Ch 8 - annexe — Équations de désintégration et unités

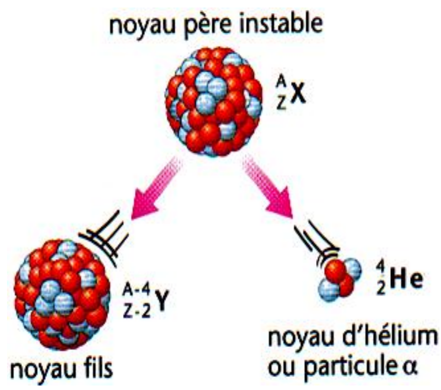
I – Les différentes radioactivités

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}Y_1 + {}^{A_2}_{Z_2}Y_2 $$

1) Les lois de conservation

Lors d'une réaction nucléaire, il y a :

- **conservation du nombre de nucléons A : $A = A_1 + A_2$;**
- **conservation de la charge électrique Z : $Z = Z_1 + Z_2$.**

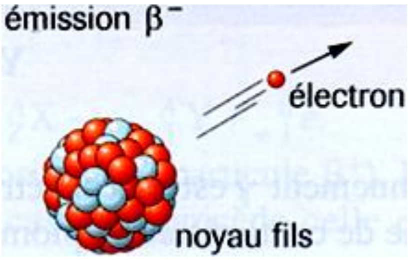


2) *Désintégration α* (alpha)

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He $$

3) *Désintégration β⁻* (bêta ⁻)

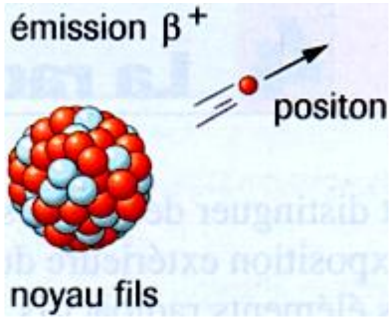
$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e $$



Le noyau fils appartient à l'élément qui se trouve **une case après** le noyau père dans le tableau de classification périodique des éléments.

4) *Désintégration β⁺* (bêta ⁺)

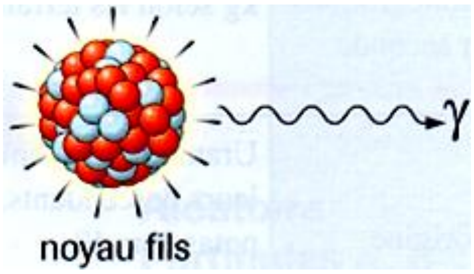
$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e $$



Le noyau fils appartient à l'élément qui se trouve **une case avant** le noyau père dans le tableau de classification périodique des éléments.

5) *Désintégration γ* (gamma)

$$ {}^{A}_{Z}Y^* \longrightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma $$



II – Unité de masse atomique et passer d'une unité d'énergie à une autre

1) L'unité de masse atomique u

L'unité de masse atomique correspond à peu près à la masse d'un nucléon.

$1\ u = 1{,}66.10^{-27}$ kg

Δm peut s'exprimer en kg ou en u : **$\Delta m(kg) = \Delta m(u) \times 1u\ (kg)$**

2) Énergie libérée

$E_{libérée}(J) = |\Delta m(kg)| \times c^2 = |\Delta m(u)| \times 1u\ (kg) \times c^2$

3) Joule et MeV

1 MeV = 10^6 eV et 1 eV = $1{,}60.10^{-19}$ J

$E_{libérée}(MeV) = E_{libérée}(J) / (1{,}60.10^{-19} \times 10^6) = E_{libérée}(J) / 1{,}6.10^{-13}$

4) Expression de Δm

$\Delta m = m_{produits} - m_{réactifs}$ doit s'exprimer en fonction des données de l'énoncé.

Explication de la résolution de l'exercice 29 du livre p 169

29 Désintégration du radium 226

Un noyau de radium 226 se désintègre en radon 222 en émettant une particule α, selon l'équation :

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

Les masses des noyaux impliqués dans cette désintégration sont $m(^{226}_{88}Ra) = 226{,}0254$ u, $m(^{222}_{86}Rn) = 222{,}0176$ u et $m(^{4}_{2}He) = 4{,}0026$ u. Calculer l'énergie libérée par cette désintégration en joule puis en MeV.

Solution rédigée

La somme m(réactifs) des masses de chacun des réactifs est : $m(\text{réactifs}) = 226{,}0254\ \text{u} = 226{,}0254 \times 1{,}66 \cdot 10^{-27} = 375{,}2022 \cdot 10^{-27}$ kg

et la somme m(produits) des masses des produits est :
$m(\text{produits}) = 222{,}0176\ \text{u} + 4{,}0026\ \text{u} = 226{,}0202\ \text{u} = 226{,}0202 \times 1{,}66 \cdot 10^{-27} = 375{,}1935 \cdot 10^{-27}$ kg.

La variation de masse de la réaction est :
$$\Delta m(\text{réaction}) = m(\text{produits}) - m(\text{réactifs}).$$
D'où : $\Delta m(\text{réaction}) = 375{,}1935 \cdot 10^{-27} - 375{,}2022 \cdot 10^{-30} = -8{,}7 \cdot 10^{-30}$ kg.

On en déduit l'énergie libérée lors de la réaction nucléaire : $E_{libérée}(\text{réaction}) = |\Delta m(\text{réaction})|\, c^2$, soit :
$$E_{libérée}(\text{réaction}) = 8{,}7 \cdot 10^{-30} \times (3{,}00 \cdot 10^{8}) = \mathbf{7{,}8 \cdot 10^{-13}\ J}.$$
Cette valeur se convertit en MeV simplement :
$$E_{libérée}(\text{réaction}) = \frac{7{,}8 \cdot 10^{-13}}{1{,}60 \cdot 10^{-19}} = 4{,}9 \cdot 10^{6}\ \text{eV} = \mathbf{4{,}9\ MeV}$$
Remarque : on aurait pu exploiter la différence en unité de masse atomique $\Delta m(\text{réaction}) = 226{,}0202 - 226{,}0254 = -0{,}0052$ u pour trouver directement l'énergie libérée grâce à l'énergie d'une unité atomique ($E_u = 933$ MeV) :
$$E_{libérée}(\text{réaction}) = 0{,}0052 \times 933 = 4{,}9\ \text{MeV}.$$

Masses données en u

Relation pour calculer l'énergie en Joule :
$E_{libérée} = |\Delta m(kg)| \times c^2$

Il faut calculer Δm en u, puis convertir en kg :
$|\Delta m(kg)| = |\Delta m(u)| \times 1\ u\ (kg)$

ou appliquer directement :
$E_{libérée}\ (J) = |\Delta m(u)| \times 1u\ (kg) \times c^2$

Pour convertir en MeV :
$E_{libérée}\ (MeV) = E_{libérée}\ (J) / 1{,}60.10^{-13}$

avec 1 MeV = $10^6 \times 1{,}6.10^{-19} = 1{,}60.10^{-13}$ J

La rédaction de cet exercice doit être améliorée. En voici un exemple :

Calcul de la variation de masse

Expression en fonction des données de l'énoncé :
$\Delta m = m_{produits} - m_{réactifs} = m(^{222}_{868}Rn) + m(^{4}_{2}He) - m(^{226}_{88}Ra)$
(= 222,0176 + 4,0026 - 226,0254 = - 0,0052 u)
Attention ! Ce calcul n'est pas demandé dans l'exercice, il est donc qualifié d'intermédiaire et peut représenter une perte de temps et une source d'erreurs. Cependant, il peut permettre de vérifier que la valeur trouvée est bien négative et de très faible valeur (10^{-3} u).

Conversion de Δm en kg

Δm (kg) = Δm(u) x 1 u (kg) (= - 0,0052 x $1{,}66.10^{-27}$ = - $8{,}7.10^{-30}$ kg)
Le problème de ce calcul intermédiaire est que le résultat n'est censé comporter que deux CS, mais…

Calcul de l'énergie libérée en J

Sans calcul intermédiaire :
$E_{libérée}(J) = |\Delta m(u)| \times 1\ u\ (kg) \times c^2$
$E_{libérée}(J) = |222{,}0176 + 4{,}0026 - 226{,}0254| \times 1{,}66.10^{-27} \times (3{,}00.10^{8})^2$
$E_{libérée}(J) = 7{,}77.10^{-13}$ J (3 CS)
Avec calcul intermédiaire
$E_{libérée}(J) = |\Delta m(kg)| \times c^2$
$E_{libérée}(J) = 8{,}7.10^{-30} \times (3{,}00.10^{8})^2 = 7{,}8.10^{-13}$ J (2 CS)

Conversion en MeV

$E_{libérée}(MeV) = E_{libérée}(J) / (1{,}6.10^{-19} \times 10^{6}) = 7{,}77.10^{-13} / 1{,}6.10^{-13} = 4{,}86$ MeV (3 CS)
$E_{libérée}(MeV) = E_{libérée}(J) / (1{,}6.10^{-19} \times 10^{6}) = 7{,}8.10^{-13} / 1{,}6.10^{-13} = 4{,}9$ MeV (2 CS)