Transformations nucléaires

Fiche méthode

(Physique-chimie seconde · Constitution et transformations de la matière · Transformation nucléaire)

La démarche pour toute question sur une transformation nucléaire

1. Je lis chaque noyau. Z en bas : nombre de protons, donc l'élément ; A en haut : nombre de nucléons ; $N = A - Z$ neutrons.

2. J'écris les deux conservations. Somme des A à gauche = somme des A à droite ; même chose pour les Z, coefficients compris.

3. Je nomme, puis je calcule. Isotopes, fission, fusion, désintégration ; physique, chimique ou nucléaire ; énergie : MeV → J, nombre de noyaux, comparaison.

Le réflexe — un élément, c'est un numéro atomique Z ; une réaction nucléaire conserve les nucléons et la charge, pas les éléments.

Cas 1 · Reconnaître des isotopes

Réflexe — $N = A - Z$; même Z et A différents ⇒ isotopes ; Z différents ⇒ éléments différents.

Exemple. Parmi $^{24}_{12}\text{Mg}$, $^{25}_{12}\text{Mg}$ et $^{25}_{13}\text{Al}$, lesquels sont isotopes ?

Mg 24 : 12 protons, 12 neutrons ; Mg 25 : 12 protons, 13 neutrons ; Al 25 : 13 protons, 12 neutrons.
Mg 24 et Mg 25 : même $Z = 12$, A différents ⇒ **isotopes**. Mg 25 et Al 25 : même A, mais Z différents ⇒ deux éléments.

Attention — même nombre de nucléons ne veut pas dire isotopes.

Cas 2 · Compléter une équation nucléaire

Réflexe — somme des A, puis somme des Z, de chaque côté ; l'inconnue se reconnaît à son Z.

Exemple. Compléter $^{212}_{83}\text{Bi} \rightarrow {}^{208}_{81}\text{Tl} + {}^{A}_{Z}\text{X}$.

Nucléons : $212 = A + 208$, donc $A = 4$. Charge : $83 = Z + 81$, donc $Z = 2$.
X est un **noyau d'hélium 4**, $^{4}_{2}\text{He}$.

Attention — électron : $Z = -1$; positon : $Z = +1$.

Cas 3 · Reconnaître une fission, une fusion, une désintégration

Réflexe — noyau lourd + neutron → deux noyaux moyens : fission ; deux légers → un plus lourd : fusion ; un seul noyau à gauche : désintégration.

Exemple. Quelle réaction est $^{239}_{94}\text{Pu} + {}^{1}_{0}\text{n} \rightarrow {}^{103}_{42}\text{Mo} + {}^{134}_{52}\text{Te} + 3\,{}^{1}_{0}\text{n}$?

Nucléons : $239 + 1 = 240$ et $103 + 134 + 3 = 240$; charge : $94 = 42 + 52$.
Un noyau lourd, frappé par un neutron, donne deux noyaux plus légers et 3 neutrons : **fission**.

Attention — la fusion nucléaire demande une très haute température, pas un neutron.

Cas 4 · Physique, chimique ou nucléaire ?

Réflexe — noyaux ou élément qui change ⇒ nucléaire ; nouvelles espèces ⇒ chimique ; même espèce qui change

d'état ⇒ physique.

Exemple. Le gallium fond dans la main ; le carbone brûle : $\mathrm{C} + \mathrm{O_2} \to \mathrm{CO_2}$; ${}^{40}_{19}\mathrm{K} \to {}^{40}_{20}\mathrm{Ca} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$.

Gallium : même espèce, solide → liquide : **physique**. Carbone : nouvelle espèce, éléments C et O conservés : **chimique**. Potassium ($Z = 19$) → calcium ($Z = 20$) : **nucléaire**.

Attention — le Soleil ne brûle pas : sa source d'énergie est nucléaire.

Cas 5 · Calculer une énergie, un nombre de réactions

Réflexe — MeV → J ($\times\, 1{,}60 \times 10^{-13}$), $E = P \times \Delta t$, nombre de réactions $= \dfrac{E}{E_{\text{réaction}}}$, masse d'un noyau $= A \times 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg.

Exemple. Un réacteur libère $3{,}0 \times 10^{9}$ W par fission de l'uranium 235 (200 MeV par fission). Fissions par seconde ? Masse d'uranium 235 consommée par jour ?

$E_f = 200 \times 1{,}60 \times 10^{-13} = 3{,}20 \times 10^{-11}$ J ; en 1 s : $\dfrac{3{,}0 \times 10^{9}}{3{,}20 \times 10^{-11}} \approx 9{,}4 \times 10^{19}$ fissions.

Par jour : $9{,}4 \times 10^{19} \times 86\,400 \times 3{,}92 \times 10^{-25} \approx 3{,}2$ kg d'uranium 235.

Attention — convertir les MeV en joules et les grammes en kilogrammes avant de diviser.

Les pièges

- Inverser A et Z : le nombre de protons est en bas.
- Croire que deux noyaux de même A sont isotopes : seul le même Z compte.
- Oublier le neutron incident d'une fission, ou le coefficient devant les neutrons produits.
- Compter l'électron ${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$ pour $+1$ dans la somme des charges.
- Écrire $\mathrm{H_2}$ ou des états physiques dans une équation nucléaire.
- Confondre fusion de la glace (physique) et fusion nucléaire, combustion (chimique) et fusion dans le Soleil.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).