiel à retenir

- Par ailleurs, une espèce de synthèse est fabriquée par une transformation chimique ; elle peut être identique à l'espèce naturelle.
- Une synthèse comprend la transformation, l'isolement, la purification et la caractérisation du produit.
- De plus, le chauffage à reflux évite les pertes de matière : eau froide entrée en bas, sortie en haut, montage ouvert.
- On sépare par filtration, décantation, extraction ou distillation ; on purifie par lavage, recristallisation ou distillation.
- Donc, la pureté se contrôle par la température de fusion, la CCM ($R_f = d \div h$) ou d'autres grandeurs caractéristiques.
- Le rendement est $\eta = m_{\text{obtenue}} \div m_{\text{maximale}}$ toujours inférieur ou égal à 100 %.

Tout le chapitre « Synthèse d'espèces chimiques » en seconde

- Les exercices : Synthèse d'espèces chimiques
- Le corrigé des exercices : Synthèse d'espèces chimiques
- Le TP : Synthèse d'espèces chimiques
- Le corrigé du TP : Synthèse d'espèces chimiques
- Le QCM : Synthèse d'espèces chimiques

- Le contrôle : Synthèse d'espèces chimiques
- Le corrigé du contrôle : Synthèse d'espèces chimiques

Chapitre précédent : Transformation chimique et bilan de matière (cours)

Chapitre suivant : Description d'un mouvement et référentiels (cours)

Retrouve aussi tous les cours de sciences physiques en seconde et le programme complet de sciences physiques en seconde.