

1 Objectifs

Réaliser et exploiter le comptage de rayonnements émis à partir d'une source de césium 137 pour montrer qu'il est possible d'estimer la valeur la plus probable de désintégration pour une durée fixée malgré le caractère aléatoire des désintégrations. Comparer l'absorption des rayonnements par différents matériaux et pour différentes épaisseurs.

2 Introduction

Document 1 : Appareil de comptage

Le dispositif appelé C.R.A.B. (compteur de radioactivité beta et gamma) comprend :

- Un compteur de radiations, de type Geiger-Müller, capable de détecter les particules beta (β) et le rayonnement gamma (γ)
- Une source au césium 137 ($^{137}_{55}\text{Cs}$), émettrice de particules beta moins et de rayonnement gamma

Document 2 : La radioactivité

A l'intérieur du noyau il existe, entre les nucléons, des forces d'interactions répulsives et attractives. Si les forces répulsives sont supérieures aux forces attractives le noyau peut se casser : il est instable. Lorsqu'un noyau est instable il se désintègre en un noyau plus petit et en émettant d'autres particules éventuellement accompagné d'un rayonnement γ . Ce phénomène est appelé la radioactivité. Il s'agit d'une réaction nucléaire (intervenant dans le noyau) spontanée.

Document 3 : Les différents types de radioactivité

- Radioactivité α : La radioactivité α est une réaction spontanée au cours de laquelle un noyau père instable se désintègre en un noyau fils plus stable avec émission d'un noyau d'hélium appelé "particule α ".
- Radioactivité β : La radioactivité β^- ou β^+ est une réaction spontanée au cours de laquelle un noyau père instable se désintègre en un noyau fils plus stable avec émission d'un électron appelé "particule β^- " ou d'un positron appelé "particule β^+ ".
- Emission γ : Il ne s'agit pas d'émission de particules matérielles mais d'un rayonnement électromagnétique de très haute fréquence ($f > 10^{18}$ Hz), donc de grande énergie et extrêmement pénétrant.

- ① Donner la composition (nombre de protons et de neutrons) du césium 137 ($^{137}_{55}\text{Cs}$).
- ② Donner le nom de l'appareil de comptage des radiations.
- ③ Définir la notion de radioactivité. Utiliser les termes noyaux instables, désintégration.
- ④ Donner le nom des différents types de radioactivité.
- ⑤ Donner le nom de la particule émise par le césium 137 ($^{137}_{55}\text{Cs}$).
- ⑥ Donner la nature de l'émission gamma (γ).

3 Caractère aléatoire d'une désintégration radioactive

- ① On réalisera une simulation de désintégration radioactive en utilisant l'animation CRAB. La source radioactive est constituée de césium 137. Pour cela, lancer le lecteur "flashplayer" puis ouvrir l'animation "CRAB.swf". Régler les paramètres du compteur :
 - Distance source : $D = 12,0$ cm
 - Durée d'un comptage : $2,00$ s

— Epaisseur écran d'aluminium : 2,0 mm

- ② Lancer le comptage en appuyant sur le bouton "lecture" ou la barre espace du clavier. Noter le nombre N de désintégrations enregistrées par le compteur dans le fichier "TP23_vide". Effectuer 50 comptages.
- ③ Tracer la courbe de la fréquence en fonction du nombre N d'intervalle de désintégrations. Imprimer la courbe uniquement.
- ④ Pourquoi dit-on que le résultat des comptages est aléatoire ?
- ⑤ Calculer la valeur moyenne N_{moy} du nombre de désintégrations. Noter cette valeur dans le compte rendu.
- ⑥ Donner la valeur du nombre N de désintégrations le plus fréquent.

4 Nombre de désintégrations en fonction du temps

- ① Garder les mêmes paramètres que précédemment. Puis réaliser un comptage pour les durées suivantes : 1 s, 2 s, 5 s, 10 s, 15 s et 20 s. Compléter un tableau en indiquant le nombre de désintégrations et la durée du comptage.
- ② Ajouter une colonne au tableau précédant permettant de calculer le nombre n de désintégration par seconde.
- ③ Que peut-on dire du nombre de désintégrations par seconde pour les différentes durées de comptage ?

5 Absorption des électrons et des rayons gamma par des écrans en aluminium et en plomb

5.1 Ecran d'aluminium

- ① On place la source à une distance $D = 12,0$ cm. On interpose entre la source et le détecteur des écrans en aluminium de 0 mm à 2 mm (variant de 0,1 mm jusqu'à 0,6 mm puis 0,2 mm jusqu'à 2 mm). Pour chaque épaisseur d'écran on réalise un comptage du nombre de désintégrations (comptage des électrons et des rayonnements gamma) d'une durée de 10 s. Compléter un tableau en indiquant l'épaisseur e de l'écran d'aluminium et le nombre de désintégration N .
- ② Tracer le courbe du nombre de désintégrations N en fonction de l'épaisseur de l'écran d'aluminium e .
- ③ Que peut-on dire du nombre de désintégrations détectées lorsque l'épaisseur augmente ?
- ④ Pourquoi, à partir d'une certaine épaisseur, le nombre de désintégrations ne varie-t-il plus ?
- ⑤ A partir de la courbe, déterminer l'épaisseur de demi absorption $e_{1/2}$ de l'aluminium pour les électrons c'est à dire l'épaisseur à partir de laquelle le nombre de désintégrations est divisé par 2.

5.2 Ecran de plomb

- ① On place la source à une distance $D = 12,0$ cm. On interpose entre la source et le détecteur un écran en aluminium 2 mm qui absorbera tous les électrons puis des écrans en plomb de 0 cm à 1 cm (variant de 0,1 cm jusqu'à 1 cm). Pour chaque épaisseur d'écran on réalise un comptage du nombre de désintégrations (comptage des rayonnements gamma) d'une durée de 10 s. Compléter un tableau en indiquant l'épaisseur e de l'écran de plomb et le nombre de désintégration N .
- ② Tracer le courbe du nombre de désintégrations N en fonction de l'épaisseur de l'écran de plomb e .
- ③ Que peut-on dire du nombre de désintégrations détectées lorsque l'épaisseur augmente ?
- ④ A partir de la courbe, déterminer l'épaisseur de demi absorption $e_{1/2}$ du plomb pour les rayons gamma c'est à dire l'épaisseur à partir de laquelle le nombre de désintégrations est divisé par 2.

6 Influence de la distance de la source

On souhaite savoir si le nombre de désintégrations N est proportionnel à la distance D entre la source et le compteur.

- ① Proposer la simulation à réaliser pour répondre à cette question.
- ② Faire les mesures et les exploitations nécessaires pour répondre à cette question.