

Détermination de la demi-vie du Ba-137m

Tracé et exploitation de la courbe de désintégration avec CASSY

Objectifs de l'expérience

- Elution des isotopes Ba 137m métastables d'une préparation Cs 137.
- Mesure de l'activité de l'éluat en fonction du temps et détermination de la demi-vie du Ba 137m.

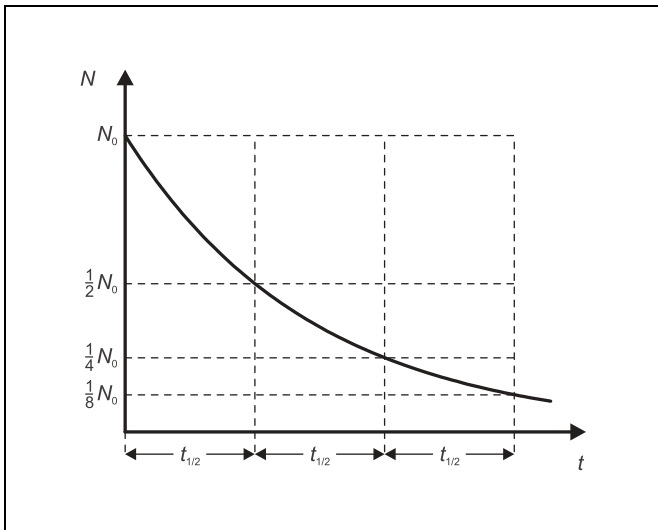
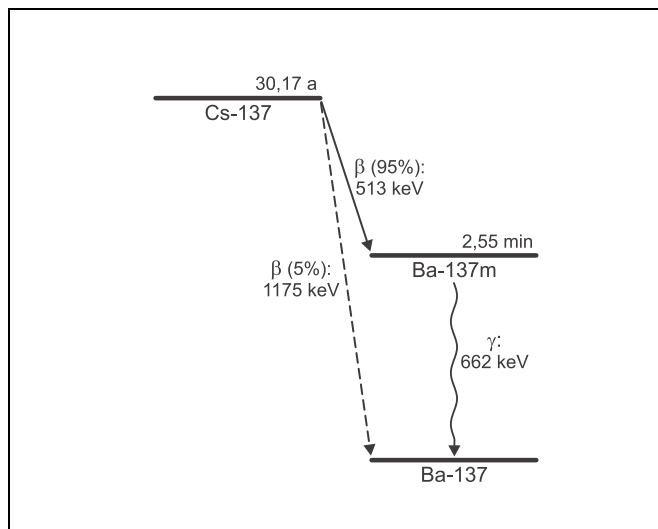


Fig. 1 Désintégration radioactive: nombre N des noyaux radioactifs en fonction du temps t .

Fig. 2 Schéma de désintégration simplifié du Cs-137



Principes de base

Si des noyaux radioactifs d'une sorte se trouvent dans un échantillon, ces noyaux d'atomes se désintègrent avec la même probabilité sans que le moment de cette désintégration puisse être prédit pour un noyau en particulier. Si l'on ne rajoute pas de noyaux radioactifs, leur nombre diminue au cours de l'intervalle de temps suivant dt de:

$$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt \tag{I}$$

λ : Constante de désintégration

Pour le nombre N , vaut ainsi la loi de désintégration

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

N_0 : Nombre de noyaux radioactifs au moment $t = 0$

Elle dit entre autre qu'après une demi-vie de

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \tag{III}$$

le nombre de noyaux radioactifs diminue de moitié (cf. fig. 1). Pour l'activité de l'échantillon, donc le nombre de désintégrations par unité de temps, vaut

$$A(t) = \lambda \cdot N(t) \tag{IV}$$

Ceci implique

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \text{ avec } A_0 = \lambda \cdot N_0 \tag{V}$$

ce qui signifie que l'activité $A(t)$ est également divisée par deux après la demi-vie.

L'expérience consiste à tracer la courbe de désintégration de l'état métastable Ba 137m de l'isotope Ba 137 et de déterminer la demi-vie. Le Ba 137 est un produit de filiation de la substance génératrice Cs 137 dont la demi-vie est d'environ 30 ans. Le Cs 137 se désintègre en émettant des rayons β et se transforme en Ba 137. Cette transition s'opère à 95 % dans l'état métastable Ba 137m (cf. fig. 2) qui, avec une demi-vie de seulement 2,551 min, se désintègre sous l'émission de rayons γ en l'état de base du Ba 137.

La substance génératrice est conservée dans un générateur de radio-isotopes Cs/Ba-137m. Les isotopes métastables Ba 137m engendrés lors de la désintégration β du Cs 137 sont élués du générateur de radio-isotopes au début de l'expérience avec une solution de chlorure de sodium acidifiée. Ensuite l'activité de l'éluat est enregistrée.

Matériel

1 Générateur de radio-isotopes Cs/Ba 137m	559 815
1 Tube compteur à fenêtre	559 01
1 Adaptateur GM	524 033
1 Capteur CASSY	524 010
1 CASSY lab	524 200
1 Pied en V	300 02
1 Tige, 47 cm	300 42
2 Noix Leybold	301 01
2 Pince universelle 0 ... 80 mm Ø	666 555
1 Jeu de 10 tubes a essais, 16 × 160 mm	664 043
1 Bécher, 250 ml, n.F., verre trempé	664 103

en outre nécessaire:

1 PC sous Windows 95 / 98 / NT

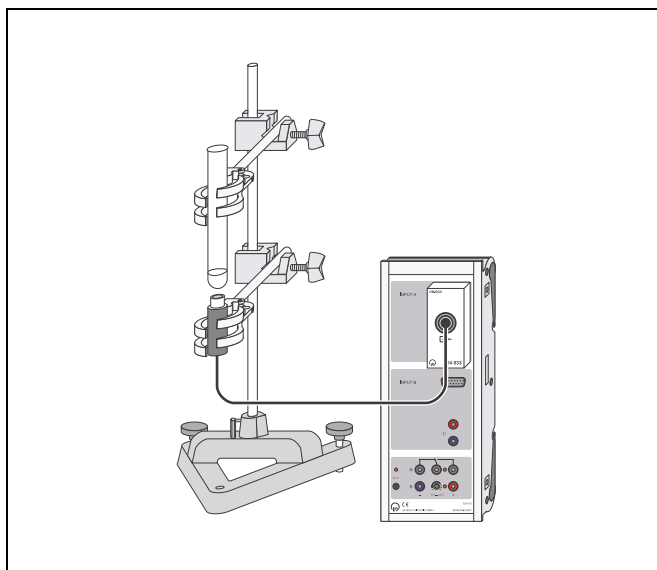


Fig. 3 Dispositif de l'expérience de tracé de la courbe de désintégration du Ba 137m métastable avec CASSY.

Remarques de sécurité

La manipulation de préparations radioactives est régie par des réglementations nationales, en République Fédérale d'Allemagne par exemple par l'ordonnance sur la protection radiologique (StrlSchV). Les substances radioactives utilisées dans l'expérience sont autorisées par la StrlSchV pour l'enseignement scolaire. Dans la mesure où ces substances génèrent des rayonnements ionisants, leur manipulation requière néanmoins le respect des consignes de sécurités suivantes:

- Protéger l'accès au générateur de radio-isotopes Cs/Ba-137m.
- Vérifier avant l'utilisation le bon fonctionnement du générateur de radio-isotopes Cs/Ba-137m.
- Ranger le générateur de radio-isotopes Cs/Ba-137m dans l'armoire pour la mise sous écran.
- Pour assurer le temps d'exposition le plus court possible et une activité la plus faible possible, retirez le *générateur de radio-isotopes Cs/Ba-137m* juste pour l'éluat du Ba-137m du boîtier de protection et portez impérativement des gants de laboratoire lors de l'éluat du Ba 137m.

Après environ 30 min, l'activité restante du Ba 137m dans l'éluat est d'un millième de l'activité au départ. La contamination de l'éluat par le Cs 137 est inférieure à 50 Bq/ml.

- Attendre environ une demi-heure avant d'éliminer l'éluat par la canalisation.

Montage

Le dispositif de l'expérience est présenté à la fig. 3.

- Fixez les pinces universelles à environ 6 cm de distance sur la tige.
- Placez le tube compteur à fenêtre vers le haut dans la pince universelle inférieure et ôtez la protection.
- Placez le tube à essais par-dessus à une distance d'environ 0,5 cm par rapport à la fenêtre d'entrée.
- Brancher le capteur CASSY sur l'entrée sérielle de l'ordinateur (par exemple sur COM1), enficher l'adaptateur GM et brancher le tube compteur de fenêtre.

Réalisation**Définition des paramètres de mesure:**

- Lancez le logiciel CASSY Lab et cliquez sur «actualiser dispositif» dans le répertoire «CASSY» de la fenêtre de dialogue «Paramètres».
- Cliquez sur la représentation de l'adaptateur GM et sélectionnez les réglages suivants:
Grandeur de mesure: «Rate RA1», domaine de mesure: «100 1/s»,
temps de portillonnage: 12 s
- Sélectionnez «Paramètres» dans le répertoire «Représentation» de la fenêtre de dialogue:
Axe x: t, axe y: RA1
- Sélectionnez comme paramètre de mesure:
- «Enregistrement automatique», «Intervalle: 100 ms»

Eluat du Ba 137m:

- Placez le tube en plastique sur la seringue, tirez environ 2-3 ml de la solution d'éluat dans la seringue et retirez ensuite le tube en plastique.
- Dévisser la protection sur le l'embout fileté du générateur de radio-isotopes Cs/Ba-137m (plaque signalétique bleue) et visser la pointe de la seringue (cf. fig. 4).
- Retirez la protection de l'embout de sortie du générateur de radio-isotopes Cs/Ba-137m et tenir l'ouverture d'écoulement sur le tube à essais.

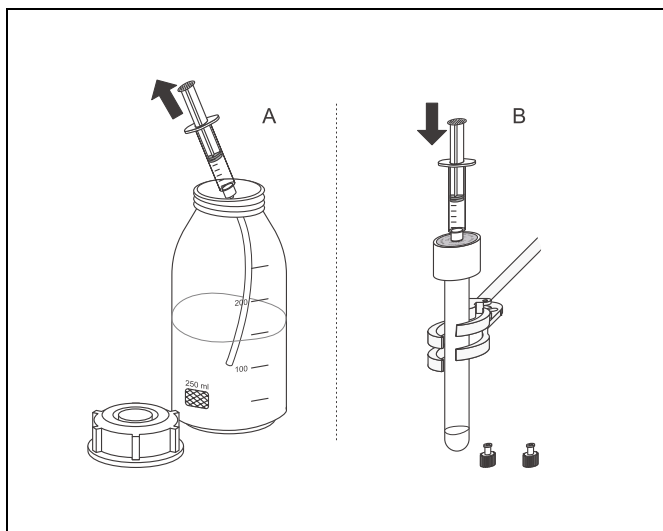




Fig. 4 Elution du Ba 137m à partir du générateur de radio-isotopes Cs/Ba 137m.

- Faites passer la solution d'éluion à travers le générateur de radio-isotopes Cs/Ba-137m en appuyant délicatement sur le piston de la seringue.

Le processus d'éluion ne doit pas prendre plus de 10–20 s.

Enregistrement des valeurs de mesure:

- Lancez l'enregistrement des valeurs de mesure au moyen du bouton  ou de la touche F9 et terminez après environ 700 s.
- Sauvegarder la mesure avec  ou F2 sous un nom prégnant.

Remarque:

L'équilibre radioactif entre le Cs-137 et le nucléide de filiation Ba-137m est rétabli après seulement 20 minutes. Il est ainsi possible de procéder à une autre éluion toutes les 20 minutes.

La durée de vie du générateur de radio-isotopes Cs/Ba-137m est limitée par les souillures dues au contact avec la solution d'éluion et qui bouchent les filtres très fins avec le temps. En utilisant la solution d'éluion originale très pure, le générateur peut être élué 500–1000mal.

Exemple de mesure et exploitation

Fig. 5 montre la courbe de désintégration du Ba-137m. Pour une exploitation plus fine et pour déterminer la demi-vie $t_{1/2}$:

- Cliquez dans le diagramme avec la touche droite de la souris, sélectionnez l'option de menu «réaliser adaptation → fonction exponentielle e^{-x} » et marquer le début et la fin du domaine d'adaptation avec la souris.
- Activez avec la combinaison de touches Alt+W la ligne horizontale et positionnez la avec la souris sur une valeur de comptage arrondie (par exemple 80 1/s).
- Positionnez d'autres lignes horizontales au niveau de la moitié, du quart et du huitième de la valeur sélectionnée.
- Activez avec la combinaison de touches Alt+S des lignes verticales et les positionner avec la souris sur les intersections de la courbe adaptée avec les lignes horizontales.
- Activez avec la combinaison de touches Alt+D la mesure de la différence et déterminez la demi-vie $t_{1/2}$ comme distance entre deux lignes verticales voisines.

A la fig. 5 on voit que $t_{1/2} = 145,2 \text{ s} = 2,42 \text{ min}$

Valeur indiquée par la littérature:

$$t_{1/2} = 153,08 \text{ s} = 2,5514 \text{ min}$$

Résultat

Le nombre $N(t)$ des noyaux non encore désintégrés d'une substance radioactive au moment t et son activité $A(t)$ diminuent exponentiellement avec le temps. La diminution est caractérisée par la demi-vie $t_{1/2}$. Elle indique après combien de temps le nombre ou l'activité a diminué de moitié par rapport à la valeur initiale.

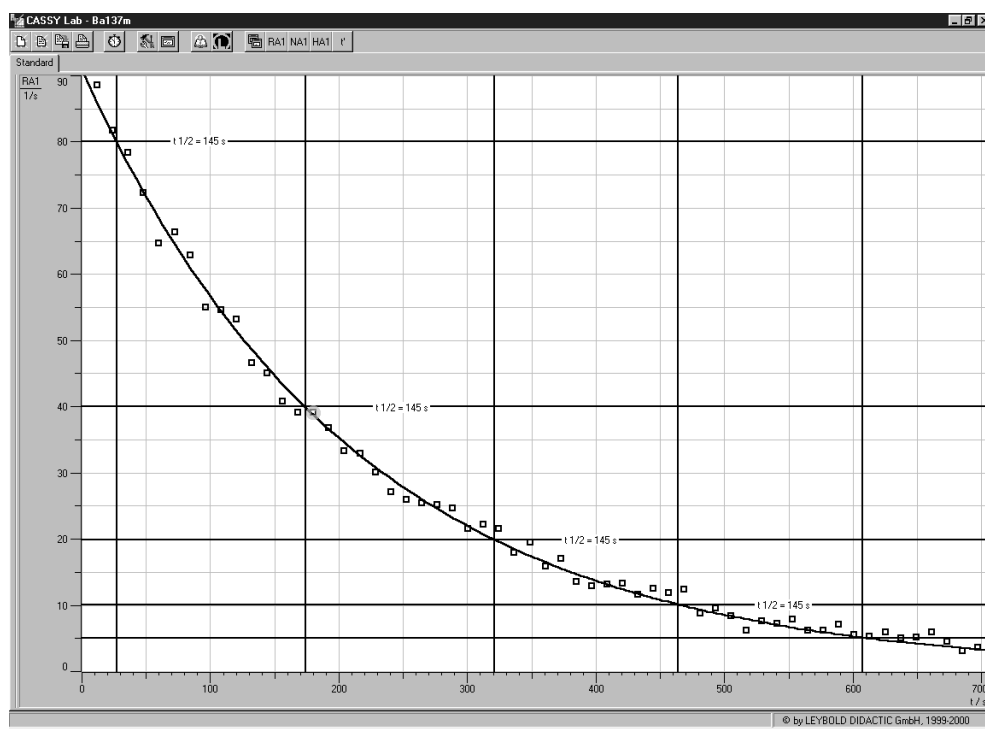


Fig. 5 Courbe de désintégration du Ba-137m, enregistré et exploité par CASSY