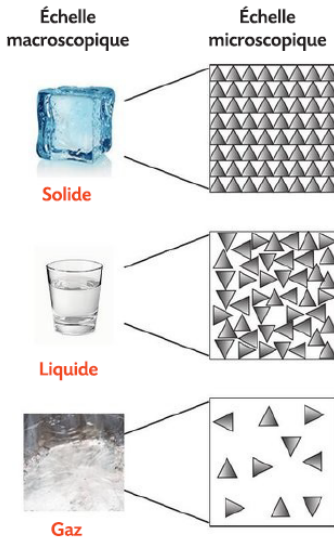


1 Les changements d'état des corps purs

A États physiques



INFO

L'ébullition et l'évaporation correspondent à un phénomène de vaporisation.

B Lac d'Arrémoulit dans les Pyrénées

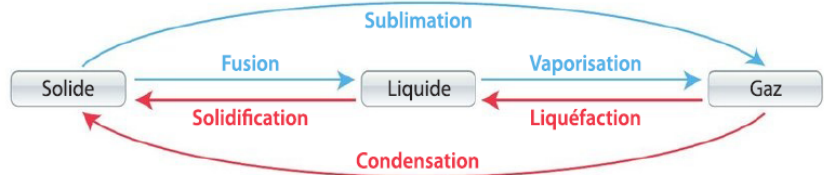


> Tant que cet amas de neige autour du glacier subsiste, la température de l'eau de ce lac reste sensiblement constante et voisine de 0 °C.

a. Transformation physique

Une transformation physique a lieu quand une espèce passe d'un état physique (solide, liquide ou gaz) à un autre.

- Des noms sont attribués aux changements d'état :

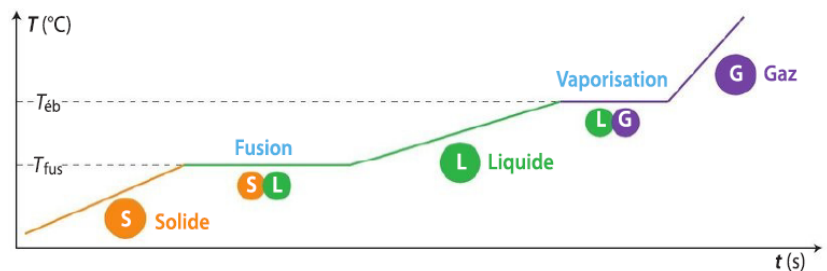


Exemple : L'eau de cuisson des pâtes se vaporise dans la casserole et redevient liquide sur les vitres de la cuisine.

Attention à ne pas confondre fusion et dissolution : lorsque du sucre est introduit dans de l'eau, il est inexact de dire que « le sucre fond ». Le sucre ne passe pas d'un état solide à un état liquide : il se dissout dans l'eau.

- Lors d'une transformation physique, l'espèce chimique ayant subi la transformation ne change pas ; seules les interactions entre les molécules sont modifiées. Une élévation de température conduit à une agitation plus grande des molécules, et inversement (schéma A).

Les changements d'état d'un corps pur s'effectuent à température constante sous une pression donnée. Les deux états coexistent lors du changement d'état (photographie B).

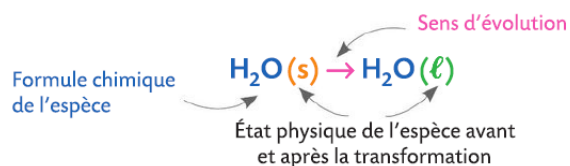


b. Équation d'un changement d'état

L'équation d'un changement d'état est l'écriture symbolique, à l'échelle macroscopique, de la transformation physique d'une espèce.

Exemple

Lorsque l'eau passe de l'état solide à l'état liquide, la fusion peut être modélisée par l'équation :



2 Les transferts d'énergie

a. Énergie massique de changement d'état

- Lors d'une **fusion**, d'une **vaporisation** ou d'une **sublimation**, l'espèce chimique change d'état et son énergie augmente, alors que celle du milieu extérieur diminue : la transformation est **endothermique** ($Q > 0$) ; le milieu extérieur se refroidit.
- Lors d'une **solidification**, d'une **liquéfaction** ou d'une **condensation**, l'espèce chimique change d'état et son énergie diminue, alors que celle du milieu extérieur augmente : la transformation est **exothermique** ($Q < 0$) ; le milieu extérieur se réchauffe.

C Vaporisation de l'eau



> L'apport d'énergie permet de faire bouillir de l'eau.

INFO

Les énergies massiques de changement d'état sont positives ou négatives. Ainsi :

- $L_{\text{fus}} > 0$ et $L_{\text{solid}} = -L_{\text{fus}}$;
- $L_{\text{vapo}} > 0$ et $L_{\text{liquéf}} = -L_{\text{vapo}}$;
- $L_{\text{sublim}} > 0$ et $L_{\text{cond}} = -L_{\text{sublim}}$.

Exemples

La **fusion** de l'eau est **endothermique** :



La **solidification** de l'eau est **exothermique** :



L'énergie transférée lors du changement d'état d'un kilogramme d'une espèce est l'énergie massique de changement d'état, notée L , de cette espèce. Cette énergie est aussi appelée **chaleur latente de changement d'état**. Elle s'exprime en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

L'énergie Q transférée lors du changement d'état d'une masse m d'une espèce est :

$$Q \text{ en J} \rightarrow Q = m \times L$$

m en kg
 L , chaleur latente, en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$

D Un calorimètre

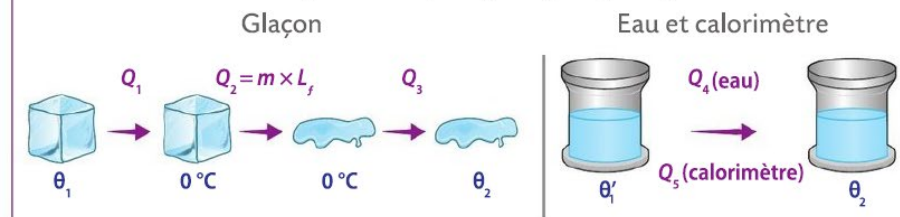


> Un calorimètre est thermiquement isolé : on considère qu'il n'y a aucun transfert d'énergie entre lui et le milieu extérieur.

b. Détermination expérimentale

La détermination des énergies massiques de changement d'état peut s'effectuer, dans un calorimètre (photographie D), en utilisant la méthode des mélanges.

Exemple : Un glaçon d'eau de masse m à la température θ_1 est plongé dans de l'eau liquide à la température θ et contenue dans un calorimètre. On détermine les énergies échangées lorsque le glaçon a entièrement fondu et que la température finale de l'ensemble est θ_2 . On a : $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 0$.



Dans la **méthode des mélanges**, la somme des énergies transférées entre les différentes parties du système isolé est nulle :

$$Q_1 + Q_2 + \dots = 0$$

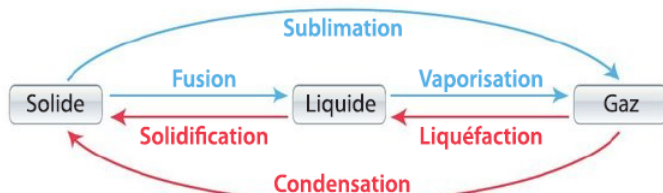
1 Les changements d'état des corps purs

Transformation

Passage d'un système d'un état initial à un état final

Transformation physique

Changement d'état physique d'une espèce chimique

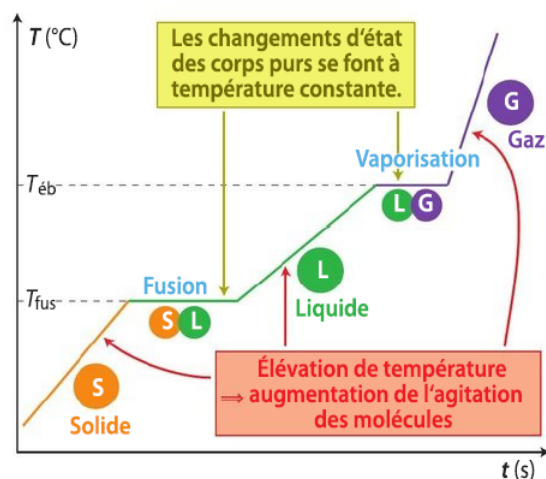


Exemple : Équation de fusion de l'eau

Formule chimique de l'espèce



État physique de l'espèce avant et après la transformation



2 Les transferts d'énergie

Énergie Q transférée lors d'un changement d'état

$$Q \text{ en J} \rightarrow Q = m \times L$$

m en kg
 L , chaleur latente, en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$

Si le système **reçoit** de l'énergie :

$$Q > 0$$

Transformations endothermiques
(fusion, vaporisation, sublimation)

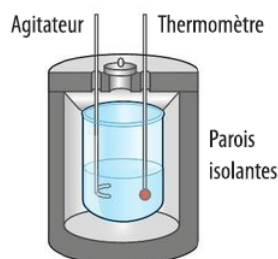
Si le système **libère** de l'énergie :

$$Q < 0$$

Transformations exothermiques
(solidification, liquéfaction, condensation)

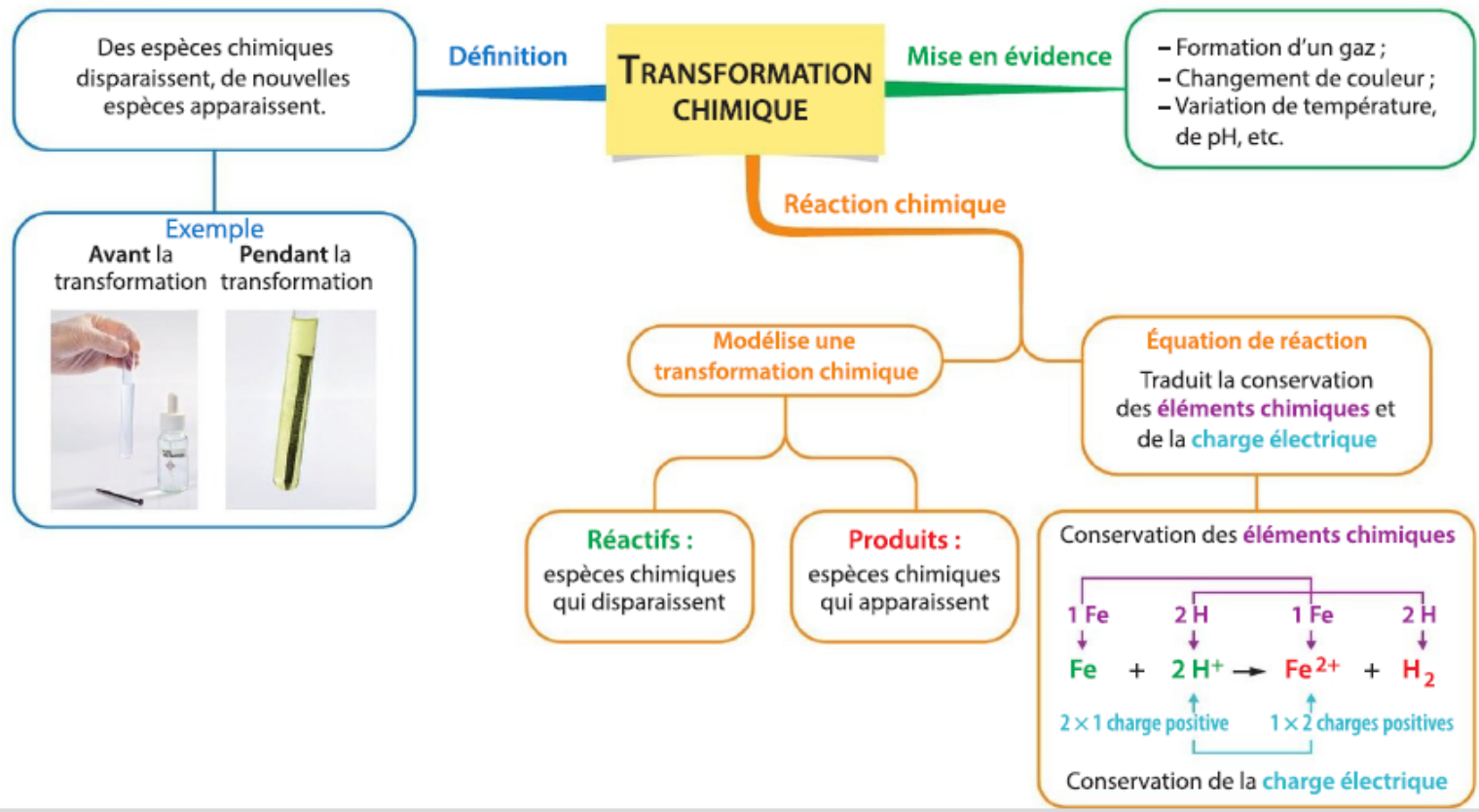
Méthode des mélanges

La détermination d'une énergie massique de changement d'état peut se faire à l'aide d'un calorimètre thermiquement isolé.



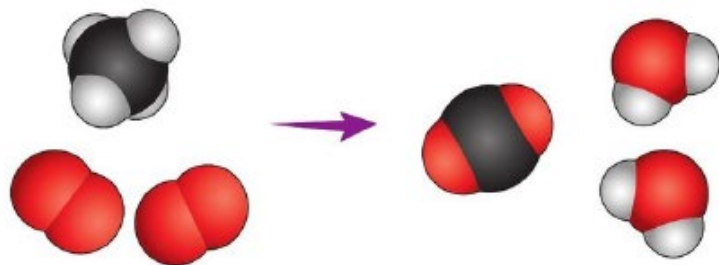
La somme des énergies transférées par les différentes parties du système est nulle :

$$Q_1 + Q_2 + \dots = 0$$






Réactiver ses connaissances

La combustion du méthane dans le dioxygène peut être modélisée :



1. Écrire les formules chimiques des réactifs et des produits.
2. Écrire l'équation de la réaction.

Données

Symbole de l'atome	H	C	O
Modèle			

c. Bilan de matière et réactif limitant

Une équation de réaction traduit un **bilan de quantités de matière**.

Exemple : pour la combustion complète du méthane,



1 mole de $\text{CH}_4(\text{g})$ réagit avec 2 moles de $\text{O}_2(\text{g})$ pour former 1 mole de $\text{CO}_2(\text{g})$ et 2 moles de $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$. La quantité de méthane qui réagit $n(\text{CH}_4)$ est égale à la moitié de la quantité de dioxygène qui réagit $n(\text{O}_2)$ soit :

$$\frac{n(\text{CH}_4)}{1} = \frac{n(\text{O}_2)}{2}$$

INFO

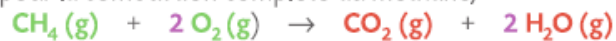
Les **quantités** des réactifs qui réagissent sont dans les **mêmes proportions** que les **nombre**s stœchiométriques :

$$\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{O}_2)} = \frac{1}{2}$$

Lors d'une transformation chimique totale, l'un au moins des réactifs est entièrement consommé : il est appelé **réactif limitant**.

Si les deux réactifs sont entièrement consommés, ils ont été mélangés dans les **proportions stœchiométriques** ; le mélange est dit **stœchiométrique**.

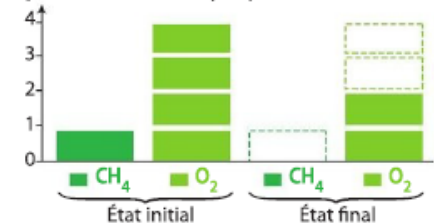
Exemple : pour la combustion complète du méthane,



- Si $\frac{n_0(\text{CH}_4)}{1} < \frac{n_0(\text{O}_2)}{2}$, alors

CH_4 est le réactif limitant (doc. C).

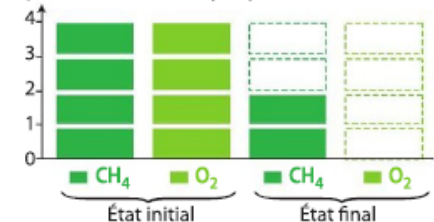
Quantité des réactifs (mol)



- Si $\frac{n_0(\text{CH}_4)}{1} > \frac{n_0(\text{O}_2)}{2}$, alors

O_2 est le réactif limitant.

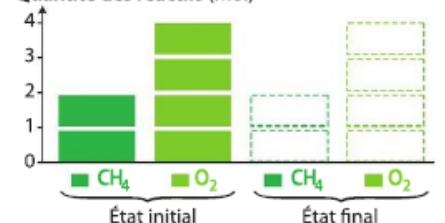
Quantité des réactifs (mol)



La transformation s'arrête lorsque l'un, au moins, des réactifs est entièrement consommé.

- Si $\frac{n_0(\text{CH}_4)}{1} = \frac{n_0(\text{O}_2)}{2}$, alors les quantités initiales des réactifs sont dans les proportions stœchiométriques. Le méthane CH_4 et le dioxygène O_2 sont tous deux réactifs limitants.

Quantité des réactifs (mol)



C Combustion du méthane



> Lors de la combustion complète du méthane dans le dioxygène de l'air, le méthane est le réactif limitant.

D Réaction exothermique



> La combustion du bois dans le dioxygène de l'air libère de l'énergie vers l'extérieur : c'est une réaction exothermique.

d. Transformation exothermique et endothermique

Certaines transformations s'accompagnent d'un transfert d'énergie.

- Une transformation est **exothermique** si le système chimique **libère** de l'énergie vers le milieu extérieur dont la température augmente (doc. D).
- Une transformation chimique est **endothermique** si le système chimique **reçoit** de l'énergie du milieu extérieur dont la température diminue.

E La caféine



La caféine contenue dans le café est un stimulant. Lorsqu'elle est extraite du café, elle est qualifiée d'espèce naturelle. Lorsqu'elle est fabriquée au laboratoire elle est dite synthétique.

2 La synthèse d'une espèce chimique

a. Espèces naturelle et synthétique

Une espèce chimique **naturelle** est issue de la nature.

Une espèce chimique **synthétique** est fabriquée par l'homme.

La chimie de synthèse permet de reproduire des espèces chimiques naturelles à moindre coût sans épuiser les ressources naturelles (doc. E). Elle permet aussi de créer de nouvelles espèces chimiques qui n'existent pas dans la nature. On parle alors d'espèces chimiques **artificielles**.

b. Synthèse chimique

Une synthèse est la fabrication d'une espèce chimique au laboratoire.

La synthèse d'une espèce chimique au laboratoire s'effectue généralement en quatre étapes :



Étape 1 : Le prélèvement des réactifs (doc. F)

Avant de prélever les réactifs, il faut rechercher leurs pictogrammes de danger et les consignes de sécurité associées.

Les réactifs nécessaires pour réaliser une synthèse peuvent être :

- des **solides** : on pèse alors une masse m ;
- en **solution** : on mesure alors un volume de solution V_{solution} ;
- des **liquides purs** : on mesure alors, en général, un volume V .

F Matériel de prélèvement

Prélever un liquide



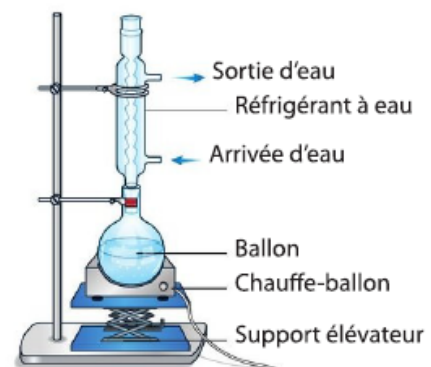
Prélever un solide



Étape 2 : La transformation chimique

Le produit est formé au cours de l'étape de transformation chimique.

Certaines transformations nécessitent d'utiliser un montage de chauffage à reflux.



Le montage de chauffage à reflux permet :

- de chauffer le milieu réactionnel pour accélérer la transformation ;
- d'éviter les pertes de matière lors de l'ébullition grâce au réfrigérant à eau qui liquéfie les vapeurs formées.

Étape 3 : L'isolement du produit brut

L'isolement permet de séparer l'espèce synthétisée du reste du milieu réactionnel (réactifs n'ayant pas réagi, autres produits de la réaction, solvant, etc.).

Cette étape sera étudiée en classe de première.

Étape 4 : L'analyse du produit brut

L'analyse permet l'identification et le contrôle de la pureté du produit brut obtenu.

- Les méthodes d'analyse dépendent en général de l'état physique du produit :

Analyse

Produit solide

- Mesure de sa température de fusion T_{fus} (doc. **G**)
- Réalisation d'une chromatographie sur couche mince.

Produit liquide

- Mesure de :
 - sa densité d ;
 - sa température d'ébullition $T_{éb}$;
 - son indice de réfraction n .
- Réalisation d'une chromatographie sur couche mince.

G Banc Köfler



> Le banc Köfler permet de mesurer la température de fusion d'un solide.

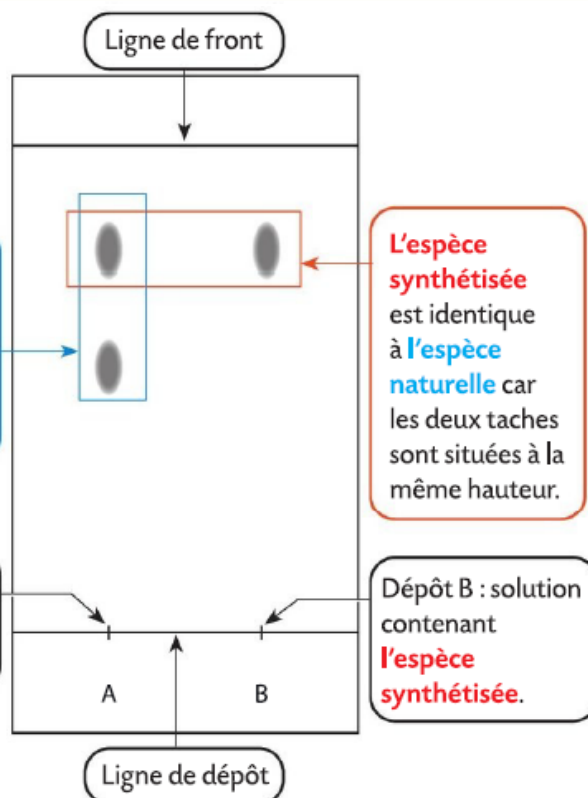
- Réalisation d'une chromatographie sur couche mince (doc. **H**) :

La chromatographie sur couche mince (CCM) permet la séparation et l'identification des espèces chimiques présentes dans un mélange. Pour un éluant donné, une espèce chimique migre de la même façon, qu'elle soit pure ou dans un mélange.

H Chromatogramme



> Le produit synthétisé (S) comme l'huile essentielle de lavande (H) contiennent de l'acétate de linalyle car ils présentent tous deux une tache à la même hauteur que celle de l'acétate de linalyle de référence (AL).



1 La transformation chimique

Transformation chimique

Passage d'un état initial à un état final avec formation de nouvelles espèces.

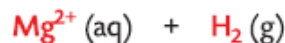
Équation de la réaction chimique : Réactifs → Produits

Réactifs : espèces consommées



Nombres stœchiométriques :
assurent la conservation des éléments chimiques et/ou de la charge électrique. Le nombre 1 n'est pas écrit.

Produits : espèces formées



Flèche : indique le sens d'évolution du système chimique. Elle se lit « donne ».

États physiques

Effets thermiques

- Transformation **exothermique** : Le système libère de l'énergie.
- Transformation **endothermique** : Le système reçoit de l'énergie.

Réactif limitant

Réactif **totale**ment consommé à la fin de la transformation.

Stœchiométrie

- Si $\frac{n_0(\text{Mg})}{1} < \frac{n_0(\text{H}^+)}{2}$, alors **Mg** est limitant.
- Si $\frac{n_0(\text{Mg})}{1} > \frac{n_0(\text{H}^+)}{2}$, alors **H⁺** est limitant.
- Mélange stœchiométrique : $\frac{n_0(\text{Mg})}{1} = \frac{n_0(\text{H}^+)}{2}$

2 La synthèse d'une espèce chimique

- Une espèce **synthétique** est fabriquée par l'Homme. Elle peut être identique à une espèce présente dans la nature. Une **synthèse** est la fabrication d'une espèce chimique en laboratoire.
- Une synthèse chimique se déroule en quatre étapes :

Étape 1 :
Prélèvement des réactifs

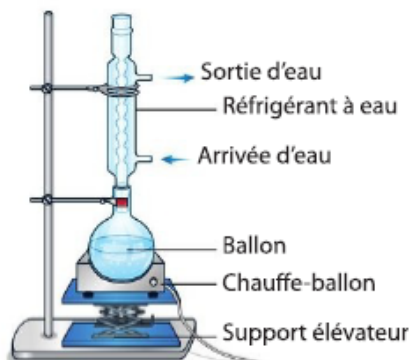
Prélèvements

Réactif solide :
peser une masse m .

Réactif liquide ou en solution :
mesurer un volume V .

Étape 2 :
Transformation chimique

Transformation chimique



> Le montage de chauffage à reflux

- Chauffer permet d'accélérer la transformation.
- Le réfrigérant à eau évite les pertes de matière par vaporisation.

Étape 3 :
Isolement du produit brut

Analyses

Produit liquide

- Mesure de :
 - sa densité d ;
 - sa température d'ébullition $T_{\text{éb}}$;
 - son indice de réfraction n .
- Réalisation d'une CCM.

Produit solide

- Mesure de sa température de fusion T_{fus} .
- Réalisation d'une CCM.

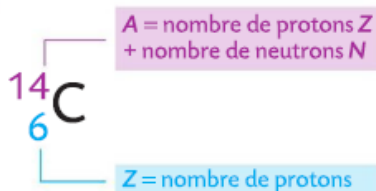
Étape 4 :
Analyse du produit brut

1 Les isotopes

A Symbole de quelques éléments chimiques

Nom de l'élément	Symbole chimique	Numéro atomique Z
Hydrogène	H	1
Carbone	C	6
Azote	N	7
Oxygène	O	8
Chlore	Cl	17

B Écriture conventionnelle du noyau



INFO

Isotope est un nom formé à partir de deux termes grecs :

- *isos* qui signifie « égal » ;
- *topos* qui signifie « lieu ».

Deux atomes isotopes appartiennent à un même élément chimique et correspondent donc à la même case du tableau périodique.

a. Élément chimique

- Un élément chimique est caractérisé par son **numéro atomique Z**.
- Tous les représentants, atomes ou ions, d'un élément chimique donné ont donc :
 - des noyaux contenant le même nombre de protons ;
 - le même symbole chimique X (tableau A).

b. Isotopes

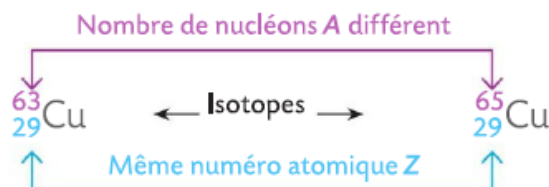
- Le noyau d'un atome ou d'un ion de symbole chimique X qui comporte Z protons et A nucléons est noté : ${}^A_Z\text{X}$ (doc. B).

Des atomes ou des ions **isotopes** possèdent le même nombre de protons Z et un nombre de neutrons N différent. Ils ont donc le même numéro atomique Z, mais un nombre de nucléons A différent ($A = Z + N$).

- Les atomes isotopes portent le nom de l'élément chimique auquel ils appartiennent, suivi de leur nombre de nucléons A.

Exemple

Les deux isotopes stables du cuivre se nomment cuivre 63 et cuivre 65.



Le cuivre 63 possède $63 - 29 = 34$ neutrons. } Leur nombre de neutrons N diffère.
 Le cuivre 65 possède $65 - 29 = 36$ neutrons.

c. Réactivité chimique

Les propriétés chimiques d'un atome sont déterminées par la structure de son cortège électronique.

Des atomes isotopes ont la même réactivité chimique car leurs cortèges électroniques sont identiques.

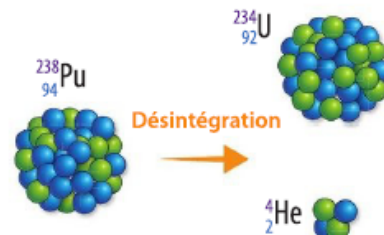
2 La transformation nucléaire

Lors d'une **transformation nucléaire** :

- un ou plusieurs noyaux réactifs se transforment en de nouveaux noyaux ;
- les éléments chimiques ne sont pas conservés ;
- un rayonnement, dit « gamma » (γ), est émis.

Exemple

Le noyau d'un atome de plutonium 238, d'écriture conventionnelle ${}^{238}_{94}\text{Pu}$, se scinde en deux noyaux : un noyau d'uranium 234 ${}^{234}_{92}\text{U}$ et un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$.



C Symbole de quelques particules



> Électron



> Positron



> Neutron



> Proton

INFO

Les lois de conservation qui régissent l'écriture des équations de réactions nucléaires sont appelées loi de Soddy.

D Réaction nucléaire dans le Soleil



> Chaque seconde, le Soleil libère une énergie égale à $3,9 \times 10^{26}$ J.

E Transformations physique et chimique



> La combustion du méthane est une transformation chimique. La vaporisation de l'eau est une transformation physique.

a. Équation de réaction nucléaire

- Une transformation nucléaire est modélisée par une réaction dans laquelle interviennent les **particules qui réagissent** et les **particules formées**.
- Une particule est caractérisée par son nombre de masse **A** et son nombre de charge **Z**. Elle est symbolisée par l'écriture conventionnelle (doc. C) :



L'équation nucléaire traduit la **conservation du nombre de masse A** et du **nombre de charge Z** au cours de la transformation.

Exemple : Désintégration d'un noyau de carbone 14 en un noyau d'azote 14 avec émission d'un électron ${}_{-1}^0\text{e}$.

Conservation du nombre de masse A :

$$14 = 14 + 0$$



$$6 = 7 + (-1)$$

Conservation du nombre de charge Z

b. Conversion d'énergie

- Lors d'une transformation nucléaire, une partie de l'énergie nucléaire contenue dans les noyaux réactifs est transformée en énergie rayonnante.
- Dans le Soleil ou dans les réacteurs des centrales nucléaires, les transformations nucléaires libèrent de grandes quantités d'énergie (photo D).

| **Exemple :** Un réacteur nucléaire libère environ 10^9 J par seconde.

3 L'identification de la nature d'une transformation

Quelle que soit la transformation (chimique, physique ou nucléaire), elle est modélisée par une équation de réaction.

Pour identifier la nature de la transformation, une analyse des **réactifs** et des **produits** est nécessaire.

- **Transformation physique :** **réactif(s)** et **produit(s)** correspondent à des espèces chimiques identiques dont seuls les états physiques diffèrent.

| **Exemple :** $\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ (doc. E)

- **Transformation chimique :** **réactif(s)** et **produit(s)** correspondent à des espèces chimiques différentes, mais avec conservation des éléments chimiques et de la charge électrique.

| **Exemple :** $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ (doc. E)

- **Transformation nucléaire :** **réactif(s)** et **produit(s)** correspondent à des éléments chimiques différents.

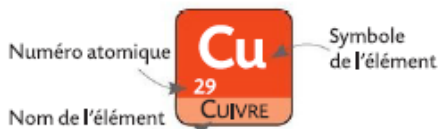
| **Exemple :** ${}^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^{214}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$

1 Les isotopes

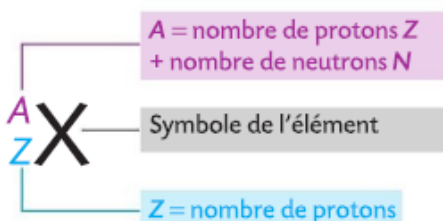
Élément chimique

Un élément chimique est caractérisé par son numéro atomique Z . Il est représenté par un symbole.

Exemple :



Écriture conventionnelle du noyau



Isotopes

Des atomes ou des ions isotopes possèdent le même nombre de protons Z , mais un nombre de neutrons N différent. Ils ont donc le même numéro atomique Z , mais un nombre de nucléons A différent ($A = Z + N$).

Exemples :



Des atomes isotopes ont la même réactivité chimique, car leurs cortèges électroniques sont identiques.

2 La transformation nucléaire

Propriétés de la transformation nucléaire

- Disparition d'un ou de plusieurs noyaux et formation de nouveaux noyaux
- Non-conservation des éléments chimiques
- Une partie de l'énergie nucléaire est convertie en énergie rayonnante : émission d'un rayonnement γ

Équation d'une réaction nucléaire

Exemple :

Conservation du nombre de masse A :

$$14 = 14 + 0$$



$$6 = 7 + (-1)$$

Conservation du nombre de charge

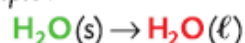
3 L'identification de la nature d'une transformation

Analyser les réactifs et les produits

Transformation physique

- Même espèce chimique
- États physiques différents

Exemple :



Transformation chimique

- Espèces chimiques différentes
- Conservation des éléments chimiques et de la charge électrique

Exemple :



Transformation nucléaire

- Éléments chimiques différents
- Conservation du nombre de masse et du nombre de charge

Exemple :

