

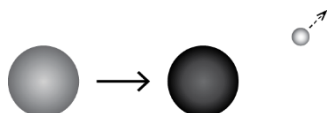
La radioactivité

En préambule... chercher du commun

La radioactivité a été découverte par hasard par Henri Becquerel en 1896, alors qu'il étudiait les propriétés fluorescentes des sels d'uranium. Marie Curie, rejointe par Pierre Curie, a mis en évidence la radioactivité de nombreux nucléides (celle du radium et du polonium notamment). Elle a largement contribué à la compréhension des émissions radioactives et a développé leurs premières applications médicales. Ce sont les travaux d'Albert Einstein sur la relativité qui ont permis de modéliser la radioactivité.

Activité 1 – Première approche de la désintégration radioactive

Cette activité utilise le simulateur [simulRAD](#) et un [tableur partagé](#) accessibles sur [www.prof-vince.fr](#). Il simule une réaction nucléaire spontanée, au cours de laquelle un noyau instable se transforme en un autre noyau stable et émet une particule :



Une telle réaction nucléaire s'appelle une **désintégration radioactive**, le noyau initial est dit radioactif.

1^{ère} partie

Comportement d'UN noyau unique

- ▶ Régler le nombre de noyaux à 1 seul noyau.
 - ▶ Lancer l'animation en cliquant sur « ▶ » et noter la durée au bout de laquelle le noyau se désintègre.
 - ▶ Recommencer 9 fois et noter les 10 durées obtenues dans le tableur partagé en respectant bien le numéro de votre groupe.
1. Quelle propriété de la désintégration radioactive ces simulations mettent-elles en évidence ?
 2. En moyenne, combien de temps faut-il attendre pour qu'un noyau se désintègre ?
 3. Quelle probabilité a-t-on que le noyau soit désintégré au bout d'une seconde ?

La constante radioactive λ représente la probabilité que le noyau se désintègre, par unité de temps, donc par seconde.

4. **Prévisions** (ne pas utiliser le simulateur pour traiter la question qui suit !)

Que doit-on alors observer :

- si on règle $\lambda = 0$?
- si on augmente λ ?
- si on règle $\lambda = 1$?

5. **Vérifications** (utiliser le simulateur pour vérifier les trois prévisions précédentes)

2^{ème} partie

Comportement d'une population de noyaux

- ▶ Régler le nombre de noyaux à une dizaine environ et la constante radioactive à $\lambda = 0,3 \text{ s}^{-1}$ environ.
 - ▶ Cliquer sur « voir le graphique » et lancer l'animation.
 - ▶ Recommencer deux ou trois fois sans effacer les graphiques successifs.
6. Une évolution temporelle suit une loi si elle est reproductible, c'est-à-dire si, dans des conditions données, elle est toujours la même.
Peut-on dire que l'évolution temporelle d'une population de 10 noyaux suit une loi ?
 - ▶ Effacer les graphiques.
 - ▶ Toujours avec $\lambda = 0,3 \text{ s}^{-1}$, réaliser de nouvelles simulations en augmentant peu à peu le nombre de noyaux jusqu'au maximum, afin de tester si leur évolution est reproductible. On effacera les graphiques après chaque augmentation du nombre de noyaux.
 7. Indiquer à quelle condition sur la population initiale l'évolution de la population se fait selon une loi exponentielle (on ne demande pas de valeur numérique).
 8. Comment doit évoluer la courbe obtenue si l'on augmente la constante radioactive ?
 - ▶ Utiliser le simulateur pour vérifier la prévision précédente.
 - ▶ Cocher l'option « afficher la courbe d'équation... ». Il s'agit de la loi de décroissance radioactive.

9. En conclusion

Noter l'équation de la loi de décroissance radioactive et préciser à quelle condition elle est suivie par une population de noyaux radioactifs.

Activité 2 Une population qui suit une décroissance exponentielle

Évolution d'un noyau

La désintégration d'un noyau radioactif est un phénomène **aléatoire**. La probabilité qu'il se soit désintégré au bout d'une durée Δt est proportionnelle à cette durée :

$$p = \lambda \Delta t$$

- p : probabilité de la désintégration ;
- Δt : durée en seconde ;
- λ : **constante radioactive** en s^{-1} : c'est une propriété du noyau (qui dépend notamment de sa position dans le diagramme N, Z).

Évolution d'une population de noyaux

On considère un échantillon radioactif contenant, à la date $t = 0$, N_0 noyaux non désintégrés.

$N(t)$ désigne le nombre de noyaux non désintégrés à une date t .

Pendant une durée Δt , chaque noyau a une probabilité p de se désintégrer, le nombre de désintégrations est donc égal, en moyenne, au produit du nombre de noyaux présents et de cette probabilité, soit :

$$\begin{array}{l} \text{nombre de} \\ \text{désintégrations} \end{array} = pN(t) = \lambda \times \Delta t \times N(t)$$

1. Le nombre de noyaux restants à la date $t + \Delta t$ vaut donc :

$$N(t + \Delta t) \approx$$

2. La variation du nombre de noyaux non désintégrés vaut donc :

$$N(t + \Delta t) - N(t) \approx$$

3. Et donc :

$$\frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{\Delta t} \approx$$

Cette relation est approximative car :

- le phénomène est aléatoire et ne devient prévisible *en moyenne* que si le nombre de noyaux est suffisamment élevé ;
- $N(t)$ diminue continûment avec le temps donc le produit $p \times N(t)$ n'est pas constant pendant la durée Δt considérée.

Pour une grande population de noyaux, cette relation ne devient rigoureuse que pour une durée infiniment petite, durant laquelle la variation de $N(t)$ est infinitésimale, on a donc :

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{\Delta t} =$$

Soit :

$$\frac{dN}{dt}(t) =$$

On obtient l'équation différentielle satisfaite par le nombre de noyaux non désintégrés dans l'échantillon.

En déduire l'expression de $N(t)$.