Radioactive Decay

Département de Physique, Université de Fribourg

Romain De Groote

12 décembre 2025

1 Introduction

La désintégration radioactive est un processus aléatoire par lequel un noyau instable perd de l'énergie en émettant des radiations. Ce phénomène est caractérisé par une constante de désintégration spécifique à chaque isotope, qui détermine la probabilité qu'un noyau se désintègre dans un intervalle de temps donné. L'objectif de cette expérience est d'étudier la désintégration radioactive en mesurant l'activité d'une source radioactive au fil du temps et en déterminant sa constante de désintégration ainsi que sa demi-vie.

2 But de l'expérience

L'objectif de cette expérience est de mesurer l'activité d'une source radioactive en fonction du temps afin de déterminer la constante de désintégration et la demi-vie de l'isotope étudié en comparant les résultats avec les valeurs de la littérature.

3 Contexte théorique

3.1 Bruit de fond

Le bruit de fond est la radiation ambiante présente dans l'environement, provenant de sources naturelles et artificielles. Il est essentiel de mesurer et de prendre en compte ce bruit de fond lors de l'analyse des données de désintégration radioactive. Le bruit de fond peut être mesuré en effectuant des relevés à blanc.

3.2 Désintégration radioactive

La désintégration radioactive suit une loi exponentielle décrite par l'équation suivante :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \tag{3.1}$$

où $N(t)$ est le nombre de noyaux radioactifs restants à l'instant t, N_0 est le nombre initial de noyaux, et λ est la constante de désintégration. L'activité $A(t)$ est définie comme le nombre de désintégrations par unité de temps et est donnée par :

$$A(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t}, [A] = \text{Bq} \tag{3.2}$$

La vie moyenne τ est définie comme l'inverse de la constante de désintégration :

$$\tau \pm \delta\tau = \frac{1}{\lambda} \pm \frac{\delta\lambda}{\lambda^2}, [\tau] = \text{s} \tag{3.3}$$

et la demi-vie $\tau_{1/2}$ est le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux se désintègrent :

$$\tau_{1/2} \pm \delta\tau_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} \pm \tau_{1/2}\frac{\delta\lambda}{\lambda}, [\tau_{1/2}] = \text{s} \tag{3.4}$$

3.3 Mesure de l'activité

L'activité d'une source radioactive peut être mesurée à l'aide d'un compteur Geiger-Müller. On a alors que l'activité de la source est donnée par :

$$\eta \pm \delta\eta = N \pm \sqrt{N}, [\eta] = \text{Bq} \tag{3.5}$$

où N est le nombre de désintégrations mesurées pendant un intervalle de temps donné, et $\sqrt{N}$ est l'incertitude associée à cette mesure, en supposant que les désintégrations suivent une distribution de Poisson. Cependant, il est important de soustraire le bruit de fond $\eta_b \pm \delta\eta_b$ de l'activité mesurée pour obtenir l'activité réelle de la source :

$$\eta^* \pm \delta\eta^* = \eta - \eta_b \pm \sqrt{(\delta\eta)^2 + (\delta\eta_b)^2}, [\eta^*] = \text{Bq} \tag{3.6}$$

Cependant, il est important de prendre en compte 2 limites physiques du compteur lors des mesures : le temps mort et son efficacité. Le temps mort τ_d est la période après chaque détection pendant laquelle le compteur ne peut pas enregistrer de nouvelles désintégrations. Si le taux de comptage est élevé, cela peut entraîner une sous-estimation de l'activité réelle de la source. L'efficacité ϵ du compteur est la fraction des désintégrations réellement détectées par rapport au nombre total de désintégrations qui se produisent. Pour corriger l'activité mesurée en tenant compte de ces deux facteurs, on utilise la formule suivante :

$$\eta_{corr} \pm \delta\eta_{corr} = \frac{\eta^*}{\epsilon(1-\eta^*\tau_d)} \pm \frac{\delta\eta^*}{\epsilon(1-\eta^*\tau_d)^2}, [\eta_{corr}] = \text{Bq} \tag{3.7}$$

4 Déroulement de l'expérience

Pour cette expérience, une source radioactive inconnu est utilisée. De plus un compteur Geiger-Müller est mis en place pour mesurer l'activité de la source dans une chambre de plomb.

4.1 Mesure du bruit de fond

Avant de mesurer l'activité de la source radioactive, le bruit de fond est mesuré en effectuant plusieurs relevés à blanc dans la chambre de plomb sans la source. Ces mesures permettent de déterminer l'activité ambiante due aux radiations naturelles et artificielles présentes dans l'environnement.

4.2 Mesure de l'activité de la source

Afin de déterminer la constante de désintégration et la demi-vie de la source radioactive, l'activité est mesurée à intervalles réguliers de 256 s sur une période d'environ 1h45min. Pour se faire, la source est placée dans la chambre de plomb et le compteur Geiger-Müller enregistre le nombre de désintégrations pendant chaque intervalle de temps. Le logarithme de ces mesures sont ensuites plotées en fonctions du temps pour en extraire la constante de désintégration.

5 Résultats

5.1 Bruit de fond

Le bruit de fond a été mesuré en effectuant 3 relevés à blanc de 180 secondes chacun. Le bruit de fond moyen est calculé grâce à 3.5 :

$$\eta_b \pm \delta\eta_b = (0.268 \pm 0.006)\,\text{s}^{-1} \tag{5.1}$$

5.2 Mesure de l'activité de la source

Suite aux mesures effectuées, la constante de désintégration λ est déterminée en effectuant une regression linéaire sur le logarithme de l'activité corrigée en fonction du temps :

$$\lambda \pm \delta\lambda = (2.08 \cdot 10^{-4} \pm 1.7 \cdot 10^{-6})\,\mathrm{s}^{-1} \tag{5.2}$$

De plus, la demi-vie $\tau_{1/2}$ est calculée grâce à l'équation 3.4 :

$$\tau_{1/2} \pm \delta\tau_{1/2} = (3316.94 \pm 27.39)\,\mathrm{s} \tag{5.3}$$

La vie moyenne τ est calculée grâce à l'équation 3.3 :

$$\tau \pm \delta\tau = (4785.37 \pm 1.72 \cdot 10^{-6})\,\mathrm{s} \tag{5.4}$$

Le nombre initial de noyaux N_0 est calculé en utilisant l'équation 3.2 :

$$N_0 \pm \delta N_0 = (906\,451 \pm 5933)\,\text{noyaux} \tag{5.5}$$

6 Discussion

En comparant la demi-vie expérimentalement déterminée de (3316.94 ± 27.39) s, comme la source est du ^{116m1}In, qui possède une demi-vie d'environ 54.29 minutes, soit 3257.4 s. La valeur expérimentale est en bon accord avec la valeur de la littérature, avec une différence relative d'environ 1.85%. Cela confirme que l'isotope étudié est bien ^{116m1}In.

7 Conclusion

En conclusion, cette expérience a permis de mesurer l'activité d'une source radioactive et de déterminer sa constante de désintégration ainsi que sa demi-vie. Les résultats obtenus sont en bon accord avec les valeurs de la littérature, confirmant l'identification de l'isotope comme étant ^{116m1}In. Cette expérience est donc un succès.

8 Annexes

- Results 117 :Radioactive Decay
- Graphique 1 : Logarithm of corrected decay rate over time