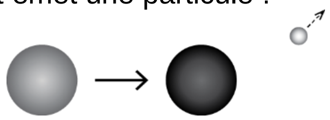
# Chapitre I : La radioactivité

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, selon des lois à découvrir, 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.

**1ère 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 $\lambda$ 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 $\lambda$ ?
- si on règle $\lambda = 1$ ?

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

**2ème partie**
**Comportement d'une population de noyaux**

- Régler le nombre de noyaux à une dizaine environ et la constante radioactive à $\lambda = 0{,}3\ \mathrm{s}^{-1}$ 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 suive une loi ?

- Effacer les graphiques.
- Toujours avec $\lambda = 0{,}3\ \mathrm{s}^{-1}$, 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 $\Delta t$ est proportionnelle à cette durée :

$$p = \lambda \Delta t$$

- $p$ : probabilité de la désintégration ;
- $\Delta t$ : durée en seconde ;
- $\lambda$ : **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 $\Delta t$, 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 :

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

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 $\Delta t$ 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 :

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

Soit :

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

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

En vous aidant de l'allure des courbes obtenues à la fin de l'activité 1 (exponentielle décroissante), en déduire l'expression de $N(t)$. On utilisera le fait qu'à la date $t = 0$, N = $N_0$.