

La décroissance radioactive

Cadre de référence de la leçon

- PH2.1.1** Connaître la signification du symbole A_ZX et donner la composition du noyau correspondant.
- PH2.1.2** Reconnaître les isotopes d'un élément chimique.
- PH2.1.3** Reconnaître les domaines de stabilité et d'instabilité des noyaux sur le diagramme (N, Z) .
- PH2.1.4** Exploiter le diagramme (N, Z) .
- PH2.1.5** Définir un noyau radioactif.
- PH2.1.6** Connaître et exploiter les deux lois de conservation.
- PH2.1.7** Définir les radioactivités α , β^- , β^+ et l'émission γ .
- PH2.1.8** Écrire l'équation d'une réaction nucléaire en appliquant les deux lois de conservation.
- PH2.1.9** Reconnaître le type de radioactivité à partir de l'équation d'une réaction nucléaire.
- PH2.1.10** Connaître et exploiter la loi de décroissance radioactive et exploiter sa courbe correspondante.
- PH2.1.11** Savoir que 1 Bq est égal à une désintégration par seconde.
- PH2.1.12** Définir la constante de temps τ et la demi-vie $t_{1/2}$.
- PH2.1.13** Exploiter les relations entre λ , τ et $t_{1/2}$.
- PH2.1.14** Utiliser l'équation aux dimensions pour déterminer les unités de λ et de τ .
- PH2.1.15** Déterminer le radioélément convenable pour dater un événement donné.

Contenus du programme

- P-PH2.1.2** La radioactivité : radioactivités α , β^- , β^+ et émission γ ; lois de conservation de la charge électrique et du nombre de nucléons.

Compétence ciblée

- CC2** Les transformations nucléaires. Modéliser des transformations nucléaires et dater un fait par l'application de la loi de désintégration radioactive ; faire le bilan énergétique d'une transformation nucléaire et résoudre des situations-problèmes sur les transformations nucléaires. Savoir l'intérêt des transformations nucléaires dans l'évolution technologique, leurs effets probables sur l'environnement et les mesures de précaution à prendre.

1

Stabilité et instabilité des noyaux

Cadre de référence : PH2.1.1 à PH2.1.4

1) Composition du noyau

Cadre de référence : PH2.1.1

Le noyau d'un atome associé à un élément chimique X est représenté par le symbole A_ZX avec :

- A : nombre de nucléons ;
- Z : numéro atomique ;

— $N = A - Z$: nombre de neutrons d'un noyau.

2) Isotopes

Cadre de référence : PH2.1.2

Deux noyaux isotopes ont le même nombre de protons mais des nombres de neutrons différents (Z identique mais A différents).

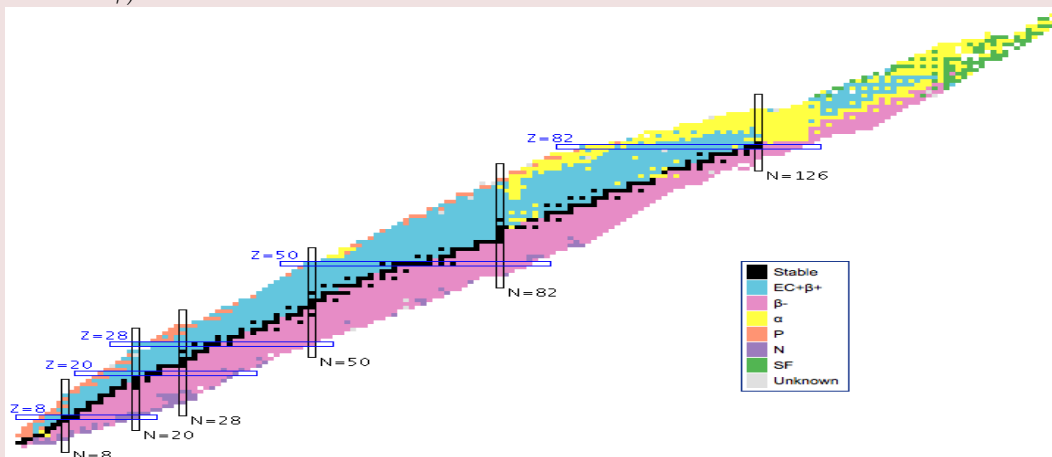
2 La radioactivité

Cadre de référence : PH2.1.5 à PH2.1.9

1) Définition

Cadre de référence : PH2.1.5

La radioactivité est une transformation naturelle, spontanée et imprévisible d'un noyau instable A_ZX en un noyau ${}^{A'}_{Z'}Y$ plus stable avec émission d'une ou de plusieurs particules (α , β et souvent un rayonnement γ).



2) Lois de conservation (lois de Soddy)

Cadre de référence : PH2.1.6

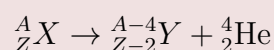
La réaction nucléaire obéit à des lois de conservation :

- conservation du nombre de charge Z ;
- conservation du nombre de nucléons A .

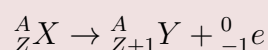
3) Radioactivité α , β^- et β^+

Cadre de référence : PH2.1.7, PH2.1.8, PH2.1.9

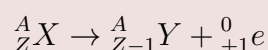
Radioactivité α :



Radioactivité β^- :



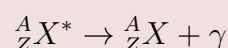
Radioactivité β^+ :



4) Émission gamma γ

Cadre de référence : PH2.1.7

Le noyau issu d'une désintégration α ou β est souvent dans un état excité. Il se désexcite en libérant un rayonnement électromagnétique γ :



5) Famille radioactive

Cadre de référence : P-PH2.1.2

Une famille radioactive est une suite de nucléides descendant d'un même noyau (noyau père), par une suite de désintégrations successives jusqu'à l'obtention d'un noyau stable.

3 La décroissance radioactive

Cadre de référence : PH2.1.10 à PH2.1.14

1) Loi de décroissance radioactive

Cadre de référence : PH2.1.10

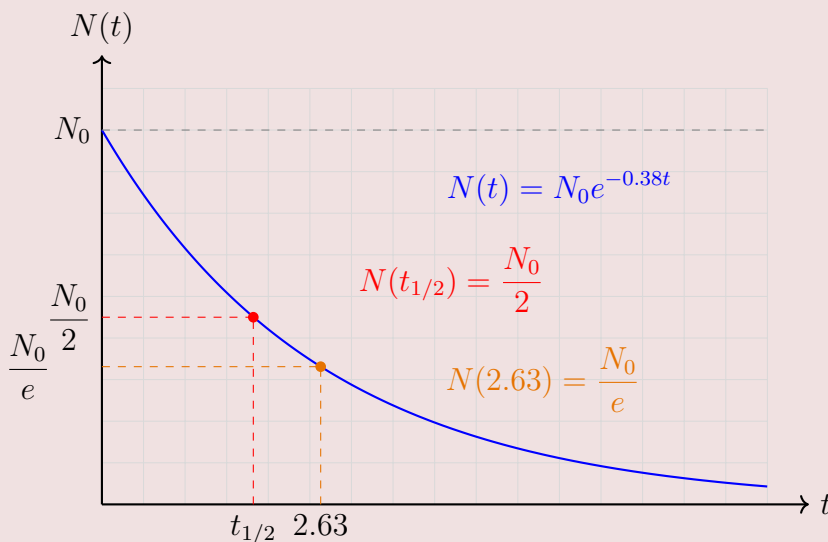
Le nombre de noyaux $N(t)$ d'un échantillon radioactif suit la loi de décroissance radioactive :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

avec :

- $N(t)$: nombre de noyaux à l'instant t ;
- N_0 : nombre de noyaux à $t = 0$ s ;
- λ : constante radioactive.

Remarque : on montre aussi que $m = m_0 e^{-\lambda t}$ et $n = n_0 e^{-\lambda t}$.



2) Constante du temps et demi-vie

Cadre de référence : PH2.1.12, PH2.1.13, PH2.1.14

La demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs se divise en deux.

La constante de temps τ est donnée par :

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

La relation entre la demi-vie et la constante radioactive est :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$$

3) Activité d'une source radioactive

Cadre de référence : PH2.1.11

L'activité a mesure le nombre moyen de désintégrations par unité de temps ; elle s'exprime en becquerels (Bq) :

$$a(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda N(t)$$

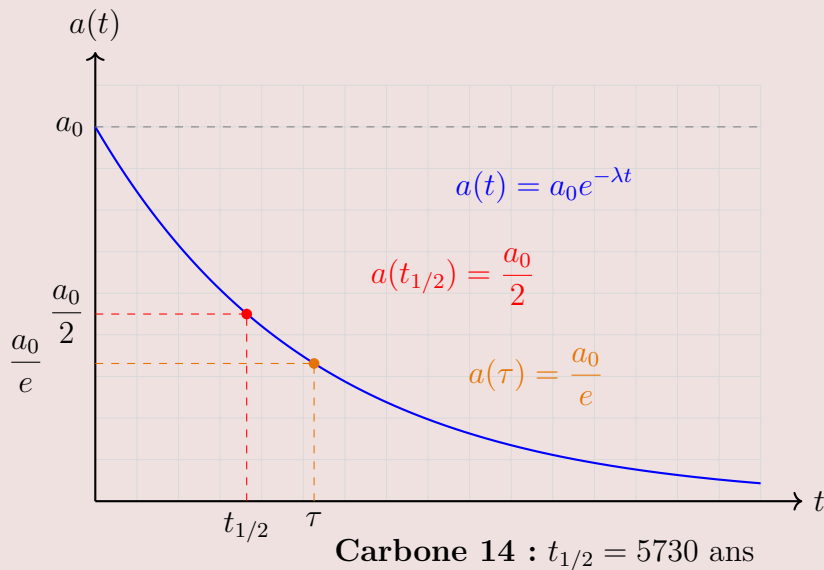
1 Bq correspond à une désintégration par seconde.

La loi de décroissance radioactive en fonction de l'activité est :

$$a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$$

avec :

- $a(t)$: l'activité à l'instant t ;
- a_0 : l'activité à $t = 0$ s ;
- λ : constante radioactive.



4

Datation par le carbone 14

Cadre de référence : PH2.1.15

Dès qu'un être vivant meurt, le carbone 14 n'est plus renouvelé ; il se met à décroître.

Pour déterminer l'âge d'un matériau mort, on mesure l'activité $a(t)$ du carbone 14 d'un échantillon de matériau mort, puis l'activité a_0 du même matériau vivant, et on applique la formule :

$$a(t) = a_0 e^{-\lambda t} \iff t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{a_0}{a(t)} \right)$$