

ETUDE DES COURANTS D'ÉCHANGE DE MESONS DANS LES TRANSITIONS BETA

Présentée par :

Anas AIT ERROUHI

Encadrée par :

François DIDIERJEAN

Introduction

Désintégration radioactive de ^{134}Sn et sa fabrication (ALTO-IPN-ORSAY)

Installation TETRA

Etude expérimentale

Spectroscopie des rayonnements gamma

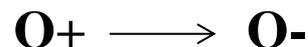
Spectre d'évolution de l'activité du ^{134}Sn et ^{134}Sb

Conclusion

❖ La désintégration radioactive bêta est un phénomène qui agit sur des noyaux en excès de protons ou de neutrons et qui donne naissance à des noyaux plus stables.

❖ Lors de cette désintégration, l'interaction forte, qui est responsable de la cohésion du noyau via l'interaction entre les nucléons (p,n), peut perturber les transitions bêta. Cet effet est appelé **courant d'échange de mésons** (pions π) (effet CEM).

❖ Cet effet est détectable et prédominant dans les transitions



BUT

**Observer l'effet CEM dans une
transformation d'un neutron en proton**

Désintégration radioactive du ^{134}Sn

❖ L'étain ^{134}Sn (Sn, numéro atomique 50) est un noyau riche en neutrons et qui se trouve dans l'état fondamental ($0+$).

❖ La désintégration radioactive bêta du ^{134}Sn donne naissance à l'antimoine ^{134}Sb (Sb, numéro atomique 51) à l'état fondamental ($0-$), ce dernier se désintègre de même vers le noyau tellure ^{134}Te (Te, numéro atomique 52) à l'état ($0+$).

❖ La filiation radioactive :



Xe132 0+ 26.9	Xe133 5.243 d 3/2+ β-	Xe134 0+ 10.4	Xe135 9.14 h 3/2+ β-	Xe136 2.36E21 y 0+ 8.9	Xe137 3.818 m 7/2- β-	Xe138 14.08 m 0+ β-	Xe139 39.68 s 3/2- β-
I131 8.02070 d 7/2+ β-	I132 2.295 h 4+ β-	I133 20.8 h 7/2+ β-	I134 52.5 m (4)+ β-	I135 6.57 h 7/2+ β-	I136 83.4 s (1-) β-	I137 24.5 s (7/2+) β-n	I138 6.49 s (2-) β-n
Te130 7.9E20 y 0+ β-	Te131 25.0 m 3/2+ β-	Te132 3.204 d 0+ β-	Te133 12.5 m (3/2+) β-	Te134 41.8 m 0+ β-	Te135 19.0 s (7/2-) β-	Te136 17.5 s 0+ β-n	Te137 2.49 s (7/2-) β-n
Sb129 4.40 h 7/2+ β-	Sb130 39.5 m (8-) β-	Sb131 23.03 m (7/2+) β-	Sb132 2.79 m (4+) β-	Sb133 2.5 m (7/2+) β-	Sb134 0.78 s (0-) β-	Sb135 1.71 s (7/2+) β-n	Sb136 0.82 s β-n, β-2n, ...
Sn128 59.07 m 0+ β-	Sn129 2.23 m (3/2+) β-	Sn130 3.72 m 0+ β-	Sn131 56.0 s (3/2+) β-	Sn132 39.7 s 0+ β-	Sn133 1.45 s (7/2-) β-n	Sn134 1.12 s 0+ β-n	Sn135
In127 1.09 s (9/2+) β-n	In128 0.84 s (3+) β-n	In129 0.61 s (9/2+) β-n	In130 0.32 s 1(-) β-n	In131 0.282 s (9/2+) β-n	In132 0.201 s (7-) β-n	In133 180 ms (9/2+) β-n	In134 138 ms β-n

❖ Lorsque l'énergie de séparation (limite de liaison du neutron dans le noyau) est supérieure à l'énergie d'excitation.

→ Emission de neutrons

❖ Les états liés décroissent vers l'état fondamental par émission de rayons gamma (ou par conversion interne)

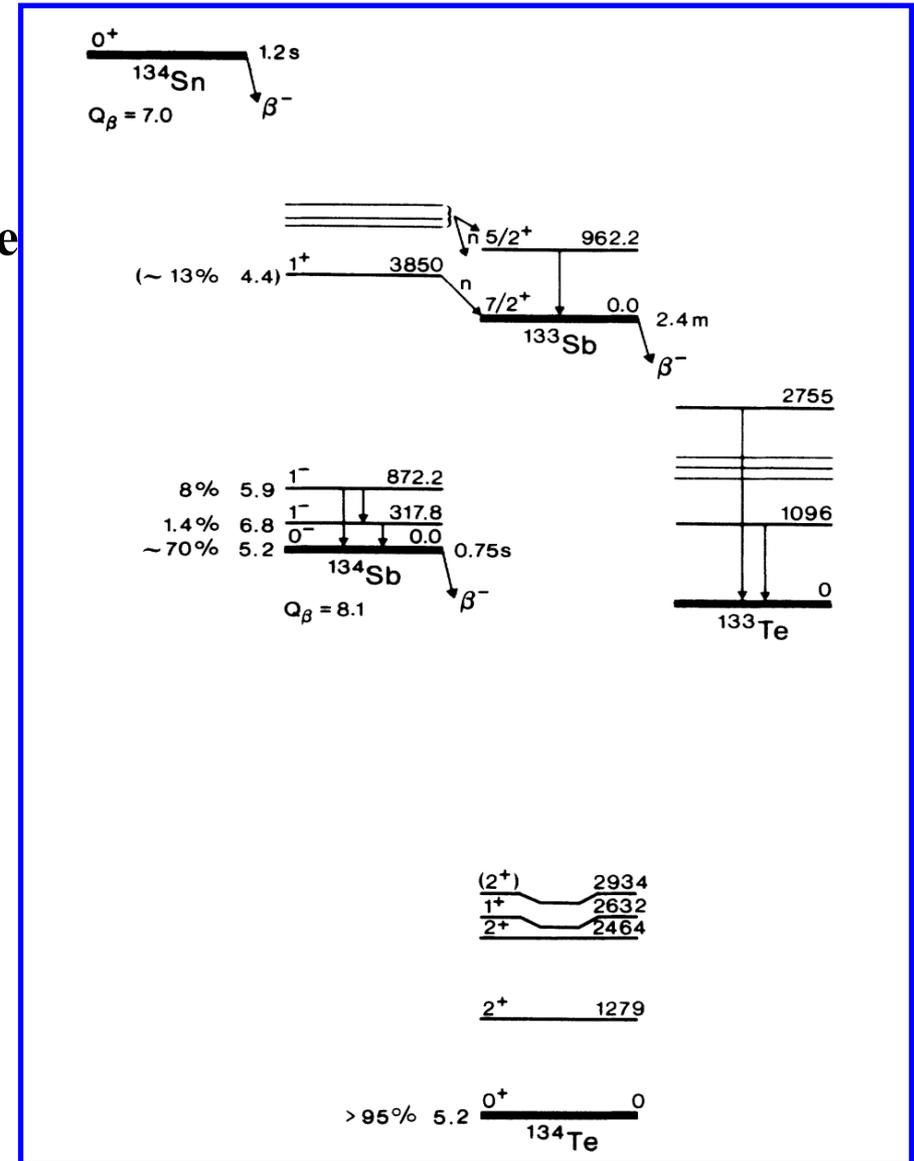


Figure : Schéma de désintégration de l'étain ^{134}Sn

Fabrication du ^{134}Sn

La production de l'élément ^{134}Sn se déroule à l'IPN (Institut de Physique Nucléaire d'Orsay) par l'utilisation de l'installation ALTO.

ALTO : l'installation est composée d'un accélérateur d'électrons, d'un ensemble cible-source et d'un séparateur de masse.

Le mode de production d'isotopes est réalisé par l'accélération d'électrons à 50 MeV.

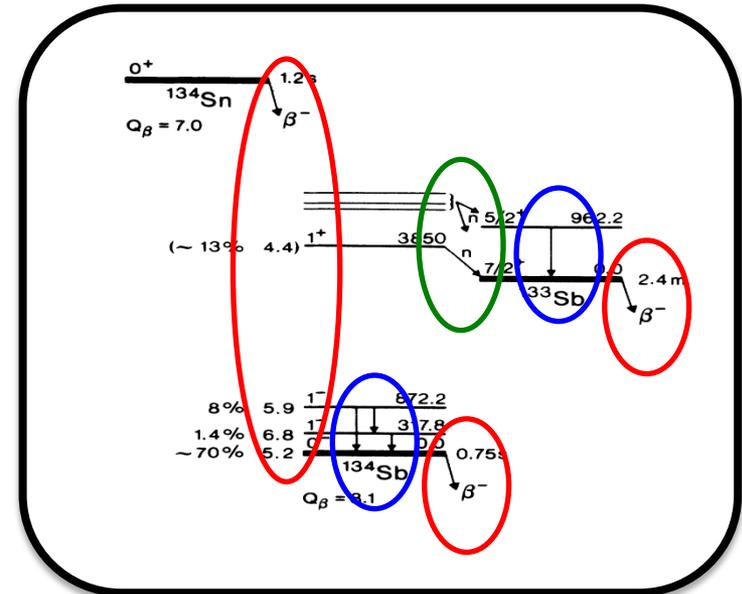
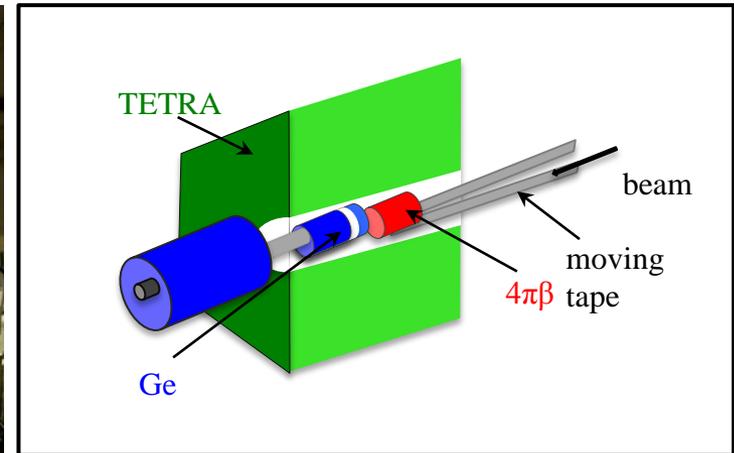
Près de la cible, l'électron va subir une déviation et ralentir en créant des photons de freinage qui vont fissionner avec l'Uranium ^{238}U .

Cette photo-fission crée un nombre d'éléments d'isotopes.

La sélectivité de ^{134}Sn se fait par un séparateur de masse.

D'après la sélection de l'élément à étudier, le faisceau est dirigé vers l'installation TETRA .

Cette installation permet la détection de l'ensemble des particules émises au cours d'une désintégration radioactive.



Particules β : les scintillateurs

Rayonnements γ : détecteur S-C (Ge)

Neutrons : TETRA

Spectroscopie des rayonnements gamma

Dans cette partie, on s'intéressera à :

- ❖ L'étalonnage en énergie
- ❖ Comparaison de la résolution spatiale des détecteurs
- ❖ Etude d'une source inconnue

On travaillera sur deux types de détecteur :

- ❖ Détecteurs à scintillation (BGO, LaBr₃)
- ❖ Détecteur semi-conducteur (Ge)

Les sources radioactives :

^{137}Cs : 661,66 keV

^{60}Co : 1173,23 keV

^{60}Co : 1332,21 keV

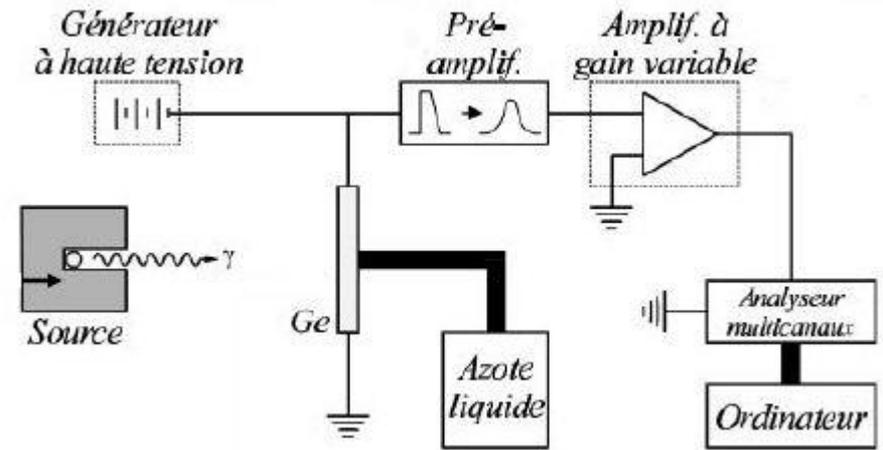
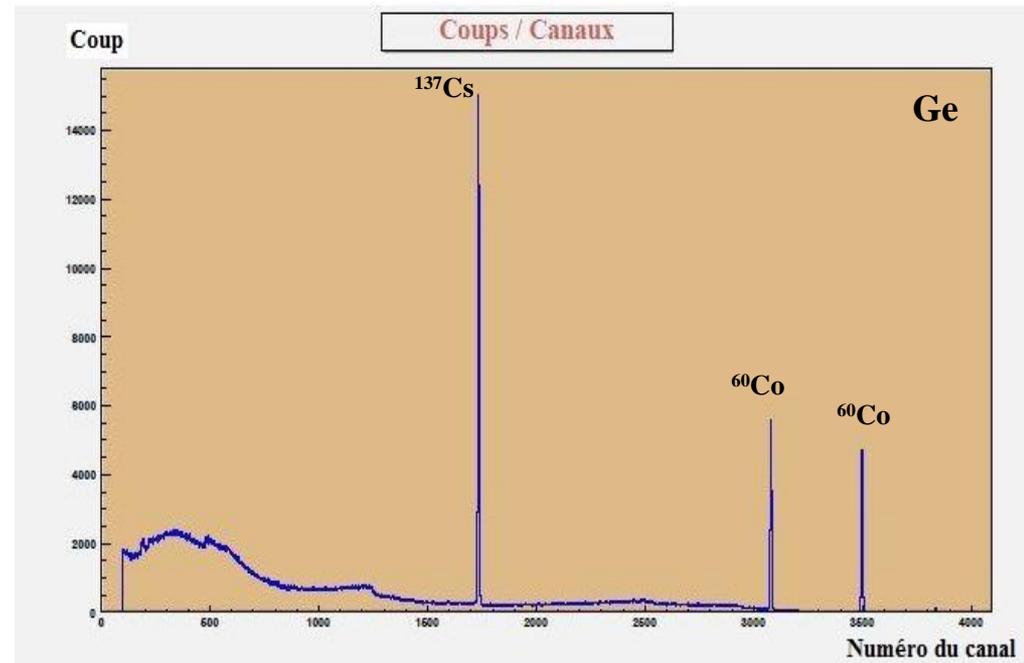


Figure : Schéma représentant la chaîne d'acquisition (détecteur semi-conducteur)



A la sortie, on obtient des spectres (nombres de canaux / coups) ainsi que l'apparition des trois pics correspondant aux rayons gamma du ^{137}Cs et ^{60}Co

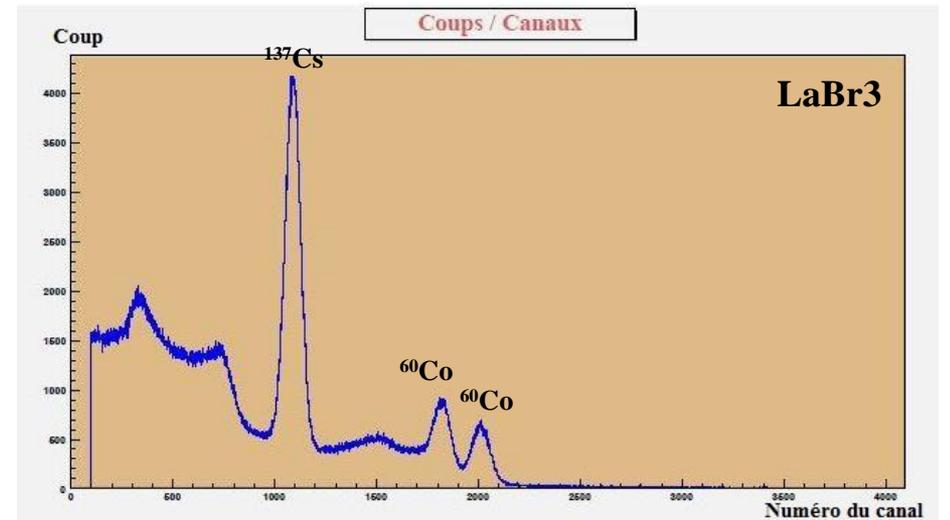
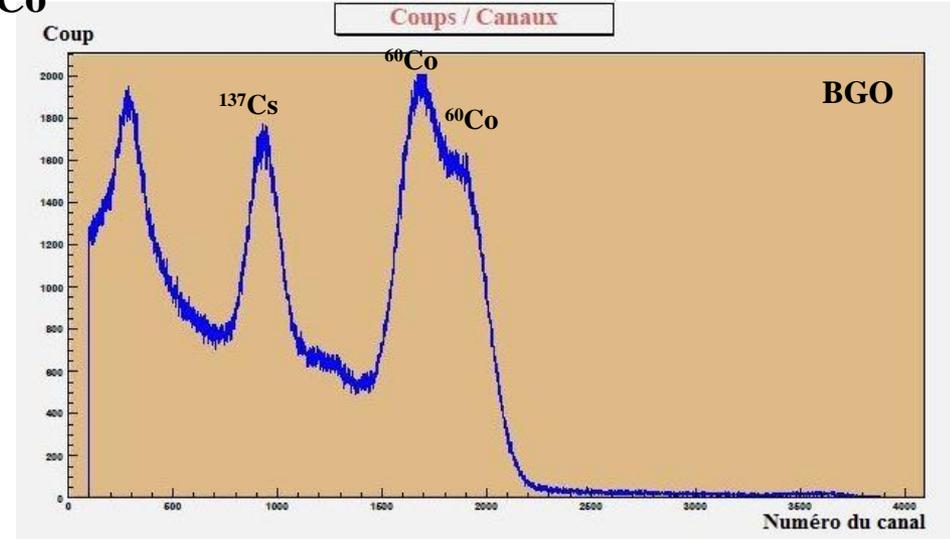
A l'aide de ROOT (logiciel informatique), on arrive à ajuster les trois pics présents dans les spectres.

Cet ajustement permet de connaître :

- ❖ La moyenne des pics
- ❖ La résolution en canal

Par exemple : pour le semi-conducteur (Ge) :

Energie en KeV	661,66	1173,23	1332,21
Moyenne	1734,78	3079,43	3498,5
Résolution en canal	2,9	3,21	3,28



Méthode pour la calibration en énergie :
régression linéaire par Excel

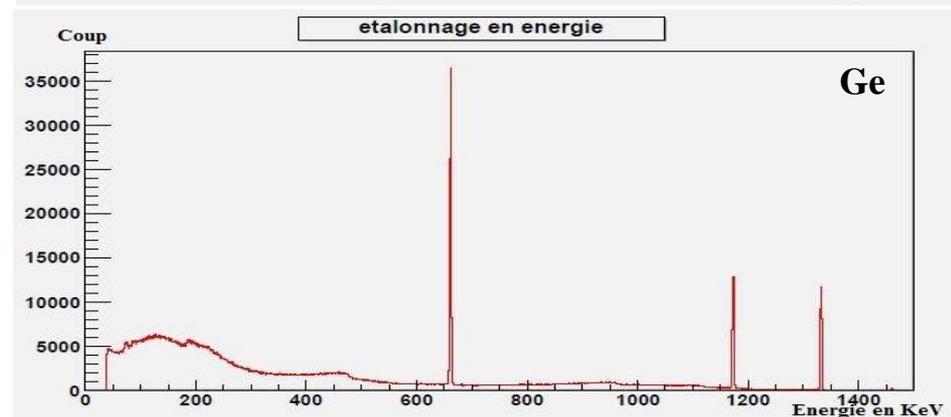
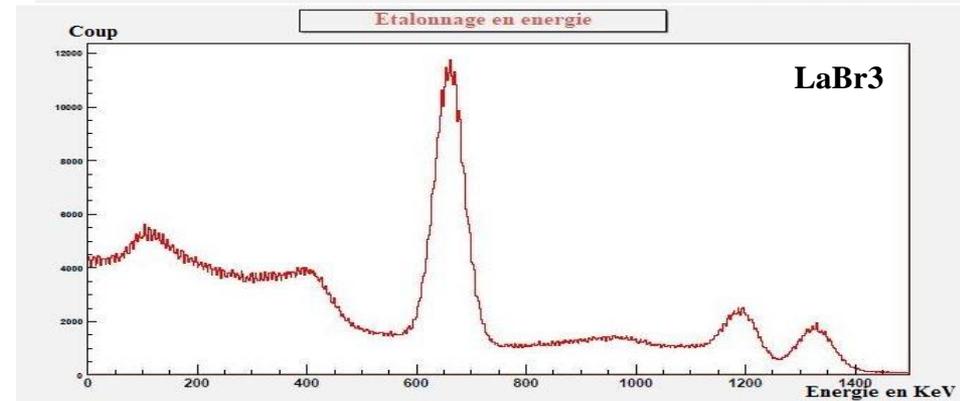
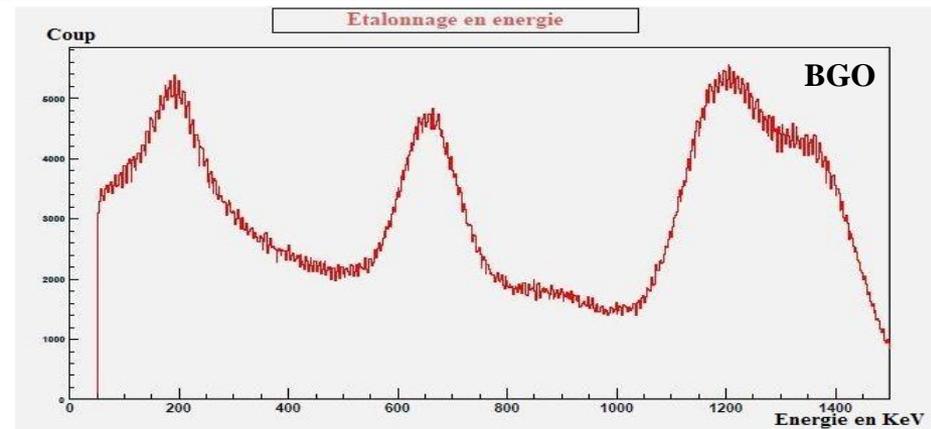
L'équation d'ajustement est :

$$\text{Energie} = 1,7418 + 0,380405 \times \text{canal}$$

Comparaison de la résolution
concernant le pic du Cobalt :

Semi-conducteur Ge : $\sigma = 1,10$ KeV
Scintillateur LaBr3 : $\sigma = 34,99$ KeV
Scintillateur BGO : $\sigma = 211,16$ KeV

$$\sigma_{\text{BGO}} > \sigma_{\text{LaBr}_3} > \sigma_{\text{Ge}}$$



Etude d'une source inconnue

L'utilisation du détecteur semi-conducteur (Ge) représente une bonne résolution .

❖ Par ROOT on retrouve la moyenne des pics

❖ Utilisation de l'équation d'ajustement du semi-conducteur

❖ $E_{\gamma 1} = (40,02 \text{ KeV})$

$E_{\gamma 2} = (121,8 \text{ KeV})$

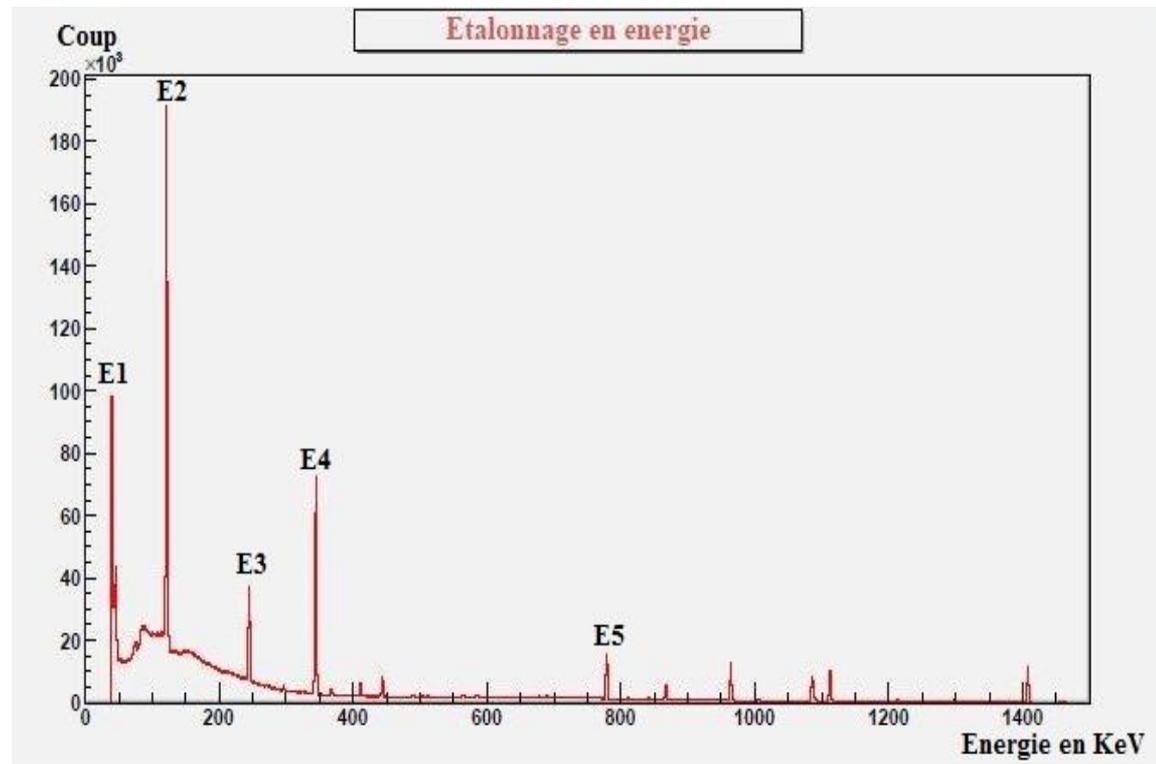
$E_{\gamma 3} = (264,7 \text{ KeV})$

$E_{\gamma 4} = (344,3 \text{ KeV})$

$E_{\gamma 5} = (777,83 \text{ KeV})$

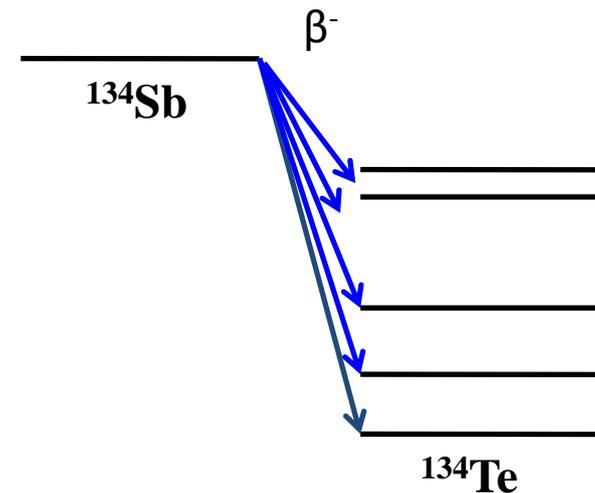
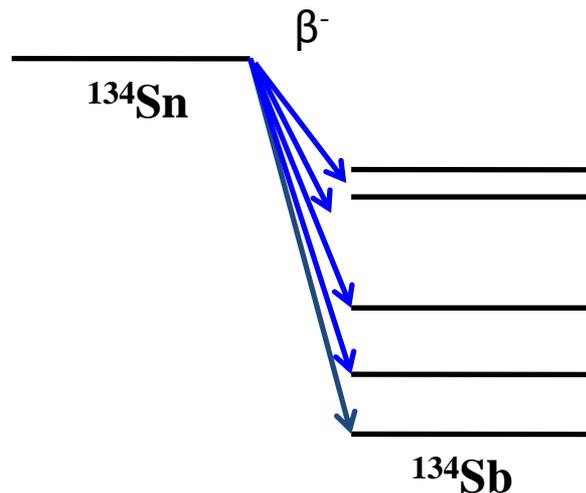
❖ D'après le tableau d'isotopes

↳ Europium ^{152}Eu



Spectre d'évolution de l'activité du ^{134}Sn et ^{134}Sb

Contrairement à la spectroscopie gamma, le détecteur affichera un spectre continu concernant la décroissance bêta.



Le détecteur n'arrivera pas à différencier l'origine des différentes décroissances bêta, donc s'il s'agit de la décroissance de l'étain ou de l'antimoine.

Les équations des décroissances de Sn et de Sb sont :

Période d'implantation

$$\frac{dN_{Sn}}{dt} = -\lambda_{Sn}N_{Sn} + \emptyset$$

$$\frac{dN_{Sb}}{dt} = +\lambda_{Sn}N_{Sn} - \lambda_{Sb}N_{Sb}$$

Période de décroissance

$$\frac{dN_{Sn}}{dt} = -\lambda_{Sn}N_{Sn}$$

$$\frac{dN_{Sb}}{dt} = +\lambda_{Sn}N_{Sn} - \lambda_{Sb}N_{Sb}^{12}$$

La résolution de ces équations

Période d'implantation

$$N_{Sn}(t) = \frac{\Phi}{\lambda_{Sn}} (1 - e^{-\lambda_{Sn}t})$$

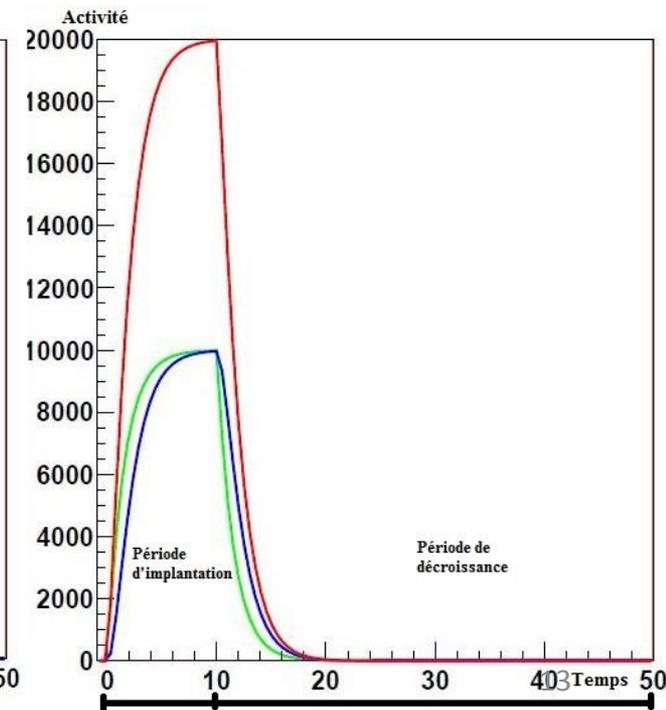
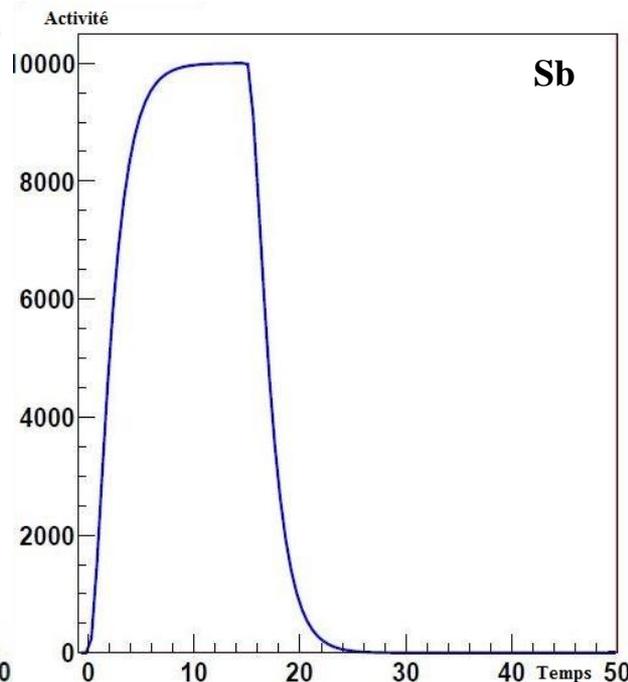
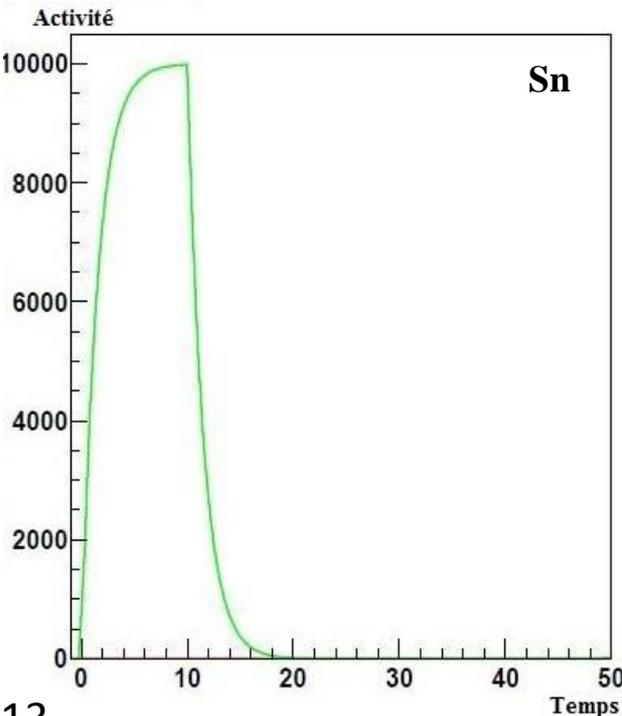
$$N_{Sb}(t) = \Phi \left(\frac{1 - e^{-\lambda_{Sb}t}}{\lambda_{Sb}} + \frac{e^{-\lambda_{Sn}t} - e^{-\lambda_{Sb}t}}{\lambda_{Sn} - \lambda_{Sb}} \right)$$

$$N_{Sb}(t) = \Phi \left(\frac{\lambda_{Sn}(1 - e^{-\lambda_{Sb}t_{col}})}{\lambda_{Sb}(\lambda_{Sn} - \lambda_{Sb})} e^{-\lambda_{Sb}(t-t_{col})} - \frac{1 - e^{-\lambda_{Sn}t_{col}}}{\lambda_{Sn} - \lambda_{Sb}} e^{-\lambda_{Sn}(t-t_{col})} \right)$$

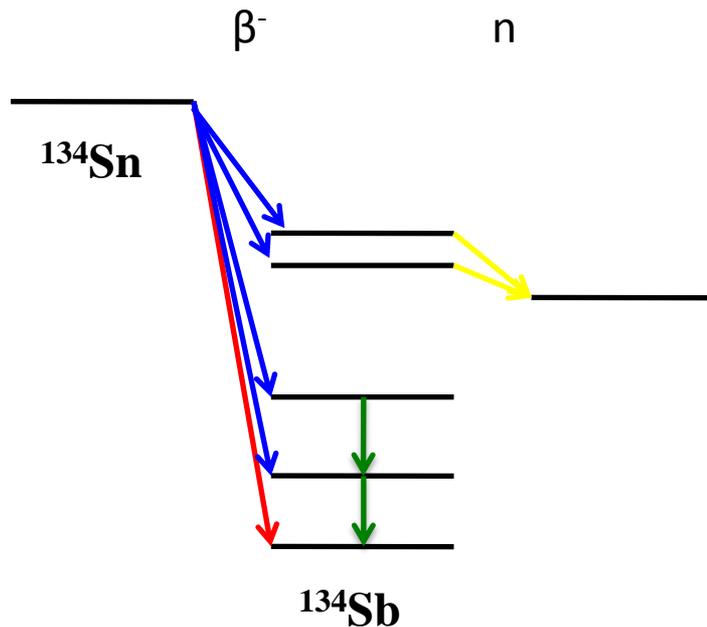
Période de décroissance

$$N_{Sn}(t) = \frac{\Phi}{\lambda_{Sn}} (e^{-\lambda_{Sn}(t-t_{col})} - e^{-\lambda_{Sb}t})$$

Spectre d'évolution de l'activité de Sn, de Sb et de l'activité totale



Pour observer l'effet du courant d'échange des mésons dans une désintégration bêta, on doit connaître **le nombre de décroissances vers l'état fondamental.**



$$I_{0+/0-} = I_{\beta_{tot}} - I_{\beta_{\gamma}} - I_{\beta_n}$$

$$I_{\beta_{\gamma}} = \text{Spectroscopie } \gamma$$

$$I_{\beta_n} = A \text{ partir de TETRA}$$

$$I_{\beta_{tot}} = \frac{\text{Intégrale d'implantation du Sn}}{\text{Intégrale totale}}$$

**MERCI POUR
VOTRE ATTENTION**

ETUDE DES COURANTS D'ÉCHANGE DE MESONS DANS LES TRANSITIONS BETA

Présentée par :

Anas AIT ERROUHI

Encadrée par :

François DIDIERJEAN