

5 Activité et période

On définit l'*activité* d'une substance radioactive comme le nombre de désintégrations par unité de temps, habituellement, par seconde. Le becquerel est l'unité de mesure du Système international et il correspond à une désintégration radioactive par seconde. L'autre unité couramment employée est *le curie* (Ci) qui équivaut à $3,7 \times 10^{10}$ Bq, soit l'activité de un gramme de radium 226. La découverte du radium a valu à Marie Curie le premier de ses deux prix Nobel.

5.1 Loi de la désintégration radioactive

Une substance radioactive se désintègre à un taux fractionnaire fixe. Autrement dit, à chaque seconde, une fraction constante du nombre total d'atomes présents se désintègre. Ainsi, le nombre d'atomes disparaissant par unité de temps est proportionnel à la quantité de la substance donnée.

Considérons un échantillon particulier de radionucléides. Puisque la désintégration continue réduit la taille de l'échantillon, son activité décroît également. Ce phénomène se poursuit jusqu'à l'épuisement de la substance. On peut voir à la figure 5.1 l'évolution de la quantité de matière Q (le nombre de radionucléides), en fonction du temps T .

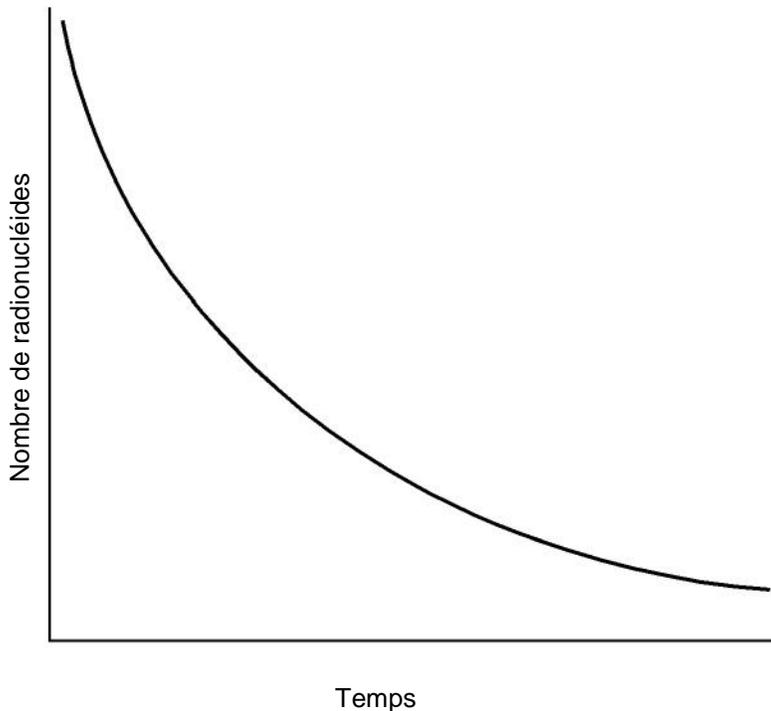


Figure 5.1 — Nombre de radionucléides en fonction du temps

Puisque l'activité est proportionnelle à la quantité de substance radioactive, on peut aussi tracer l'activité en fonction du temps (figure 5.2).

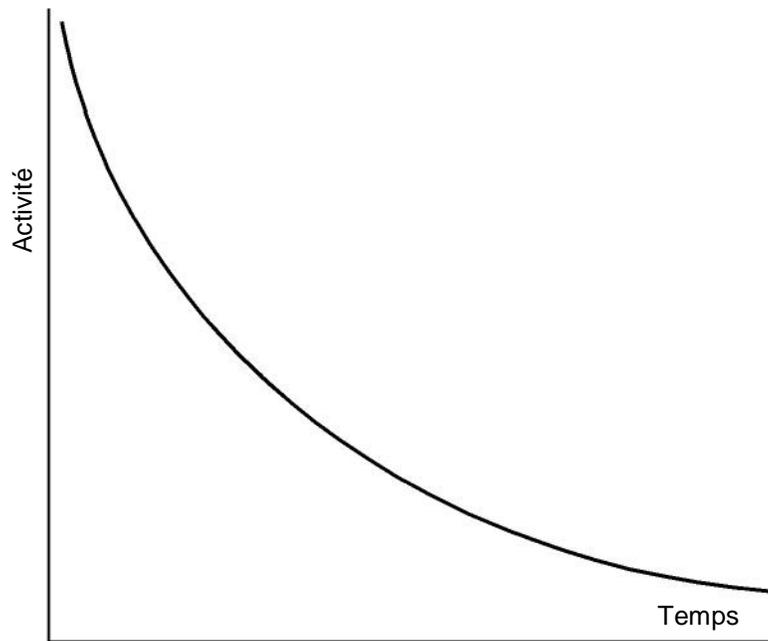
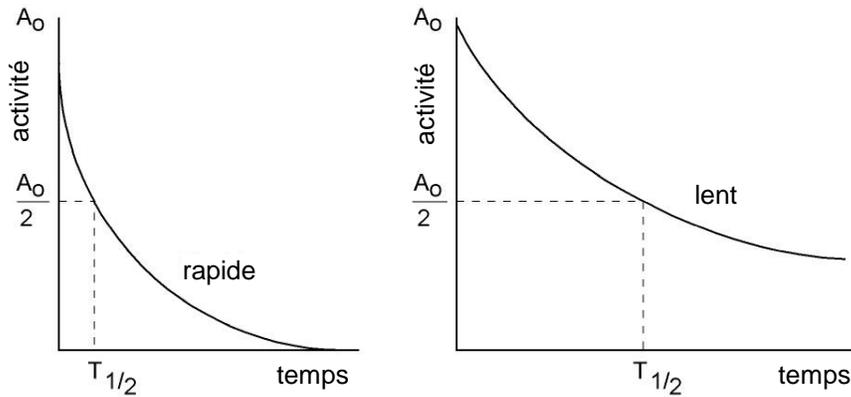


Figure 5.2
Activité d'une substance radioactive en fonction du temps

Mathématiquement, les graphiques des figures 5.1 et 5.2 sont identiques, seules l'échelle verticale diffère. En pratique, nous utilisons la deuxième forme, puisque l'activité est la quantité normalement mesurée et est celle qui nous intéresse le plus. Souvent nous ne sommes pas intéressés à connaître la quantité exacte de substance radioactive. Par exemple, l'activité du modérateur donnée en curies par kilogramme nous donne une indication claire du danger du rayonnement, mais ne nous indique pas directement la quantité de tritium présente dans le modérateur.

5.2 La période radioactive

Les graphiques de l'activité en fonction du temps de différentes substances radioactives révèlent qu'elles ont chacune un taux différent de désintégration (figure 5.3). La notion de *période* permet de différencier ces taux différents (figure 5.4). La période, dénotée $T_{1/2}$, est l'intervalle de temps nécessaire pour que l'activité d'un échantillon se trouve réduite de moitié.



**Figures 5.3 A et B —
Évolution de l'activité de deux substances radioactives**

On définit la période comme étant le temps nécessaire pour passer d'une activité A_0 à l'activité moitié moindre, $A_0/2$. Le point de départ — la valeur de A_0 — n'a pas d'importance particulière pour une courbe exponentielle. Quel que soit le point de départ sur la courbe, le temps nécessaire pour que l'activité tombe de moitié est toujours le même (figure 5.4).

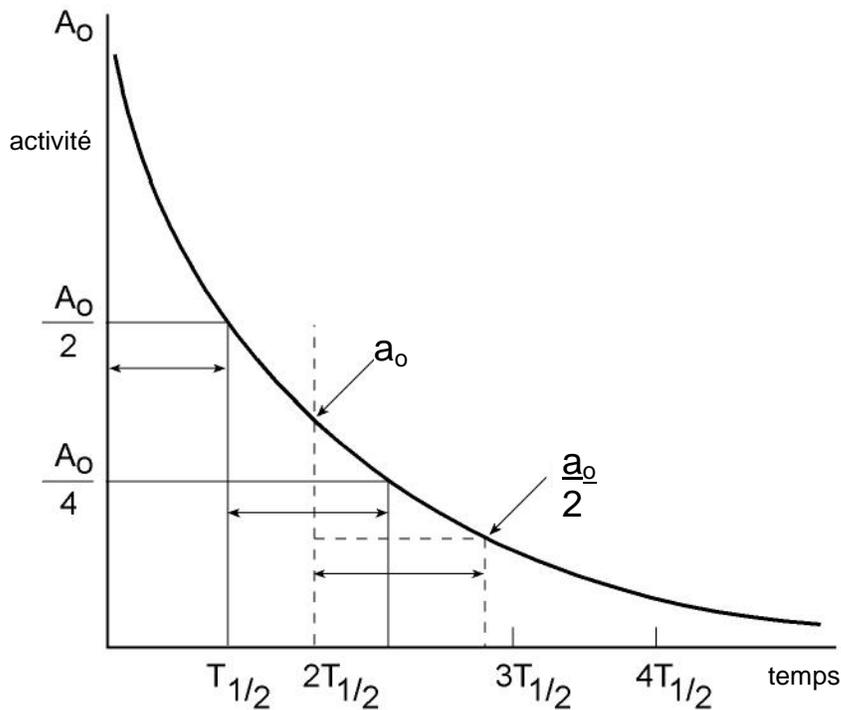


Figure 5.4 – Activité et période

Le temps requis pour passer de A_0 à $A_0/2$ est identique que celui nécessaire pour passer de $A_0/2$ à $A_0/4$ ou passer de a_0 à $a_0/2$. On peut dériver la formule $A_t = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n$, où n est le nombre de périodes ($n = t/T_{1/2}$), et t le temps écoulé. On suppose normalement que n est entier, mais il n'est pas nécessaire qu'il le soit.

Une autre forme de l'équation $A_t = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n$ est : $\frac{A_0}{A_t} = 2^n$.

Avant d'étudier les exemples qui suivent, essayez les exercices de fin de chapitre. Plusieurs personnes trouvent qu'il est plus facile de faire les calculs que de lire à leur sujet.

Exemples

1. Soit une substance radioactive dont l'activité est de 6144 Bq. Combien de périodes faudra-t-il attendre pour que l'activité ait décré à 6 Bq?

$$\frac{A_0}{A_t} = 2^n$$

En remplaçant les valeurs :

$$\frac{6144}{6} = 2^n,$$

$$1024 = 2^n,$$

$$\therefore n = 10.$$

Réponse : dix périodes sont nécessaires pour que l'activité tombe de 6144 à 6 Bq.

2. Après six périodes, quelle sera l'activité d'une substance dont l'activité est de 192 Bq?

$$A_t = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$A_t = 192 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^6 = 192 \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$$

ou
$$\frac{192}{2^6} = \frac{192}{64},$$

donc :
$$A_t = 3 \text{ Bq}.$$

Réponse : Après six périodes, l'activité sera tombée de 192 Bq à 3 Bq.

3. Si la période de la substance mentionnée au premier exemple est de 25 minutes, quel est le temps t ?

$$\begin{aligned} t &= nT_{1/2} \\ &= 10 \text{ périodes} \times 25 \text{ minutes} \\ &= 250 \text{ minutes, soit } 4 \text{ h } 10 \text{ m} \end{aligned}$$

5.3 Étendue des périodes

Les périodes peuvent être très courtes (fractions de seconde) ou très longues (milliards d'années). Leur étendue, relativement à la vie du réacteur, à la durée d'exploitation, à la longueur des arrêts, à la vie du combustible, etc. est un paramètre important du fonctionnement d'une centrale.

Par exemple, le combustible CANDU frais est composé d'uranium naturel. Le ^{238}U a une période de 4,5 milliards d'années, alors que celle du ^{235}U est de 700 millions. Bien que ces deux nucléides se désintègrent en émettant un α , l'activité du combustible ne change pas pendant toute la vie du réacteur. Le combustible frais sera le même, quel que soit le temps pendant lequel on le conserve. Toutefois, la période du ^{16}N (produit par l'activation dans le cœur du réacteur) n'est que de sept secondes, son activité change si rapidement qu'il est difficile d'en calculer les variations.

Le combustible épuisé (irradié) contient des isotopes d'uranium et de neptunium dont la désintégration engendre du plutonium fissile. Le ^{239}U et le ^{239}Np ont, respectivement, des périodes de 23 minutes et 2,3 jours. Ils se transforment très rapidement ^{239}Pu . Puisque le ^{239}Pu se désintègre par émission α sur une période 25 000 ans, la quantité de cet élément présente dans le combustible irradié ne diminuera pas au cours des une ou deux années que la grappe passera dans le réacteur.

Puisque l'activité (le taux de désintégration) dépend de la période, sa valeur peut varier considérablement. Le becquerel est une toute petite unité d'activité, normalement utilisée avec un préfixe; par exemple, le

kilobecquerel ($1 \text{ kBq} = 10^3 \text{ Bq}$), le mégabecquerel ($1 \text{ MBq} = 10^6 \text{ Bq}$), le gigabecquerel ($1 \text{ GBq} = 10^9 \text{ Bq}$) et, parfois, le térabecquerel ($1 \text{ TBq} = 10^{12} \text{ Bq}$). Le curie, par contre, est une grosse unité. Ainsi, on utilise habituellement le millicurie ($1 \text{ mCi} = 10^{-3} \text{ Ci}$), le microcurie ($1 \mu\text{Ci} = 10^{-6} \text{ Ci}$), le picocurie ($1 \text{ pCi} = 10^{-12} \text{ Ci}$) ou, plus rarement, le nanocurie ($1 \text{ nCi} = 10^{-9} \text{ Ci}$). Par exemple, une contamination avec $8 \times 10^{-9} \text{ g}$ de ^{131}I (environ $3,7 \times 10^{13}$ atomes de ^{131}I) créera une activité d'environ 1 mCi, soit 37 MBq.

5.4 Notions principales

- L'*activité* est le taux de désintégration d'une substance radioactive.
- On mesure l'activité en désintégration par seconde (d.p.s.), en becquerels (Bq) ou en curies (Ci).
- Les noyaux se désintègrent exponentiellement, chaque type de noyau ayant une période caractéristique.
- Les périodes peuvent avoir des valeurs très petites ou très grandes : d'une fraction de seconde à des milliards d'années.

5.5 Exercices

1. Écrivez la relation entre le nombre de désintégration par seconde et le becquerel.
2. Nommez une unité largement utilisée pour mesurer l'activité, autre que le becquerel.
3. La période radioactive du ^{59}Fe est de 45 jours. Si l'activité d'un échantillon est de 1000 désintégrations par seconde, quelle sera son activité après une année?
4. Soit un échantillon radioactif dont l'activité est de 2×10^7 Bq, après 20 jours, son activité est descendue à 2×10^4 Bq. Quelle est donc la période de cet échantillon? (Calculez la période, à la valeur entière la plus proche.)

