

TP N°2 : Etude et efficacité du détecteur Geiger Muller

1. Buts de TP

- Connaitre le principe de fonctionnement de compteur Geiger Muller (GM) (appareil de mesure de nombre de désintégrations par une durée de temps).
- Déterminer expérimentalement le point de fonctionnement de compteur GM.
- Mesurer le bruit de fond.

2. Partie théorique

A. Détecteur 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.

Lorsqu'une particule chargée (électron, proton, particule alpha , ...) traverse le gaz interne, elle ionise le gaz. Sous l'influence du champ électrique qui règne dans la chambre, les électrons vont être accélérés en direction du fil central 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 : cela permet d'amplifier plus d'un million de fois le signal initial qui était très faible.

➤ Tension seuil et tension de bon fonctionnement

Le taux de comptage d'un compteur GM est dépendu de la tension V appliquée entre anode et cathode.

Expérimentalement la variation de la tension V en fonction du nombre de désintégration d'une source radioactive prend la forme de la courbe de la figure 1.

D'après cette courbe, à partir d'une tension seuil V_s 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, de plus en plus de coups (désintégrations) 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*. La tension de bon fonctionnement V_f est choisi au milieu du plateau.

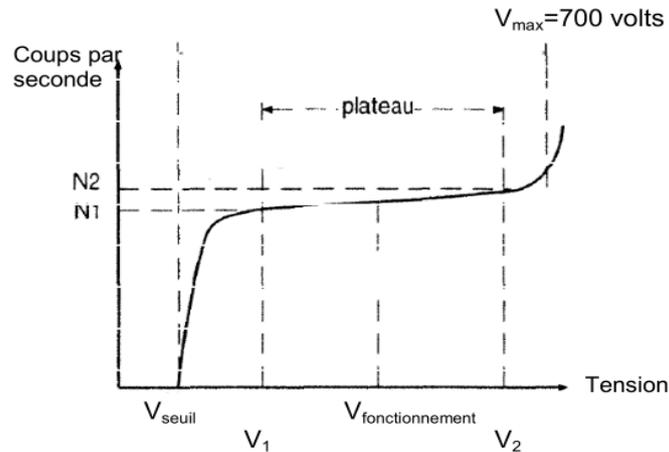


Figure 1 : Courbe caractéristique du compteur G-M

B. Consignes de sécurité relatives à l'utilisation des sources radioactives (Sources de rayonnement gamma)

Les sources radioactives scellées ne présentent pas de risque direct de contamination (contamination = ingestion ou inhalation d'éléments radioactifs).

Les sources radioactives présentent un risque d'irradiation, car les rayonnements émis par la source ionisent à distance.

Pour cela il est nécessaire de réduire l'exposition à une source radioactive dans le laboratoire par :

- minimiser le temps de contact pendant le déplacement de la source,
- maintenir la source éloignée de votre emplacement de travail,

replacer la source dans sa boîte individuelle en plomb dès que son utilisation n'est pas nécessaire.

3. Partie expérimentale

➤ Matériel nécessaire

Compteur GM, source radioactive de faible activité, alimentation de haute tension.

➤ Modes de mesures par le compteur GM

Trois modes de mesures sont possibles :

- en position *Manuel*, la durée du comptage est fixée par les commandes Départ et Arrêt commandées par le manipulateur.

- en position *Prétemps*, le temps de comptage est imposé. Il est fixé en secondes, minutes ou heures par le manipulateur.
- en position *Précompte*, le compteur s'arrête à un taux de comptage fixé à l'avance (la mesure est dite alors à "statistique constante" : la variable est le temps de comptage qui dépend de l'intensité du rayonnement).

Le compteur GM est installé sur une console à crémaillère qui permet de modifier sa distance à la source radioactive, fixe. Celle-ci est placée dans le logement inférieur d'un support à deux étages. La plateforme supérieure, percée d'un trou circulaire, permet d'intercaler des écrans absorbants entre la source et le compteur.

➤ Manipulation

Procéder de la manière suivante :

- Placer la source radioactive dans son logement. Rapprocher le compteur au plus près de la source et le centrer par rapport à celle-ci.
- Choisir la position *Manuel*. Augmenter progressivement la HT jusqu'à ce que l'affichage commence à détecter des impulsions. La tension correspondante donne un ordre de grandeur de la tension seuil V_s .
- pour la suite des mesures, pour effectuer un comptage, faire basculer le commutateur de fonction sur *Prétemps* et afficher le temps de comptage δt choisi.

➤ Travail demandé

Caractéristique du compteur Geiger Müller

Pour utiliser un compteur Geiger Müller, il faut au préalable déterminer son point (tension) de fonctionnement, en traçant sur une feuille de papier millimétré la caractéristique du compteur GM en mesurant le taux de comptage en fonction de la tension V donnée au compteur.

Pour ce but nous avons effectué une série de mesures tous les 20 Volts pour des valeurs allant $0 \leq V \leq 700$. La distance entre la source radioactive (Le Césium137) et le détecteur GM est fixée à 5 cm, et le temps de comptage est fixé à 20 s. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant :

V (Volts)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
A (Bq)	0	0	0	0	0	0	0	105	320	380	420	460
ΔA (Bq)												

V (Volts)	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460
A (Bq)	480	490	500	530	545	560	570	565	555	565	560	570

ΔA (Bq)												
-----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

V (Volts)	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700
A (Bq)	585	590	585	610	615	625	650	680	715	740	775	790
ΔA (Bq)												

1) Compléter le tableau en calculant l'incertitude de chaque comptage ΔA avec un intervalle de confiance à 95 %.

2) Tracer la courbe caractéristique du compteur qui passe par les barres d'incertitudes (à 95% de degré de confiance).

3) Déterminer graphiquement la tension seuil V_s à partir duquel le compteur enregistre des désintégrations, et la tension de bon fonctionnement V_f qu'on choisira au milieu du plateau.

Remarque : La valeur V_f sera conservée pour toutes les mesures effectuées par la suite.

Détermination du bruit de fond

On peut remarquer que le compteur détecte des impulsions (désintégrations) même en l'absence de toute source radioactive. Ces impulsions sont dues aux rayonnements environnants d'origine terrestre (radioactivité naturelle du sol), ou extraterrestre (rayons cosmiques). Elles peuvent être aussi l'effet de parasites des circuits électroniques (bruit de fond électronique). L'ensemble de ces impulsions constitue le *bruit de fond*.

Quand on veut mesurer le taux d'impulsions (la désintégration) dû au rayonnement d'une source radioactive, il faut retirer les impulsions parasites provoquées par le bruit de fond. Cette correction est d'autant plus nécessaire quand les sources étudiées ont des activités faibles.

Nous pouvons déterminer le bruit de fond par la manière suivante :

- se mettre le compteur GM au point de fonctionnement V_f ;
- les sources radioactives proches de compteur doivent être enfermées dans leur boîte en plomb;
- déterminer le nombre d'impulsions (activité) correspondant à un temps de comptage de 5 min.

En déduire le bruit de fond (A_{Bf}) et son incertitude à 95% de degré de confiance (ΔA_{Bf}) pour une durée de 1 seconde. On fait la même chose pour un temps de comptage δt quelconque.

$$A_{Bf} = 240 \frac{\text{désintégration}}{5\text{min}}, \quad \Delta A_{Bf} = \dots \text{désintégration}/5\text{min}$$

Déduire le bruit de fond pour un temps de comptage de $\delta t = 1s, 10s$ et $20s$.

Remarque : on peut déterminer statistiquement une valeur moyenne de A_{Bf} (voir TP2).