



EXPÉRIENCE

DEMI-VIE DU BARYUM 137

BUT

Durant ce laboratoire, vous allez apprendre à utiliser un compteur Geiger Müller afin de déterminer la demi-vie du Baryum 137m.

THÉORIE

Le taux de désintégration d'un échantillon radioactif est proportionnel au nombre de noyaux radioactifs présents (c'est-à-dire au nombre de noyaux qui n'ont pas encore été désintégrés). Si N est le nombre de noyaux radioactifs présents à un instant donné, le taux de variation de N est :

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

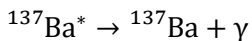
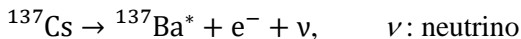
où λ est la *constante de désintégration*. Le signe négatif indique que N décroît dans le temps. Le taux de désintégration d'un échantillon R est souvent appelé activité radioactive de l'échantillon :

$$R = \left| \frac{dN}{dt} \right| = N_0 \lambda e^{-\lambda t} = R_0 e^{-\lambda t}$$

La constante N_0 représente le nombre de noyaux radioactifs à $t = 0$. Par ailleurs, $R_0 = N_0 \lambda$ est le taux de désintégration à $t = 0$. Pour caractériser la désintégration radioactive, on utilise la demi-vie ($T_{1/2}$), le temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs se sont désintégrés.

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

La réaction mise en jeu



Le césium 137 utilisé ici a une demi-vie d'environ trente ans. Il se transforme en baryum 137 métastable. Cette transformation se fait suivant deux voies différentes :

7 % des noyaux : émission d'une particule bêta d'énergie maximum 1,18 MeV.

93 % des noyaux : émission d'une particule bêta d'énergie maximum 0,51 MeV. Dix fois sur onze, cette particule bêta est accompagnée de l'émission d'un

rayonnement gamma (γ) de 662 keV d'énergie. Une fois sur onze, l'émission du gamma est remplacée par celle d'un électron (dit « *électron de conversion* ») de 625 keV, issu du cortège électronique de l'atome.

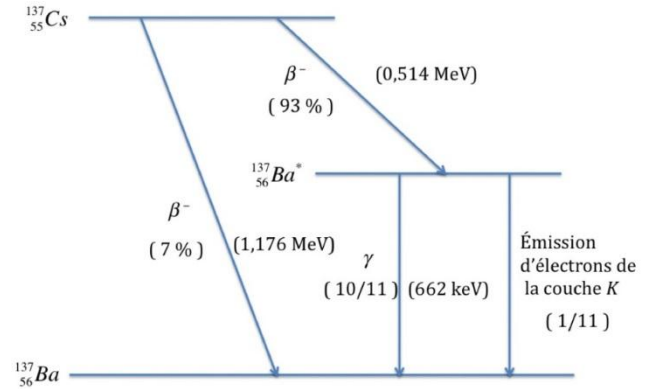


Figure 1 Désintégration du Césium

En moyenne, pour 1000 atomes de césium 137 qui se transforment en baryum 137, on a émission de :

- 845 gamma ($1\ 000 \times 0,93 \times \frac{10}{11}$) et
 - 1085 bêta ($1\ 000 \times (0,07 + 0,93 + \frac{0,93}{11})$)
- soit : 70 bêta de 1,176 MeV,
930 bêta de 0,514 MeV et
85 bêta de 0,625 MeV.

Le mini générateur

La substance génératrice est conservée dans un générateur de radio-isotopes Cs/Ba 137m. Les isotopes métastables Ba 137m engendrés lors de la désintégration du Cs 137 sont élués du générateur de radio-isotopes au début de l'expérience. Ensuite l'activité de l'éluât est enregistrée.



Figure 2 Mini générateur

Description du compteur Geiger Muller

Un compteur Geiger Muller (GM) consiste en une cathode cylindrique, sous la forme d'un revêtement en graphite conducteur déposé sur la face interne d'un

cylindre, et d'une anode sous la forme d'un fil de tungstène tendu à l'intérieur du cylindre. Le cylindre est rempli d'un mélange de gaz inerte (argon ou néon) à une pression de 100 Torr et d'un gaz *d'amortissement* (vapeur de gaz halogène) à une pression de 10 Torr. Pour permettre aux particules ionisantes (électrons, photons, ...) de rentrer à l'intérieur du détecteur, l'extrémité du tube est bouchée par une très fine feuille de mica.

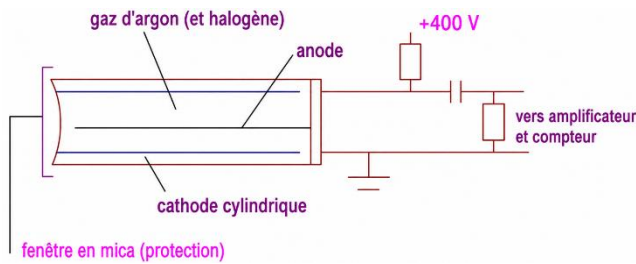


Figure 3 :Compteur Geiger Müller

Principe de fonctionnement

Pour faire fonctionner le détecteur, on applique une différence de potentiel de quelques centaines de volts entre l'anode et la cathode afin d'obtenir un champ électrique radial important au voisinage du fil d'anode.

Sous ces conditions, les électrons produits lors de l'ionisation du gaz par une particule de grande énergie vont être accélérés en direction du fil et acquérir une grande vitesse sur une courte distance. Cette vitesse élevée va permettre à ces électrons d'ioniser à leur tour d'autres atomes, et de libérer de nouveaux électrons. Cette multiplication des charges se répète très rapidement et produit une avalanche d'électrons autour du fil anodique.

Le taux de comptage d'un compteur GM va dépendre de la tension appliquée entre anode et cathode. Si la tension est trop faible, les électrons d'ionisation se recombinent avec les ions et on ne mesure aucun signal électrique. Au delà d'une tension seuil, on observe un signal lié à l'avalanche des électrons d'ionisation sur le fil anodique. Cette tension seuil est fonction du gaz utilisé et du diamètre de l'anode. Au delà de cette tension seuil V_s , de plus en plus de coups sont mesurés. Cependant, sur une plage importante de tensions, ce nombre de coups est quasiment indépendant de la tension appliquée. On appelle cette zone le *plateau*. Le point de fonctionnement V_f sera choisi au milieu du plateau.

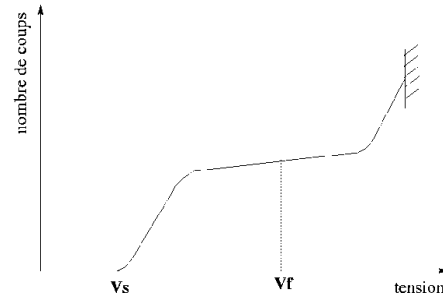


Figure 5 Point de fonctionnement du compteur Geiger Müller

ÉQUIPEMENT

- Minigénérateur
- Compteur Geiger
- Baryum (demi-vie = 2,55 minutes (153 s))
- Chronomètre



Figure 5 ST-160

MANIPULATIONS

Pour cette partie, assurez-vous d'abord de bien comprendre à l'avance toutes les procédures et préparez l'appareil avant de demander l'échantillon. Le taux de radioactivité décroît rapidement et vous voulez avoir des valeurs dès le début de l'activité radioactive. Faites un essai de manipulations avec le chronomètre pour vous assurer d'être en mesure de commencer les mesures officielles dès que vous aurez l'échantillon en main.

1. Ajustez la tension à 500 Volts (bouton H.V. et UP/DOWN).
2. Ajustez TIME à 10 s.
3. Avant d'utiliser un échantillon radioactif, faites 5 mesures d'activité pour 10 secondes pour connaître l'activité naturelle captée par votre appareil. Faites la moyenne des 5 valeurs et indiquez cette valeur dans votre rapport.
4. Lisez d'avance toutes les consignes qui suivent pour être prêts à procéder aux mesures immédiatement en recevant un échantillon

radioactif :

5. Obtenez un échantillon contenant du Ba-137m auprès de votre professeur (8 gouttes)
6. Installez l'échantillon radioactif sur le deuxième étage sous le détecteur. Faites vite car la demi-vie est courte.
7. Démarrez le chronomètre pour 10 minutes au même moment que vous faites un premier décompte des coups en 10 secondes (en appuyant sur COUNT). Notez le nombre de coups observés au tableau 1 (vous avez 20 secondes pour le faire).
8. Lorsque le chronomètre atteint 30 secondes, lancez à nouveau un décompte des coups pour 10 secondes.
9. Continuez ainsi en prenant des lectures de 10 secondes à toutes les 30 secondes durant 10 minutes.
10. Calculez l'activité corrigée (pour 10 s) en soustrayant de chaque valeur l'activité naturelle mesurée plus tôt pour cette durée.
11. Faites un premier graphique R en fonction du temps.
12. Faites un second graphique de $\ln(R)$ en fonction du temps.

CALCUL DE LA DEMI-VIE

Première méthode

Une première méthode consiste à regarder le graphique de R en fonction du temps.

À partir du tableau ou du graphique $R(t)$, choisissez 2 valeurs d'activité telles que la première est le double de la seconde (ou le plus près possible du double). La différence des temps associés à ces valeurs représente la demi-vie. Remarque : trouvez ces deux instants parmi les premières mesures de l'expérience pourrait réduire l'erreur causée par le bruit.

Activité 1 = _____ au temps t_1 : _____

Activité 2 = _____ au temps t_2 : _____

La demi-vie $t_{1/2} = t_2 - t_1 =$ _____ s

Pourc. d'écart (vs demi-vie théorique) : _____

Deuxième méthode

Vous pouvez également calculer la demi-vie à partir du graphique $\ln(R)=f(t)$: la pente de ce graphique représente $-\lambda$. Puisque $\lambda = \ln 2/t_{1/2}$, calculez la demi-vie.

La demi-vie $t_{1/2} =$ _____ s

Pourc. d'écart (vs demi-vie théorique) : _____

TRAVAIL À REMETTRE

- Page couverture;
- Tableau reproduit et complété
- Graphiques (2)
- Détails des calculs de $t_{1/2}$ par les deux méthodes (et écart expérimental)
- Date de remise : _____

Tableau 1. Calcul de la demi-vie du Ba 137m

Intervalle de mesure	Activités pour 10 secondes	Activité corrigée (10 s)	Instant central	Activités par minutes (R)	$\ln R$
---	dés.	Dés.	s	dés./min	
0:00 – 0:10		<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0:30 – 0:40		<input type="checkbox"/>	35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1:00 – 1:10		<input type="checkbox"/>	65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1:30 – 1:40		<input type="checkbox"/>	95	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2:00 – 2:10		<input type="checkbox"/>	125	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2:30 – 2:40		<input type="checkbox"/>	155	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3:00 – 3:10		<input type="checkbox"/>	185	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3:30 – 3:40		<input type="checkbox"/>	215	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4:00 – 4:10		<input type="checkbox"/>	245	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4:30 – 4:40		<input type="checkbox"/>	275	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5:00 – 5:10		<input type="checkbox"/>	305	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5:30 – 5:40		<input type="checkbox"/>	335	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6:00 – 6:10		<input type="checkbox"/>	365	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6:30 – 6:40		<input type="checkbox"/>	395	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7:00 – 7:10		<input type="checkbox"/>	425	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7:30 – 7:40		<input type="checkbox"/>	455	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8:00 – 8:10		<input type="checkbox"/>	485	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8:30 – 8:40		<input type="checkbox"/>	515	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9:00 – 9:10		<input type="checkbox"/>	545	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9:30 – 9:40		<input type="checkbox"/>	575	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10:00–10:10		<input type="checkbox"/>	605	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>