

PARTIE 2 - COMPRENDRE : LOIS ET MODÈLES

Chapitre 8 : Radioactivité et réactions nucléaires (p. 133)

Compétences attendues :

- ✓ Recueillir et exploiter des informations sur la découverte de la radioactivité naturelle et de la radioactivité artificielle.
- ✓ Connaître la définition et des ordres de grandeur de l'activité exprimée en becquerel.
- ✓ Utiliser les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire.
- ✓ Utiliser la relation $E_{\text{libérée}} = |\Delta E| = |\Delta m| c^2$.
- ✓ Recueillir et exploiter des informations sur les réactions nucléaires (domaine médical, domaine énergétique, domaine astronomique...).

Activité n°1 : Radioactivité et réactions nucléaires

Correction :

I. DÉCOUVERTES DE LA RADIOACTIVITÉ

1. LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE

- Pour expliquer l'impression des plaques photos, malgré l'absence d'exposition au Soleil, Henri Becquerel fait **trois** hypothèses :
 - hypothèse 1 : Les sels d'uranium emmagasinent l'énergie du soleil pour impressionner ensuite la plaque photo.
 - hypothèse 2 : La fluorescence est responsable de l'impression de la plaque photo.
 - hypothèse 3 : Les sels d'uranium émettent des rayons qui leurs sont propres : les rayons uraniques. C'est une hypothèse dont il vérifie l'exactitude expérimentalement.
- Ce n'est pas la lumière** solaire qui impressionne la plaque photo dans l'expérience de Becquerel car « si l'on exposait le châssis en plein soleil, la plaque ne serait pas voilée. » et quand les expériences de Becquerel ont été réalisées dans l'obscurité, les plaques photos ont été impressionnées.
- Le rayonnement qui impressionne la plaque photo provient **des sels d'uranium**.
- 1. Le cuivre** dont est constituée la croix est le matériau qui a laissé sa silhouette sur la plaque photo.
2. On peut en conclure que les rayonnements radioactifs **sont arrêtés par le cuivre**.
- Le noyau d'uranium 235 noté ${}_{92}^{235}\text{U}$ est constitué de :
 - $Z = 92$ donc **92 protons**,
 - et $N = A - Z = 235 - 92 =$ **143 neutrons**.

2. LES TYPES DE RAYONNEMENTS RADIOACTIFS

6.	Rayonnement	Notation ${}^A_Z\text{X}$	Composition : nombre de			Comment stopper le rayonnement ?
			électrons	charge	neutrons	
	α	${}^4_2\text{He}$	0	2	2	avec une feuille de papier
	β^+	${}^0_{+1}\text{e}$	0	1	0	avec quelques millimètres d'aluminium
	β^-	${}^0_{-1}\text{e}$	1	-1	0	
	γ					avec quelques mètres de béton ou plomb

3. RADIOACTIVITÉ ARTIFICIELLE

7. Le phosphore naturel 31 a pour représentation ${}_{15}^{31}\text{P}$.
On peut donc en déduire qu'il est constitué de : $Z = 15$ donc **15 protons** et $A - Z = 31 - 15 = 16$ **neutrons**.
8. Le phosphore 30 est radioactif β^+ : il s'agit d'une radioactivité dite « artificielle » car ce noyau n'existe pas dans la nature. La radioactivité β^+ ne se produit pas naturellement.
Le symbole du phosphore 30 est ${}_{15}^{30}\text{P}$.
Il est constitué de : $Z = 15$ donc **15 protons** et $A - Z = 30 - 15 = 15$ **neutrons**.
9. Les noyaux des atomes de phosphore 30, 31 et 32 sont des **isotopes** car ces trois noyaux de phosphore ont le même numéro atomique mais des nombre de masse différents.
10. 1^{ère} étape de la synthèse du phosphore 30 artificiel : ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{n}$
11. Pour les nombres de charge on a : $13 + 2 = 15 + 0 \Rightarrow$ **il y a conservation du nombre de charge**.
Pour les nombres de masse on a : $27 + 4 = 30 + 1 \Rightarrow$ **il y a conservation du nombre de masse**.
12. L'équation de désintégration radioactive du phosphore 30 est : ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + {}_{+1}^0\text{e}$

II. LA FISSION SPONTANÉE DES ATOMES

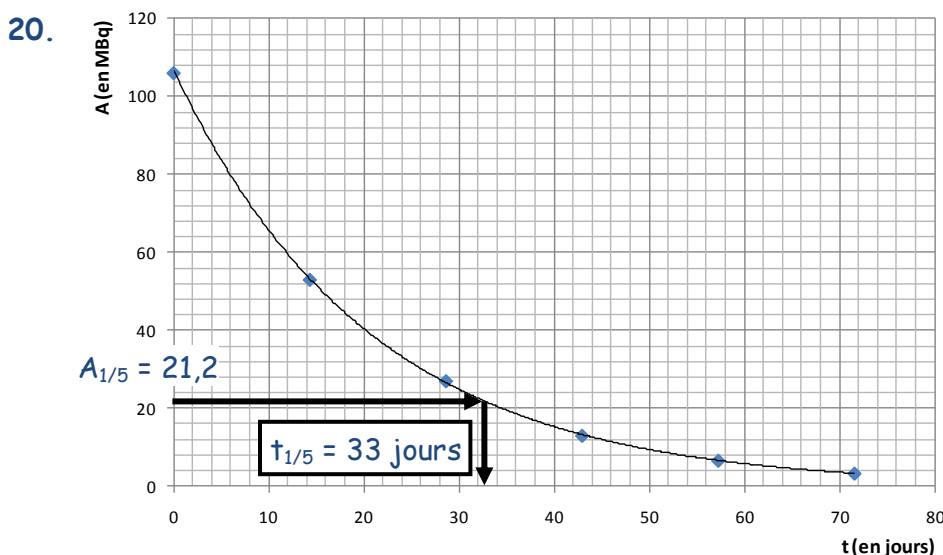
13. Sous l'impact d'un neutron lent, **un noyau se coupe en deux noyaux plus petits**.
14. On peut écrire : ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{36}^{92}\text{Kr} + {}_{56}^{141}\text{Ba} + k {}_0^1\text{n}$.
Pour que le nombre de masse soit conservé, on doit avoir : $235 + 1 = 92 + 141 + k \times 1$. On obtient $k = 3$.
La fission de l'uranium 235 par l'absorption d'un neutron produit **trois neutrons**.
15. La relation d'Einstein est : $E = m \cdot c^2$ avec E énergie de masse en J ; m en kg et c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
16. La valeur absolue de la « masse disparue » lors de cette réaction est donnée par :
 $|\Delta m| = |m_{\text{Kr}} + m_{\text{Ba}} + 3 m_{\text{n}} - (m_{\text{U}} + m_{\text{n}})| = |m_{\text{Kr}} + m_{\text{Ba}} + 2 m_{\text{n}} - m_{\text{U}}|$
 $|\Delta m| = |(15,261427 + 23,394305 + 2 \times 0,167493 - 39,021711) \cdot 10^{-26}| = |-0,030993 \cdot 10^{-26}|$
 $|\Delta m| = 0,030993 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
- Remarque :** Dans le cas d'une addition ou d'une soustraction, on conserve autant de décimales que la donnée la moins précise, soit ici 6 décimales.
17. L'énergie libérée lors de la fission d'un noyau d'uranium par l'absorption d'un neutron est donnée par :
 $E_{\text{libérée}} = |\Delta m| \cdot c^2 = 3,0993 \cdot 10^{-28} \times (3,00 \cdot 10^8)^2 = 2,79 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

III. DÉCROISSANCE DE L'ACTIVITÉ

18. L'activité d'un échantillon radioactif s'exprime en **becquerels (Bq)**.

19.

t (en jours)	t = 0	t _{1/2} = 14,3	2t _{1/2} = 28,6	3t _{1/2} = 42,9	4t _{1/2} = 57,2	5t _{1/2} = 71,5
A (en MBq)	106	53	27	13	6,6	3,3



21. Soit $t_{1/5}$ la durée au bout de laquelle l'activité a été divisée par cinq :

$$A_{1/5} = \frac{A_0}{5} = \frac{106}{5} = 21,2 \text{ MBq}$$

À l'aide de la courbe, on constate que l'activité de l'échantillon est divisée par cinq au bout de **33 jours**.

I- Qu'est-ce qu'une réaction nucléaire ? (p. 139)

1. Les réactions nucléaires spontanées (p. 139)

La **stabilité des noyaux** résulte de la compétition entre l'**interaction forte**, responsable de l'attraction entre nucléons, et l'**interaction électromagnétique**, responsable de la répulsion entre protons.

Lorsqu'un noyau ${}^A_Z X$ est instable, il subit une transformation spontanée (**désintégration radioactive**) aboutissant à la formation d'un nouveau noyau ${}^{A'}_{Z'} Y$.

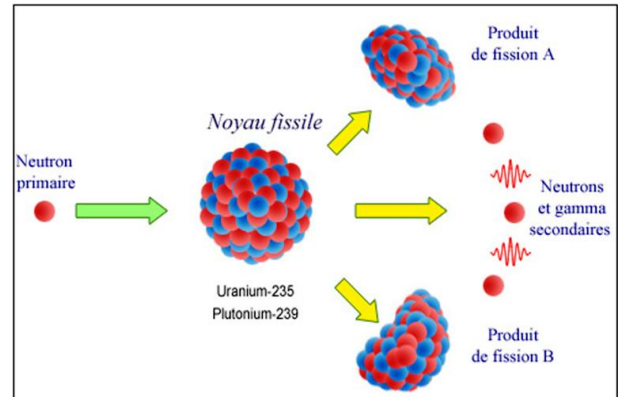
Ce phénomène porte le nom de **radioactivité**.

Une transformation radioactive s'accompagne de l'**émission de particules** (électron, positon ou noyau d'hélium) et de **rayonnements électromagnétiques** γ .

2. Les réactions nucléaires provoquées (p. 140)

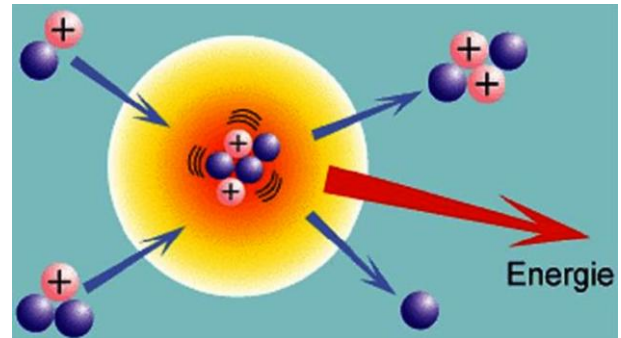
→ La fission des noyaux lourds.

Lors d'une réaction de **fission**, un noyau lourd se brise pour former deux noyaux plus légers. L'amorçage nécessite l'utilisation de neutrons comme projectiles.



→ La fusion des noyaux légers.

Lors d'une réaction de **fusion**, deux noyaux légers s'associent pour former un noyau plus lourd. L'amorçage nécessite des températures de l'ordre de cent millions de degrés.



3. L'activité (p. 139)

L'**activité** d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations par seconde. Elle s'exprime en **becquerel**, noté **Bq**.

1 becquerel correspond à 1 désintégration par seconde.

L'activité d'un échantillon radioactif peut être évaluée avec un **compteur Geiger**.

Exemple :

Activité moyenne de quelques objets quotidiens, donnée pour 1 kg :

Eau du robinet	Lait	Corps humain	Poisson	Granite	Plutonium
1 à 2 Bq	80 Bq	110 à 140 Bq	100 à 400 Bq	8 000 Bq	2.10^{12} Bq

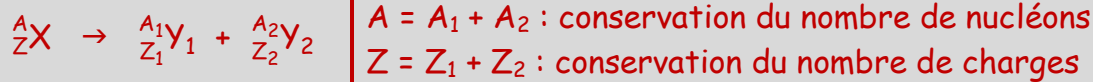
Exercices n°6, (7), 8, (9), 10 p. 146

II- Comment écrire une équation de réaction nucléaire ? (p. 140)

Au cours d'une réaction nucléaire, il y a conservation :

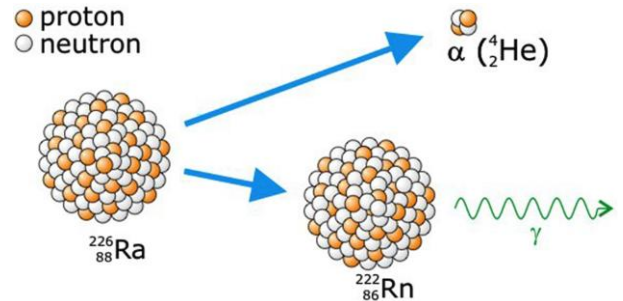
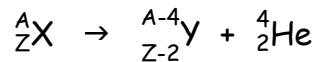
- du nombre de masse (les nucléons) ;
- du nombre de charge.

Ce sont les lois de conservation, dites lois de Soddy :



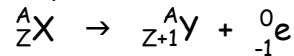
1. La radioactivité α

Elle concerne les **noyaux lourds**, instables à cause d'un **excès de nucléons**. Elle se traduit par l'émission de **particules α** (noyau d'hélium) :

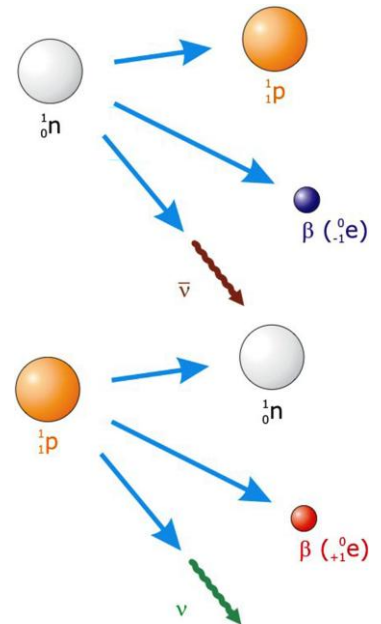


2. La radioactivité β^-

Elle concerne les noyaux instables à cause d'un **excès de neutrons**. Elle se traduit par l'émission d'**électrons** :

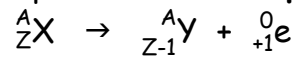


Dans le noyau, un **neutron** s'est transformé en un **proton** et un **électron**.



3. La radioactivité β^+

Elle concerne les noyaux instables à cause d'un **excès de protons**. Elle se traduit par l'émission de **positons** :

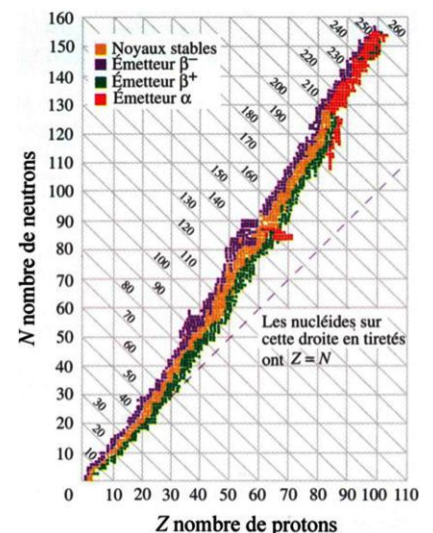


Dans le noyau, un **proton** s'est transformé en un **neutron** et un **positon**.

Remarque :

Le diagramme de Ségré (ou diagramme N, Z) donne la nature de l'instabilité des noyaux.

- les noyaux stables (en orange) appartiennent à une zone appelée "vallée de la stabilité" ;
- en-dessous, se situent des noyaux donnant lieu à une radioactivité de type β^+ ;
- au-dessus, se situent des noyaux donnant lieu à une radioactivité de type β^- ;
- en haut, se situent des noyaux donnant lieu à une radioactivité de type α .



Exercices n°(11), 12, (13), 14, 15 p. 146, n°18, 19, 21, 22 et 23 p. 147

III- Quelle est l'énergie libérée par une réaction nucléaire ? (p. 141)

En 1905, Albert Einstein énonce, dans le cadre de la relativité restreinte, la célèbre relation d'équivalence entre masse et énergie :

Un objet de masse m au repos possède une énergie E , appelée **énergie de masse**, telle que :

$$E = m \cdot c^2 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} E \text{ l'énergie en joule (J),} \\ m \text{ la masse en kilogramme (kg),} \\ c \text{ la célérité de la lumière (} c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}\text{).} \end{cases}$$

Lors d'une réaction nucléaire (désintégration, fusion, fission) il y a une **perte de masse** et donc une énergie libérée correspondant à :

$$\begin{aligned} E_{\text{libérée}} &= |\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2 \\ &= |m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}| \cdot c^2 \end{aligned} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \Delta E \text{ la variation d'énergie en joule (J),} \\ \Delta m \text{ la variation de masse en kilogramme (kg),} \\ c \text{ la célérité de la lumière (} c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}\text{).} \end{cases}$$

Lors d'une réaction nucléaire, **l'énergie totale se conserve.**

Pour les curieux :

La formation d'un noyau s'accompagne d'un **défaut de masse**, donc d'une **libération d'énergie**. À l'opposé, il faut fournir de l'énergie pour séparer les constituants d'un noyau. Cette énergie est l'**énergie de liaison**, notée E_ℓ . Elle caractérise la cohésion de l'atome.

L'énergie de liaison E_ℓ est l'énergie qu'il faut fournir pour séparer les constituants d'un noyau.

Cette énergie est souvent exprimée en électron Volt (eV) ou Méga électron Volt (MeV) (avec $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$).

Exercices n°16 p. 146, n°(17), 20 p. 147, n°24 p. 148, n°27, 28 et n°29 p. 149