

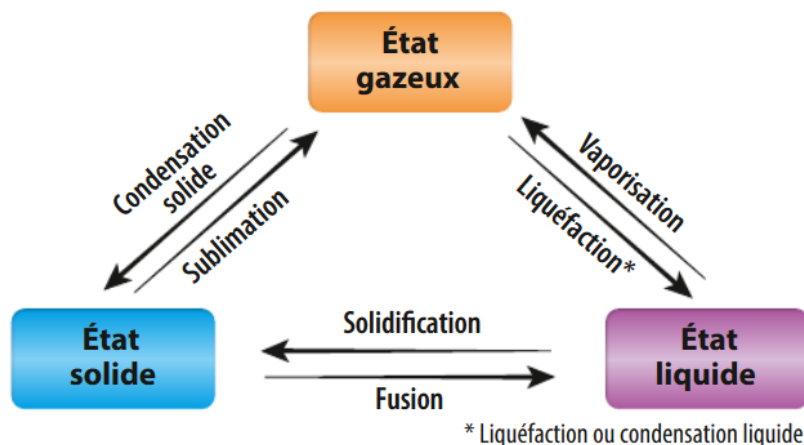
Chapitre 6 : Transformations de la matière

1. Transformations physique

1.1. Les changements d'état [Rappels : voir chapitre 1]

Définition :

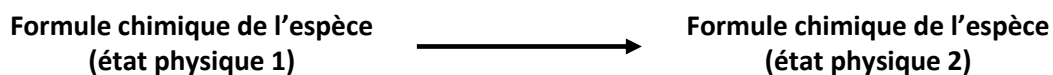
Une **transformation physique** se produit lorsqu'une espèce passe d'un état physique (solide, liquide ou gazeux) à un autre.



Remarque : pour une pression donnée, le changement d'état d'un corps pur se fait à température constante.

1.2. Écriture symbolique d'un changement d'état

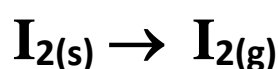
L'**écriture symbolique**, à l'échelle macroscopique, de la transformation physique d'une espèce s'appelle l'**équation de changement d'état**. Elle s'écrit avec la formule du corps pur dans son état physique initial puis final.



Exemple :



Sublimation du diiode :

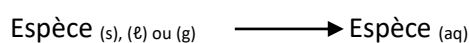


Remarques :

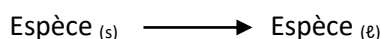
- Par convention, l'état physique de l'espèce est précisé par l'indication **(s)** pour une espèce à l'état solide, **(l)** pour une espèce à l'état liquide, **(g)** pour une espèce à l'état gazeux et **(aq)** pour une espèce en solution aqueuse.

- Ne pas confondre dissolution et fusion :

- o La **dissolution** consiste à mélanger une espèce chimique (soluté) avec un solvant (souvent l'eau).



- o Une **fusion** ne nécessite pas de solvant : l'espèce chimique passe de l'état solide à l'état liquide



1.3. Effets thermiques d'une transformation physique

1.3.1. Définitions

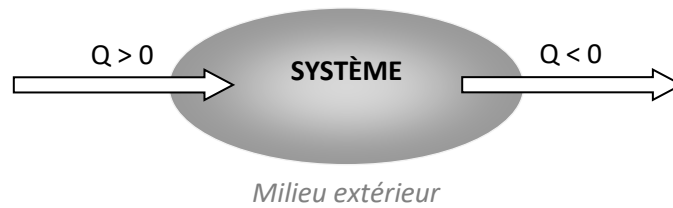
Définitions :

Une transformation physique est dite :

- **exothermique** si elle libère de l'énergie sous forme de chaleur (énergie thermique) ;
- **endothermique** si elle ne se produit que si de l'énergie thermique est apportée par le milieu extérieur ;
- **athermique** si elle ne s'accompagne d'aucun effet thermique.

Remarque : par convention, l'énergie échangée est une grandeur algébrique

- L'énergie reçue par un système du milieu extérieur est **positive** ;
- L'énergie cédée au milieu extérieur par un système est **négative**.



1.3.2. Énergies de changement d'état

Définitions :

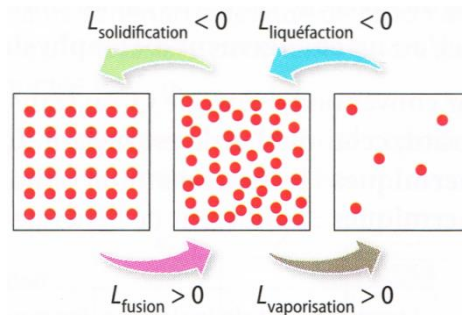
- On appelle **énergie massique de changement d'état**, l'énergie qu'il faut apporter ou retirer par transfert thermique à un kilogramme d'un corps pur (ayant atteint sa température de changement d'état) pour qu'il effectue un changement d'état physique. Elle se note **L** et s'exprime, dans le système international d'unités, en **joule par kilogramme** (symbole : $J.kg^{-1}$). Elle est caractéristique d'un corps.
- À pression constante, l'énergie de changement d'état **Q** d'un corps est le produit de la masse **m** du corps par l'énergie massique de changement d'état **L** :

$$Q = m \times L$$

m = masse (en kg)
 L = énergie massique de changement d'état (en $J.kg^{-1}$)
 Q = énergie de changement d'état (en J)

Remarques :

- L'énergie échangée lors du changement d'état d'un corps pur peut être évaluée dans un calorimètre ;
- L'énergie massique de changement d'état est caractéristique d'un corps et dépend du changement d'état :



$$L_{\text{fusion}} = - L_{\text{solidification}}$$
$$L_{\text{vaporisation}} = - L_{\text{liquéfaction}}$$
$$L_{\text{sublimation}} = - L_{\text{condensation}}$$

2. Transformations chimiques

2.1. Définitions

Définitions :

- On appelle **système chimique** l'ensemble des espèces chimiques présentes dans un milieu ;
- On appelle **transformation chimique**, une transformation (réaction) au cours de laquelle des **réactifs** (substances présentes au départ) sont **consommés** pour former des **produits** nouveaux (substances formées après la transformation).



L'état d'un système chimique est caractérisé par :

- Les grandeurs physiques P (pression du ou des gaz) et T (température) ;
- L'état physique des espèces présentes : liquide (ℓ), solide (s), gazeux (g) ou aqueux (aq) ;
- Les quantités de matière des espèces chimiques présentes.

L'évolution d'un système est caractérisée par :

- Des substances chimiques qui disparaissent, on les appelle les **REACTIFS** ;
- Des substances chimiques apparaissent, on les appelle les **PRODUITS**.

L'état final est atteint lorsque l'un au moins des réactifs est totalement consommé : la transformation chimique s'arrête.

A RETENIR :

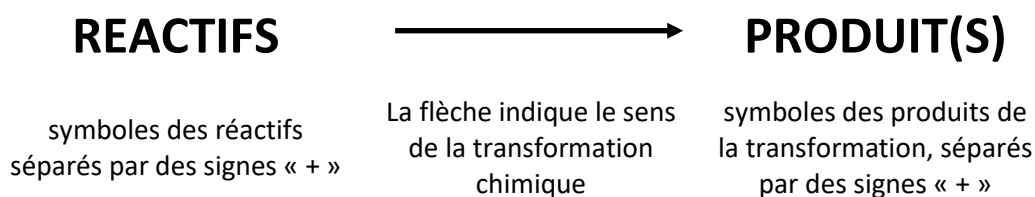
- L'état du système avant la transformation chimique s'appelle **l'état initial** ;
- L'état du système après la transformation chimique s'appelle **l'état final** ;
- La **transformation chimique** est le **passage** d'un système de **l'état initial** à **l'état final**.

2.2. L'équation de réaction

2.2.1. Définitions

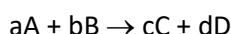
Définitions :

- On associe à la transformation chimique d'un système un modèle qui rend compte, à l'échelle macroscopique, de l'évolution du système : c'est la **réaction chimique** ;
- **L'équation d'une réaction** est l'écriture symbolique d'une réaction chimique :



A RETENIR :

- Lors d'une transformation chimique, les éléments chimiques sont conservés ;
- La réaction chimique modélise une transformation chimique ;
- L'équation d'une réaction symbolise une réaction chimique aussi bien au niveau **moléculaire** que **molaire** ;



Exemple : $C + O_2 \rightarrow CO_2$

- Lorsque des ions interviennent, la charge globale des réactifs doit être égale à la charge globale des produits.

2.2.2. Écriture d'une équation de réaction

Définitions :

- Les **coefficients stœchiométriques** sont des nombres positifs qui indiquent les proportions dans lesquelles les espèces chimiques réagissent ou sont produites au cours d'une réaction chimique. Ils traduisent la conservation de la matière :

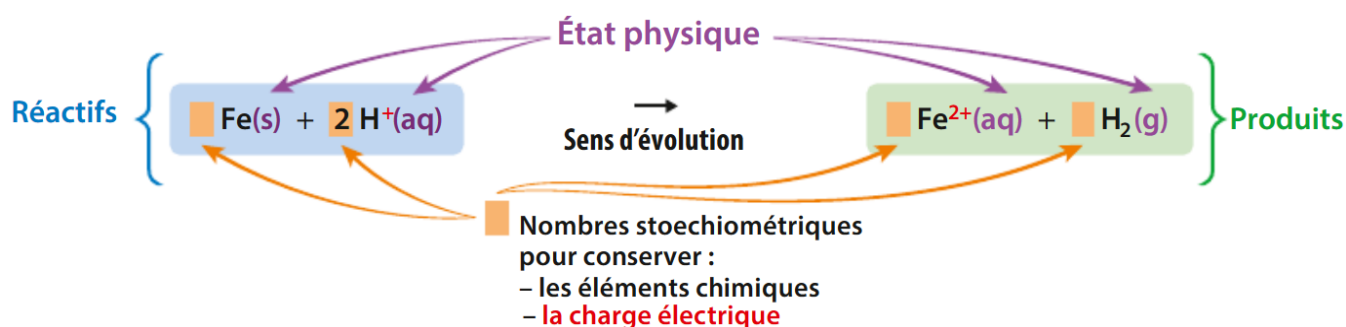


- Équilibrer** une équation de réaction consiste à déterminer les coefficients stœchiométriques de l'équation de la réaction.

Méthode pour équilibrer une équation de réaction :

- Identifier les réactifs et les produits de la réaction chimique ;
- Écrire les formules brute des différents constituants à gauche (réactifs) et à droite (produits) de la flèche symbolisant la transformation en précisant leur état physique ;
- Compter le nombre d'atomes pour chaque élément chimique de part et d'autre de la flèche :
 - S'il y a le même nombre d'atomes des deux cotés pour tous les éléments présents alors les nombres stœchiométriques sont ajustés : la loi de conservation de la matière est vérifiée ;
 - Sinon, il faut faire précéder les formules brutes du nombre stœchiométrique adapté pour vérifier la conservation des éléments.
- Compléter l'équation de la réaction en rajoutant les coefficients stœchiométriques adaptés ;
- Vérifier la loi de conservation des charges (s'il y a lieu).

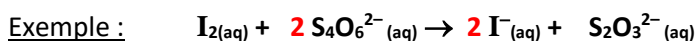
A RETENIR :



2.2.3. Stœchiométrie

Définition :

La **stœchiométrie** d'une réaction chimique est la relation de proportionnalité qui existe entre les quantités de matière consommées des réactifs ainsi qu'entre les quantités de matière formées des produits, lors d'une transformation chimique.



→ La consommation de 1 mole de I_2 et de 2 moles de $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ entraîne la formation de 2 moles de I^- et de 1 mole de $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$;

→ La consommation de x moles de I_2 et de $2x$ moles de $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ entraîne la formation de $2x$ moles de I^- et de x moles de $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$.

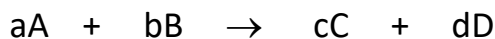
⇔ Le diiode et l'ion thiosulfate réagissent (en mol) dans des proportions de 1 pour 2 et l'ion iodure et l'ion tétrathionate sont simultanément formés dans des proportions de 2 pour 1.

2.2.4. Réactif limitant

Définition :

Dans une transformation chimique, lorsque l'un des réactifs est mis en défaut et qu'il disparaît totalement au cours de la transformation chimique (\Leftrightarrow sa quantité de matière est nulle à l'état final), on l'appelle **réactif limitant**. C'est lui qui fait cesser la réaction chimique.

Soit l'équation ajustée (équilibrée) :



- Si $\frac{n(A)_0}{a} < \frac{n(B)_0}{b}$ alors **A est le réactif limitant** ;
- Si $\frac{n(B)_0}{b} < \frac{n(A)_0}{a}$ alors **B est le réactif limitant** .
- Si $\frac{n(A)_0}{a} = \frac{n(B)_0}{b}$ alors on avait au départ un **mélange stœchiométrique** ;


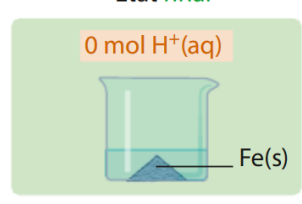
→ Les quantités de matière initiales des réactifs étaient dans les mêmes proportions que les nombres stœchiométriques :

$$\frac{n(A)_0}{n(B)_0} = \frac{a}{b}$$

→ Les quantités de matière respectent la stœchiométrie de la réaction.

⇒ A la fin de la transformation chimique, les réactifs ont totalement disparu et l'état final n'est constitué que des produits de la réaction.

A RETENIR : deux méthodes pour déterminer le réactif limitant

À partir de, l'équation de réaction	À partir d'un tableau de proportionnalité									
<p>Fe(s) + 2 H⁺(aq) → Produits</p> <p>• État initial</p> <p>3 mol Fe(s) 2 mol H⁺(aq)</p>  <p>• État final</p> <p>0 mol H⁺(aq)</p>  <p>En excès Limitant</p>	<table border="1"><thead><tr><th>Réactifs</th><th>Fe</th><th>H⁺</th></tr></thead><tbody><tr><td>Nombres stœchiométriques</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>n_i</td><td>3</td><td>2</td></tr></tbody></table>	Réactifs	Fe	H ⁺	Nombres stœchiométriques	1	2	n_i	3	2
Réactifs	Fe	H ⁺								
Nombres stœchiométriques	1	2								
n_i	3	2								

3. Synthèse d'une espèce chimique

3.1. Définitions

Toutes les espèces chimiques qui sont nécessaires à l'homme ne peuvent être prélevées dans la nature car les quantités dont on a besoin sont énormes, cela signifierait une surexploitation de la nature et des coûts de production élevés. La **synthèse chimique** permet alors de fabriquer ces espèces chimiques par transformation chimique de matières premières (réactifs).

Définitions :

- Une **espèce chimique** est caractérisée par son aspect (état physique, couleur), par son nom, sa formule chimique et par ses propriétés physiques caractérisées par des grandeurs physiques : solubilité, masse volumique, densité, ... ;
- La **synthèse** d'une espèce chimique est une transformation chimique réalisée dans des conditions bien particulières (température, pression, proportions des réactifs) et au cours de laquelle des matières premières (réactifs) sont utilisées pour obtenir des produits parmi lesquels se trouve l'espèce chimique souhaitée.

On distingue 3 types d'espèces chimiques :

- Les espèces chimiques **naturelles** : obtenues par extraction à partir de matières premières naturelles ;
- Les espèces chimiques **artificielles** : elles sont fabriquées par synthèse mais n'existent pas dans la nature ;
- Les espèces chimiques **synthétiques** : elles sont une copie d'espèces chimiques naturelles, elles sont très variées, plus performantes et moins chères que celles extraites de substances naturelles.

3.2. Synthèse

Principe

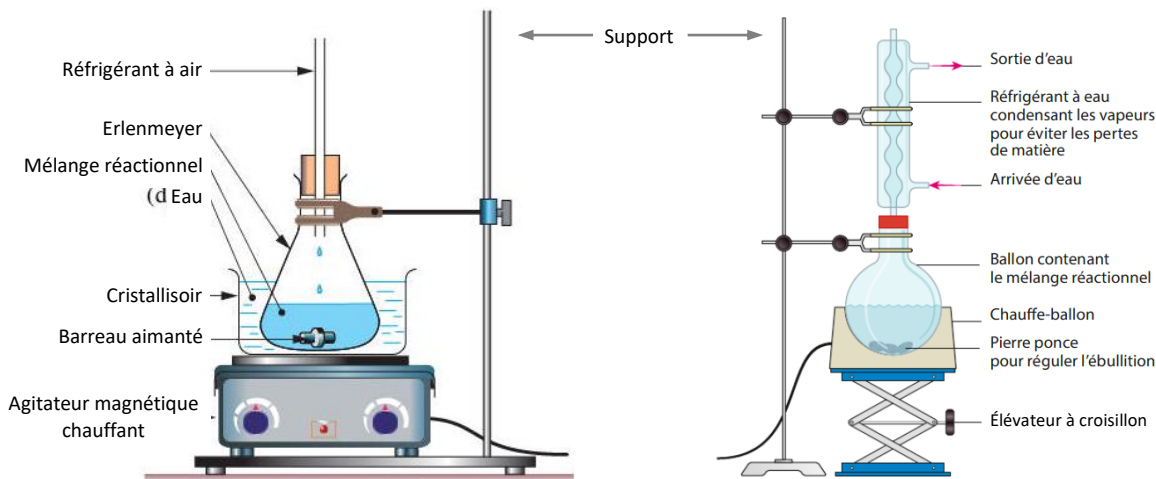
À partir de matières premières facilement disponibles, on fabrique des espèces chimiques en grande quantité et pour un coût peu élevé : des **réactifs** réagissent ensemble pour former un ou plusieurs **produits** dont l'espèce chimique attendue.

Les étapes d'une synthèse :

1 La transformation chimique (ou réaction chimique)

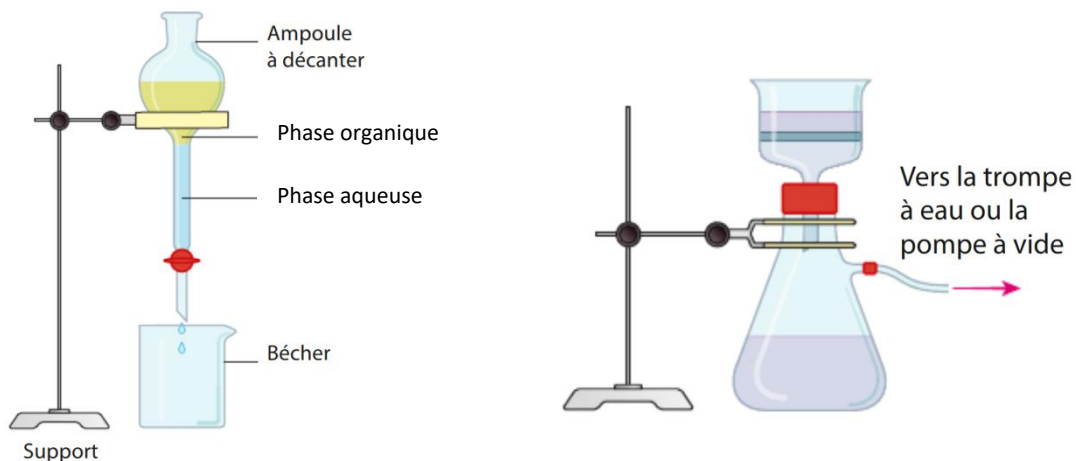
Pour synthétiser une espèce chimique, on utilise un **montage de chauffage à reflux** (ci-dessous) : il permet d'accélérer la transformation chimique en évitant les pertes de produits de réactifs ou de solvants.

Montage expérimental :



2 Séparation et purification

À la fin de la transformation chimique, il faut séparer le produit recherché du reste du mélange (réactifs en excès, solvant, autres produits formés)



Montage ampoule à décanter

Montage de filtration sur Büchner

→ Après séparation, l'espèce contient toujours des impuretés qu'il faut éliminer par une méthode appropriée : c'est la purification.

⑤ L'identification

Une fois l'espèce isolée et purifiée, il faut vérifier qu'il s'agit bien de l'espèce chimique attendue. On procède alors à une identification par diverses méthodes :

- Chromatographie sur couche mince (CCM) ;
- Détermination de la température de changement d'état ;
- détermination de l'indice de réfraction ;
- ...

Remarque : la température de fusion d'une espèce chimique (solide) se mesure à l'aide d'un appareil appelé **banc Köfler**.



Le banc Köfler permet de mesurer la température de fusion d'une espèce chimique