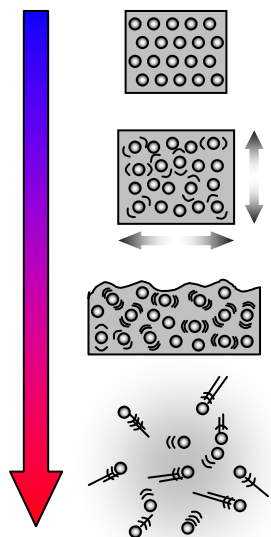


## Chapitre 4 : Transformation de la matière et transfert d'énergie

1. Transformations physiques
2. Transformations chimiques
3. Transformations nucléaires

### 1. Transformations physiques

Chauffer la matière revient à agiter davantage les atomes qui la constituent.



A basse température, les atomes vibrent peu et restent piégés à leur place dans le solide.

Lorsqu'on chauffe le solide, on apporte de l'énergie aux atomes. De ce fait, ces derniers vibrent de plus en plus vite tout en restant piégés à leur place. L'amplitude de leurs vibrations augmentant, ils s'éloignent un peu plus les uns des autres ce qui a pour effet de légèrement augmenter la taille du solide : c'est le phénomène de **dilatation**.

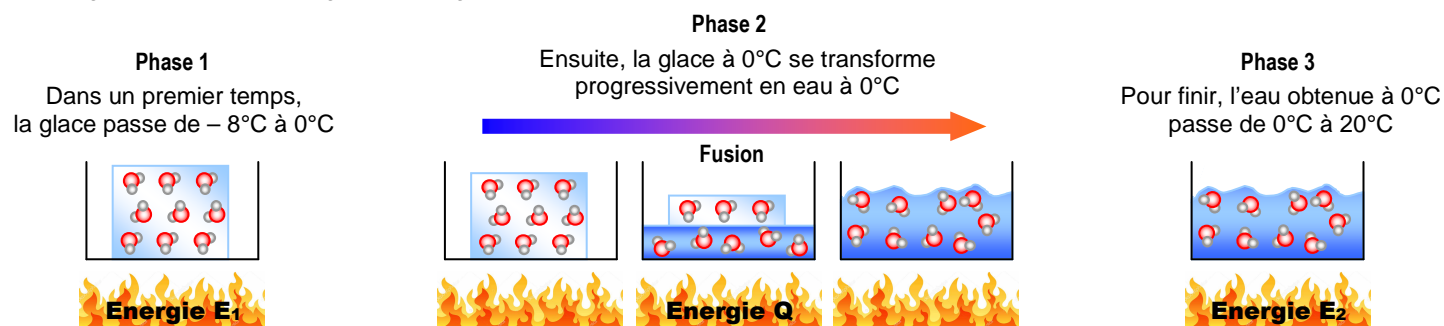
Lorsqu'on chauffe suffisamment la matière et que l'on dépasse sa **température de fusion**, les atomes finissent par vibrer si fort qu'ils se libèrent les uns des autres pour ensuite se déplacer dans un mouvement anarchique : c'est le **mouvement brownien** dans un liquide.

En continuant à chauffer le liquide, il finit par atteindre sa **température d'ébullition**. A cette température, les atomes (ou les molécules) qui le constituent ne sont plus du tout attirés les uns par les autres et s'échappent à grande vitesse dans toutes les directions possibles de l'espace.

De ce fait, **un gaz occupe donc tout le volume d'espace disponible**.

Exemples :

On chauffe en continu dans un cristallisateur un bloc de glace initialement à  $-8^{\circ}\text{C}$  jusqu'à obtenir une eau à  $20^{\circ}\text{C}$ , puis on coupe le chauffage. Lors de ce chauffage, on distingue 3 phases :



L'énergie nécessaire à la fusion de la glace à  $0^{\circ}\text{C}$  en eau à  $0^{\circ}\text{C}$  est notée  $Q$ .

La transformation associée (fusion) est notée :  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{S})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{L})}$  avec (S) pour SOLIDE, (L) pour LIQUIDE et (G) pour GAZ.

Pour transformer le bloc de glace de  $-8^{\circ}\text{C}$  en une eau à  $20^{\circ}\text{C}$  il a fallu apporter une énergie totale égale à :  $E_{\text{TOT}} = E_1 + Q + E_2$

A retenir :

- Une transformation **nécessitant de la chaleur** (énergie) pour se faire est dite **endothermique**.
- Une transformation **dégageant de la chaleur** est dite **exothermique**.
- L'énergie  $Q$  nécessaire au changement d'état d'une masse  $m$  de matière est égale à : avec  $L$  l'énergie massique de changement d'état (ou **chaleur latente**).

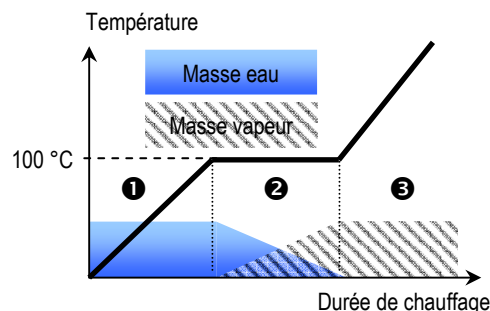
$$Q = m \times L$$

- $Q$  en joule  $J$
- $m$  en  $\text{kg}$
- $L$  en ...

Exercice 1 :

Lors d'une expérience, on chauffe de l'eau jusqu'à ébullition et l'on mesure en continue la température de l'eau et celle de la vapeur d'eau alors formée.

- Lors de la phase 1, à quoi sert l'énergie apportée par le chauffage au niveau macroscopique ? Au niveau microscopique ?
- Même question pour la phase 2. Ecrire l'équation du changement d'état.
- La vaporisation est-elle une transformation endothermique ou exothermique ?
- Déterminer l'énergie nécessaire pour transformer  $200 \text{ g}$  d'eau à  $100^{\circ}\text{C}$  en vapeur à  $100^{\circ}\text{C}$  sachant que la chaleur latente de vaporisation de l'eau vaut  $2\,257 \text{ kJ/kg}$ .



## 2. Transformations chimiques

### 2.1. Principe

#### Exercice 2 :

Aujourd'hui, c'est repas japonais ! Chaque élève doit se munir de 2 baguettes pour pouvoir aller déjeuner à sa table. Dans la chaîne du self se trouvent 15 élèves. La boîte à couvert en début de chaîne contient 20 baguettes.

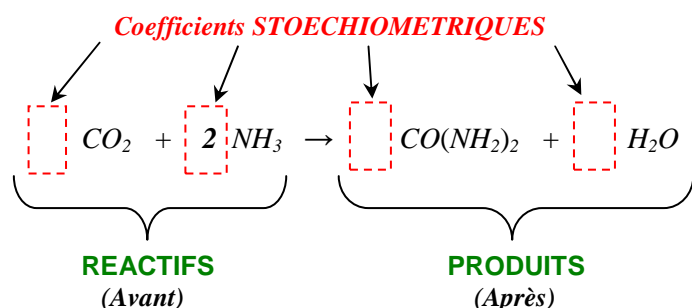
En notant  $E$  un élève et  $B$  une baguette, l'équation bilan de ce passage au self pourrait s'écrire :  $1 E + 2 B \rightarrow 1 EB_2$

- Que représente, dans la logique de l'exercice, le symbole  $EB_2$  ?
- Définir en une phrase les événements que décrit cette équation bilan.
- D'après cette équation bilan, combien faut-il de  $B$  pour un  $E$  ?
- Même question pour 15  $E$ . Quel problème va-t-on alors rencontrer dans cette chaîne de self ?
- Dans ces conditions, quel est l'élément que l'on pourrait qualifier de « **limitant** » ou d'élément « **en défaut** » ?
- Que faudrait-il pour que les 15  $E$  puissent déjeuner correctement ? Y aurait-il alors encore un élément limitant ?

### 2.2 Application aux transformations chimiques

Une réaction chimique a lieu lorsque la ou les entités de départ (atomes, ions ou molécules) se transforment pour donner une ou plusieurs autres entités. Le lieu de la réaction est appelé **REACTEUR**.

Exemple :



#### A retenir :

- Les entités de départ sont appelées : **REACTIFS**
- Les nouvelles entités produites par la réaction sont appelées : **PRODUITS**

Une équation chimique doit toujours être équilibrée :

- Les coefficients stœchiométriques doivent être tels que l'on retrouve toujours autant d'atomes de chaque élément chimique avant et après la réaction.
- Les **coefficients stœchiométriques** doivent toujours être les **plus petits possibles** mais **toujours entiers**.
- En présence d'ions, il faut aussi veiller à ce que la charge totale du côté des réactifs soit égale à la charge totale du côté des produits.

#### Exercice 3 :

1. Equilibrer les équations bilans suivantes :

- Combustion du carbone : .....  $C + \dots O_2 \rightarrow \dots CO_2$
- Combustion du méthane : .....  $CH_4 + \dots O_2 \rightarrow \dots CO_2 + \dots H_2O$
- Attaque acide du fer : .....  $Fe + \dots H_3O^+ \rightarrow \dots Fe^{2+} + \dots H_2O + \dots H_2$
- Attaque acide du calcaire : .....  $H_3O^+ + \dots CaCO_3 \rightarrow \dots Ca^{2+} + \dots CO_2 + \dots H_2O$

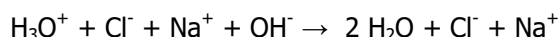
2. D'après ces équations bilans, quelle entité chimique caractérise le côté corrosif d'un acide ?

#### A noter :

Dans certains cas, des entités chimiques sont présentes dans le réacteur mais n'interviennent pas durant la réaction. Elles peuvent néanmoins être écrites dans l'équation bilan pour montrer la neutralité des solutions.

Exemple :

On fait réagir une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ( $H_3O^+ + Cl^-$ ) avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $Na^+ + OH^-$ ). La réaction qui se produit alors peut s'écrire :



Les ions sodium  $Na^+$  et les ions chlorure  $Cl^-$  sont donc des **ions spectateurs** pour cette transformation chimique.

#### Exercice 4 :

On fait réagir 3 mol de dioxygène  $O_2$  avec 3 mol d'ammoniac  $NH_3$ . Les produits obtenus lors de cette transformation chimique sont du diazote et de l'eau.

- Ecrire l'équation bilan de cette transformation chimique.
- Déterminer le réactif en défaut (ou limitant).
- En déduire la quantité ainsi que la masse d'eau formée. On donne  $M_{H_2O} = 18,0 \text{ g/mol}$

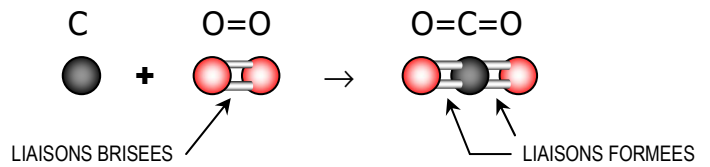
### 2.3 Effets thermiques des transformations chimiques

Lors d'une réaction chimique, des liaisons se brisent (libération d'énergie) et de nouvelles se forment (consommation d'énergie).

Si l'énergie libérée est supérieure à l'énergie consommée alors, de manière globale, la transformation chimique dégage de l'énergie et est qualifiée de **transformation exothermique**.

A l'inverse, si l'énergie libérée est inférieure à l'énergie consommée alors, de manière globale, la transformation puise de l'énergie au milieu extérieur et est qualifiée de **transformation endothermique**.

Si l'énergie libérée par les liaisons brisées compense parfaitement l'énergie réutilisée pour former les nouvelles liaisons des entités produites, alors la réaction est dite **athermique**. Elle n'a donc aucun effet sur la température.



## 3. Transformations nucléaires

### 3.1. Une découverte fortuite (sérendipité)

En 1896 le physicien français *Henri Becquerel* découvre fortuitement un rayonnement mystérieux émanant de sels d'uranium et capable d'imprimer une image sur une plaque photographique pourtant hermétiquement enfermée dans un châssis en bois. Il obtiendra en 1903 le prix Nobel de physique avec *Marie et Pierre Curie* pour cette découverte.



### 3.2. Les différents types de transmutations

Pour la plupart des éléments chimiques, il existe de un à une petite poignée d'isotopes stables. Les autres isotopes de l'élément sont instables et finissent par se transformer par **transmutation**.

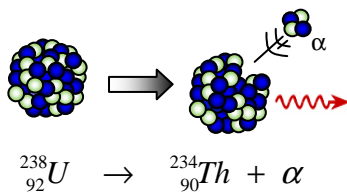
Lors d'une désintégration radioactive, un noyau instable émet spontanément une particule ( $\alpha$ ,  $\beta^-$  ou  $\beta^+$ ) et un rayonnement  $\gamma$  (gamma) et se transforme alors (transmute) en un autre noyau d'atome.

Particule $\alpha$ notée :	${}^4_2\text{He}$
Particule $\beta^-$ notée :	${}^0_{-1}e$ (= électron)
Particule $\beta^+$ notée :	${}^0_1e$ (= positron)

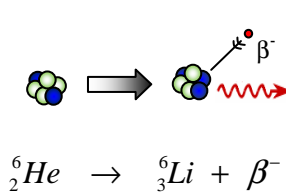
#### A retenir :

Lors d'une réaction nucléaire, c'est le noyau de l'atome qui se transforme. De ce fait, les transformations nucléaires transforment l'élément chimique de départ en un autre élément chimique.

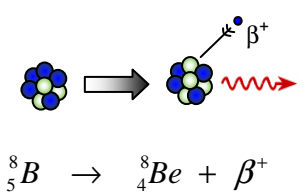
Exemples : Emission « alpha »  $\alpha$



Emission « bêta moins »  $\beta^-$

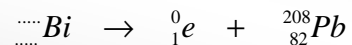
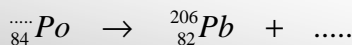
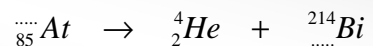


Emission « bêta plus »  $\beta^+$



#### Exercice 5 :

- D'après les schémas ci-dessus, quels nucléons retrouve-t-on dans une particule alpha et en quelle quantité ?
- Montrer qu'il y a bien conservation du nombre de protons et du nombre de neutrons lors de cette transmutation.
- Lors de l'émission  $\beta^-$ , qu'arrive-t-il précisément aux nucléons du noyau père ? Même question lors de l'émission  $\beta^+$ .
- Les isotopes hélium 3 et hélium 4 sont les seuls de l'élément He à être stables. Donner leur écriture conventionnelle. Quelle particule radioactive émettent-ils ?
- Compléter les transformations nucléaires suivantes :



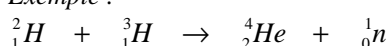
#### A noter :

Lors d'une désintégration radioactive, le nombre de masse A et le nombre de charge Z doivent être conservés (Les lois de Soddy).

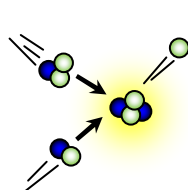
### 3.3. Fusion nucléaire et fission nucléaire

Au cœur des étoiles, la matière est si comprimée et chaude que les atomes les plus légers (H, He, Li...) peuvent fusionner pour donner naissance à des noyaux plus lourds : c'est la : **FUSION NUCLEAIRE**

Exemple :

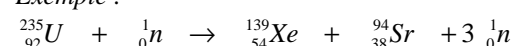


La fusion d'1 g de deutérium libère **400 GJ**.

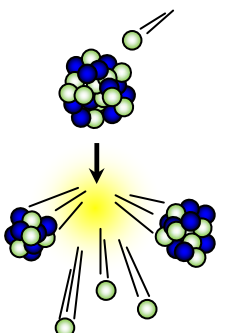


Dans les centrales nucléaires, on utilise le fait que certains noyaux d'atomes lourds se brisent spontanément de temps en temps en dégageant beaucoup d'énergie. C'est la : **FISSION NUCLEAIRE**

Exemple :



La fission d'1g d'uranium 235 libère **80 GJ**.



En comparaison, la combustion d'1 g de méthane libère 50 kJ soit **0,000 050 GJ**.

## Exercice 1 : Faire fondre du sel

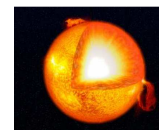
On porte une masse  $m$  de chlorure de sodium pur à sa température de fusion ( $801^\circ\text{C}$ ). Pour ensuite faire fondre tout ce sel, on doit encore fournir une quantité d'énergie égale à  $170 \text{ kJ}$ .

- Sachant que l'énergie massique de changement d'état du sel pour la fusion vaut  $L = 481 \text{ kJ/kg}$ , déterminer la masse de sel  $m$  qui a fondu.
- En déduire la quantité de sel fondu ( $M_{\text{NaCl}} = 58,5 \text{ g/mol}$ ).
- Quelle masse  $m'$  de sel liquide obtient-on ?
- Une fois le sel fondu, on arrête le chauffage et on laisse le sel se refroidir. Quelle transformation se fait alors ?
- Ecrire son équation.  
Est-elle endothermique ou exothermique ?

NE PAS CONFONDRE !



FUSION  
Transformation  
physique



FUSION  
Transformation  
nucléaire

## Exercice 2 : Rôle de la transpiration

Pour transformer de l'eau liquide en vapeur, il faut fournir de l'énergie. Ainsi, lorsque la peau est mouillée, les molécules d'eau récupèrent de la peau l'énergie dont elles ont besoin pour s'évaporer. Ainsi la peau se refroidit d'où une sensation de fraîcheur.

- Ce phénomène d'évaporation est-il endothermique ou exothermique ?
- Ecrire l'équation de la transformation physique qui a lieu ici.
- Si  $5,0 \text{ g}$  d'eau s'évapore de la peau, quelle quantité d'énergie est évacuée du corps ?

Données :  
 •  $L_{\text{éb}}(\text{eau}) = 2\,265 \text{ kJ/kg}$   
 •  $L_{\text{fus}}(\text{eau}) = 334 \text{ kJ/kg}$

## Exercice 3 : Recherche d'ions chlorure

Pour tester la présence d'ions chlorure dans l'eau du robinet, on introduit quelques millilitres de cette eau dans un tube à essais et l'on ajoute quelques gouttes de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ ). Il se forme alors un précipité qui trouble l'eau si le test est positif.

- De quelle couleur est le précipité (le trouble) observé en cas de test positif ?
- Comment qualifie-t-on le nitrate d'argent du fait qu'il permette de déceler la présence des ions chlorure ?
- Ecrire l'équation bilan de cette transformation chimique.
- Quel est le rôle des ions nitrate lors de cette transformation ? Comment les qualifie-t-on alors ?

## Exercice 4 : Synthèse de l'urée

On fait réagir  $0,50 \text{ mol}$  de gaz carbonique avec  $0,60 \text{ mol}$  d'ammoniac. La transformation chimique a pour équation bilan :



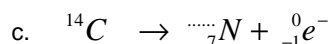
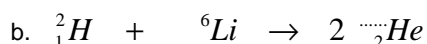
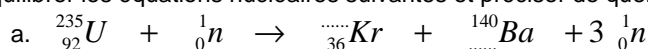
- Equilibrer cette équation bilan.
- Donner le nom d'un produit de la réaction.
- Déterminer le réactif limitant (on pourra éventuellement s'aider du tableau d'avancement ci-dessous).

Etat du système	Avancement	$\dots\dots \text{CO}_2 + \dots\dots \text{NH}_3 \rightarrow \dots\dots \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \dots\dots \text{H}_2\text{O}$			
initial	$x = 0$				
intermédiaire	$x$				
final	$x_{\text{max}} =$				

- Calculer la masse d'eau formée par cette réaction.

## Exercice 5 : Transformations nucléaires

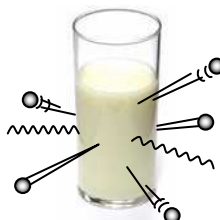
Equilibrer les équations nucléaires suivantes et préciser de quel type de réaction il s'agit :



## Exercice 6 : Radioactivité ambiante

La matière autour de nous est radioactive mais n'est néanmoins pas dangereuse car elle n'émet qu'un rayonnement très faible. L'activité notée  $A$  d'une substance radioactive est le nombre de désintégrations qui se produisent en son sein en une seconde. Elle se compte en becquerel ( $\text{Bq}$ ).

Comparer l'activité d'une personne de  $80 \text{ kg}$  avec celle d'un gramme de radium. Conclure.



Eau douce	$0,1 \text{ à } 1 \text{ Bq/kg}$
Lait	$45 \text{ Bq/kg}$
Homme	$100 \text{ Bq/kg}$
Granite	$500 \text{ Bq/kg}$
Radium	$10^{13} \text{ Bq/kg}$