

1215

D.10

MESURE ABSOLUE DE L'ACTIVITE
NEUTRONIQUE D'UNE SOURCE DE ^{252}Cf

par

Pierre NICOLAS, Joël FREHAUT

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

Rapport CEA-R-4799

1977

Ca

SERVICE DE DOCUMENTATION

PLAN DE CLASSIFICATION DES RAPPORTS ET BIBLIOGRAPHIES CEA

(Classification du système international de documentation nucléaire SIDON/INIS)

A 11	Physique théorique	C 30	Utilisation des traceurs dans les sciences de la vie
A 12	Physique atomique et moléculaire	C 40	Sciences de la vie ; autres études
A 13	Physique de l'état condensé	C 50	Radioprotection et environnement
A 14	Physique des plasmas et réactions thermonucléaires		
A 15	Astrophysique, cosmologie et rayonnements cosmiques	D 10	Isotopes et sources de rayonnements
A 16	Conversion directe d'énergie	D 20	Applications des isotopes et des rayonnements
A 17	Physique des basses températures		
A 20	Physique des hautes énergies	E 11	Thermodynamique et mécanique des fluides
A 30	Physique neutronique et physique nucléaire	E 12	Cryogénie
		E 13	Installations pilotes et laboratoires
B 11	Analyse chimique et isotopique	E 14	Explosions nucléaires
B 12	Chimie minérale, chimie organique et physico-chimie	E 15	Installations pour manipulation de matériaux radioactifs
B 13	Radiochimie et chimie nucléaire		
B 14	Chimie sous rayonnement	E 16	Accélérateurs
B 15	Corrosion	E 17	Essais des matériaux
B 16	Traitement du combustible	E 20	Réacteurs nucléaires (en général)
B 21	Métaux et alliages (production et fabrication)	E 30	Réacteurs nucléaires (types)
B 22	Métaux et alliages (structure et propriétés physiques)	E 40	Instrumentation
B 23	Céramiques et ciments	E 50	Effluents et déchets radioactifs
B 24	Matières plastiques et autres matériaux		
B 25	Effets des rayonnements sur les propriétés physiques des matériaux	F 10	Économie
B 30	Sciences de la terre	F 20	Législation nucléaire
		F 30	Documentation nucléaire
		F 40	Sauvegarde et contrôle
C 10	Action de l'irradiation externe en biologie	F 50	Méthodes mathématiques et codes de calcul
C 20	Action des radioisotopes et leur cinétique	F 60	Divers

Rapport CEA-R-4799

Cote-matière de ce rapport : D.10

DESCRIPTION-MATIERE (mots clefs extraits du thesaurus SIDON/INIS)

<i>en français</i>	<i>en anglais</i>
DETECTION DES NEUTRONS	NEUTRON DETECTION
TUBES COMPTEURS A BF3	BF3 COUNTERS
SOURCES DE NEUTRONS	NEUTRON SOURCES
CALIFORNIUM 252	CALIFORNIUM 252
COMPTAGE ABSOLU	ABSOLUTE COUNTING
ETALONNAGE	CALIBRATION
NORMES D'ETALONNAGE	CALIBRATION STANDARDS
ERREURS	ERRORS
CORRECTIONS	CORRECTIONS
RENDMENT	EFFICIENCY
GEOMETRIE	GEOMETRY
TEMPS MORT	DEAD TIME
INFLUENCE DE L'ENERGIE	ENERGY DEPENDENCE
NEUTRONS INSTANTANES	PROMPT NEUTRONS
NEUTRONS RETARDES	DELAYED NEUTRONS
INFLUENCE DU TEMPS	TIME DEPENDENCE

- Rapport CEA-R-4799 -

NEANDC (E) - 176 "L"

INDC (FR) - 11/L

Centre d'Etudes de Bruyères-le-Châtel

MESURE ABSOLUE DE L'ACTIVITE NEUTRONIQUE
D'UNE SOURCE DE ^{252}Cf

par

Pierre NICOLAS, Joël FREHAUT

Février 1977

CEA-R-4799 - NICOLAS Pierre, FREHAUT Joël

MESURE ABSOLUE DE L'ACTIVITE NEUTRONIQUE D'UNE SOURCE DE ^{252}Cf

Sommaire.- Nous avons mis au point une méthode pour mesurer l'activité neutronique absolue d'une source de ^{252}Cf . Le détecteur de neutrons est composé de huit compteurs au BF₃ placés dans une cuve remplie d'eau qui joue le rôle de modérateur. L'efficacité de détection est déterminée à l'aide d'une autre source de ^{252}Cf , de faible activité. Le principe de cette détermination consiste à identifier chaque fission, puis à compter les neutrons correspondants détectés par les compteurs au BF₃ pendant un temps égal au temps de vie maximal de ces neutrons dans le milieu modérateur. Il est ainsi possible de déterminer l'efficacité par rapport au nombre moyen de neutrons prompts émis par fission spontanée du ^{252}Cf , qui est un paramètre bien connu. Nous avons analysé toutes les sources d'erreur possibles. La précision de la mesure peut être estimée à mieux que 1 %.

1977

26 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France.

CEA-R-4799 - NICOLAS Pierre, FREHAUT Joël

MEASUREMENT OF THE ABSOLUTE NEUTRON ACTIVITY OF A ^{252}Cf SOURCE

Summary.- We have developed a method for measuring the absolute neutron activity of a large ^{252}Cf source. The neutron counting assembly is composed of eight BF₃ counters mounted in a large tank filled with water which is used as a moderator. The detection efficiency is determined using a low activity ^{252}Cf source. The method is based on the identification of every fission event, followed by the counting of the fission neutrons detected by the BF₃ counters during a time interval equal to the maximum neutron lifetime in the moderator. The efficiency is thus obtained relative to the average number of prompt neutrons emitted per ^{252}Cf spontaneous fission which is commonly used as a standard. A systematic analysis of the different sources of error is presented. The measurement accuracy is estimated to be better than 1 %.

1977

26 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France.

- PLAN -

I - INTRODUCTION -

II - DISPOSITIF EXPERIMENTAL -

- 1° - Description du montage.
- 2° - Détection des neutrons.
- 3° - Montage électronique.
- 4° - Réglage d'une chaîne.

III - PRINCIPE DES MESURES -

- 1° - Généralités.
- 2° - Mesure de la probabilité de détection des neutrons de fission en fonction du temps.
- 3° - Mesure de l'efficacité (Figs. 2 et 7).
- 4° - Variation de l'efficacité de détection avec l'énergie des neutrons.
- 5° - Mesure de l'activité neutronique d'une source de ^{252}Cf .

IV - PRECISION DES MESURES ET CORRECTIONS APORTEES -

- 1° - Position de la source.
- 2° - Correction de temps mort.
- 3° - Correction sur la mesure d'efficacité.
- 4° - Seuil de détection des fragments de fission pour la mesure d'efficacité.
- 5° - Neutrons retardés.
- 6° - Autres sources d'erreur.
- 7° - Calcul d'erreur.

V - RESULTATS -

- 1° - Efficacité.
- 2° - Activité de la source à étalonner.

I - INTRODUCTION -

Les sources de neutrons sont fréquemment utilisées pour l'élaboration et la mise au point des expériences et mesures effectuées en physique nucléaire. Tout laboratoire utilisant ces sources est en principe équipé d'un ensemble détecteur de neutrons lui permettant de chiffrer avec une bonne précision l'activité d'une source donnée. Cependant il est assez difficile de réaliser des mesures absolues précises d'activité neutronique. En particulier, les sources d'erreurs systématiques sont nombreuses. Une solution à ce problème consiste à mesurer l'activité d'une même source en utilisant plusieurs méthodes de mesures différentes, pour lesquelles les sources d'erreurs systématiques sont différentes. L'ensemble des résultats obtenus permet alors une bonne estimation des erreurs systématiques et conduit à un étalonnage précis.

C'est dans cet esprit que le L.M.R.I. (Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants) a organisé l'intercomparaison des ensembles de mesures existant dans différents laboratoires français, en proposant la mesure absolue de l'activité neutronique d'une source de ^{252}Cf . Nous présentons dans ce rapport la mesure réalisée au Service P.N. de Bruyères-le-Châtel à l'aide d'un ensemble de détection comprenant 8 compteurs au BF₃.

II - DISPOSITIF EXPERIMENTAL -

1° - Description du montage.

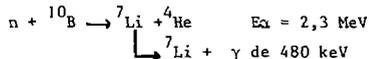
L'ensemble de détection utilisé (Fig.1) est constitué d'une cuve en tôle d'acier de forme cylindrique partiellement remplie d'eau. Un puits central permet de positionner la source à étalonner. Nous avons disposé verticalement à l'intérieur de la cuve huit compteurs au trifluorure de bore (BF₃), dans des plans diamétraux décalés de 45°. La distance R des compteurs à l'axe de la cuve varie de 10 cm à 17 cm, par pas de 1 cm. Cette disposition permet de mettre en évidence les variations de l'efficacité de détection avec l'énergie des neutrons (III.4).

Chaque compteur est placé dans un tube étanche en matière plastique. Une charpente en lucoflex supporte l'ensemble.

La source à étudier est centrée à l'intérieur d'un boîtier en plexiglass, que l'on place ensuite dans le puits central de la cuve, au niveau du milieu de la zone utile des compteurs.

2° - Détection des neutrons

Les détecteurs utilisés sont des compteurs proportionnels au BF₃ du type 73 NE 40/5. Ces détecteurs ont une longueur utile de 40 cm et sont basés sur la détection de la particule α qui résulte de la réaction :



La section efficace est de 3500 barns pour un neutron thermique. Les compteurs à BF₃ permettent surtout de détecter les neutrons thermiques. Dans notre dispositif expérimental les neutrons sont thermalisés par le boîtier contenant la source et par l'eau de la cuve.

3° - Montage électronique

La chaîne électronique associée à un compteur au BF₃ comprend un amplificateur de gain 1000, un discriminateur à seuil variable, et deux échelles de comptage (Fig.2). L'une des deux échelles de comptage, ainsi que la partie du montage notée "Logique fission", ne sont utilisées que lors des mesures d'efficacité (III.3). L'alimentation haute tension est commune à tous les compteurs.

4° - Réglage d'une chaîne

Il est d'abord nécessaire de déterminer le point de fonctionnement des compteurs. Pour cela, on place une source de neutrons dans la cuve et on porte sur un graphique le taux de comptage de chaque chaîne en fonction de la haute tension appliquée (Fig.3). On remarque que chaque courbe présente un palier à partir d'une certaine valeur de la haute tension. C'est dans cette région que le compteur est proportionnel. La haute tension a été fixée à 2550V pour tous les compteurs, ce qui correspond approximativement au milieu du palier de chaque compteur.

Il est également important de fixer convenablement le seuil de discrimination des impulsions issues d'un compteur après amplification (Fig.4). On constate une excellente séparation des impulsions utiles et du bruit de fond, ce qui permet un réglage facile du seuil de discrimination.

Dans les conditions de fonctionnement ainsi déterminées, l'efficacité d'un compteur est très peu sensible à une faible variation éventuelle de la haute tension ou du seuil de discrimination.

III - PRINCIPE DES MESURES

1) Généralités

Une mesure précise d'activité neutronique repose sur la connaissance, toute aussi précise, de l'efficacité du détecteur utilisé. Cette efficacité dépend de l'énergie des neutrons, et généralement la source à étalonner présente un spectre en énergie de neutrons assez large. Dans le cas présent il nous a semblé judicieux d'utiliser une source de ^{252}Cf de faible activité pour mesurer l'efficacité (III.4). La fission spontanée du ^{252}Cf est un phénomène très bien connu. Le nombre moyen de neutrons prompts émis par fission, $\bar{\nu}_p = 3,724 \pm 0,008$ [ref.1] et le spectre en énergie des neutrons du ^{252}Cf sont généralement utilisés comme standard.

La source que nous avons utilisée pour la mesure d'efficacité se présente sous la forme d'un dépôt mince. Elle est placée devant un détecteur semi-conducteur, ce qui permet de déterminer l'instant où une fission s'est produite, par la détection de l'un des fragments de fission. Les neutrons de fission, après thermalisation et capture sont détectés par les compteurs au BF₃. Le principe de la mesure consiste à compter les impulsions délivrées par chaque compteur juste après une fission, pendant un temps T correspondant à la durée de vie maximum des neutrons dans le milieu modérateur.

Cette durée de vie a été déterminée expérimentalement, selon la méthode présentée dans le paragraphe III.2. Les impulsions comptées correspondent non seulement à la détection des neutrons de fission, mais aussi à du bruit de fond. Ce dernier est mesuré en comptant de nouveau les impulsions fournies par les compteurs pendant un temps T, juste après la fin du premier comptage. Ces informations, accumulées pour un grand nombre de fissions, permettent de déterminer le nombre moyen de neutrons prompts détectés par fission qui, divisé par la valeur standard de $\bar{\nu}_p = 3,724$ donne l'efficacité moyenne de détection des neutrons pour une source de ^{252}Cf .

2 - Mesure de la probabilité de détection des neutrons de fission en fonction du temps.

Pour effectuer cette mesure nous avons utilisé un multichronomètre. Cet appareil permet de mesurer les temps séparant une impulsion (start) de N autres impulsions (stop), et ceci pendant une tranche de temps donnée. Les valeurs des temps mesurés sont disponibles sous forme digitale, donc directement accessibles par un bloc mémoire.

Nous utilisons la source de ^{252}Cf de faible activité mentionnée précédemment, que l'on place devant un détecteur à semi-conducteur. L'ensemble est monté à l'intérieur d'un boîtier en plexiglass, identique à celui utilisé pour l'étalonnage d'une source. Le tout est mis dans le puits central de la cuve. La source est située au niveau du milieu de la zone sensible des compteurs au BF3.

Les signaux issus du détecteur à semi-conducteur sont amplifiés, puis discriminés en amplitude afin d'éliminer ceux qui correspondent aux particules alpha et au bruit de fond. La figure 5 montre le spectre d'amplitude obtenu et la position du seuil.

Ces signaux synchrones des fissions sont appliqués à l'entrée "start" du multichronomètre. Les impulsions "stop" sont fournies par l'ensemble des détecteurs au BF3.

Nous présentons le résultat de cette mesure sur la figure 6. En examinant cette courbe, on peut constater que la probabilité de détecter un neutron passe par un maximum au temps $t = 6 \mu\text{s}$ et devient pratiquement nulle 0,8 ms après l'instant de la fission. Au delà de 0,8 ms le spectre est "blanc" et correspond donc à des impulsions de bruit de fond.

3 - Mesure de l'efficacité (Fig.2 et 7)

Nous utilisons le même dépôt mince de ^{252}Cf dans la géométrie et avec les réglages détaillés au paragraphe précédent. Dès la détection d'une fission, on génère un signal de porte d'une durée $T_1 = 1 \text{ ms}$. Un temps de 1 ms est suffisant pour détecter les neutrons de fission, comme l'indique la mesure du temps de vie des neutrons présentée dans le paragraphe précédent.

Un ensemble de huit échelles de comptage, chacune associée à un détecteur au BF3, est libéré pendant le temps T_1 . Pendant la durée de cette

porte nous comptons des neutrons et du bruit de fond.

Aussitôt après la fermeture de cette première porte, on déclenche un second signal de porte d'une durée identique $T_2 = 1$ ms. Un autre ensemble de comptage est débloqué pendant le temps T_2 . Chacune des huit échelles de cet ensemble enregistrera uniquement des impulsions correspondant à du bruit de fond.

Le discriminateur délivrant les impulsions synchrones des fissions est bloqué pendant le temps $T_1 + T_2 = 2$ ms. Ceci évite de déclencher un cycle de comptage alors que le précédent n'est pas encore terminé, ce qui peut se produire lorsque deux fissions sont séparées de moins de 2 ms. L'activité de la source étant faible, ce phénomène est très rare. Une échelle de comptage indépendante enregistre le nombre de fissions utiles.

L'efficacité de l'ensemble pour la détection des neutrons du ^{252}Cf est donnée par la formule :

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{i=8} (N_{1i} - N_{2i})}{N_F \bar{v}} \quad (1)$$

i = numéro du compteur

N_1 = Nombre d'événements neutron ou bruit de fond

N_2 = Nombre d'événements bruit de fond

N_F = Nombre de fissions utiles

\bar{v} = valeur standard du nombre moyen de neutrons prompts émis par fission pour le ^{252}Cf .

Pour pallier éventuellement le mauvais fonctionnement de l'un des compteurs, la somme de l'ensemble n'est effectuée qu'après la mesure. Les mesures d'efficacité étant relativement longues, le contenu de chaque échelle est imprimé sur une télétype et remis à zéro à intervalles de temps réguliers, ce qui permet de détecter d'éventuelles instabilités.

4 - Variation de l'efficacité de détection avec l'énergie des neutrons.

Nous avons vu qu'il était nécessaire de thermaliser les neutrons issus de la source pour pouvoir les détecter à l'aide des compteurs au BF3 (II.2). C'est l'ecu contenue dans la cuve qui joue le rôle de ralentisseur. En valeur moyenne, le parcours d'un neutron avant thermalisation croît avec

son énergie initiale. La disposition des compteurs telle que nous la décrivons en (II.1) nous permet donc de mettre en évidence l'influence de l'énergie des neutrons sur l'efficacité de détection.

Nous avons déterminé pour plusieurs sources de neutrons (^{252}Cf , ^{240}Pu et Ra-Be) l'efficacité relative du compteur n°1 par rapport aux sept autres compteurs, en calculant le rapport des taux de comptage. Les résultats sont portés dans le tableau I. Pour les sources de ^{252}Cf et de ^{240}Pu , dont les spectres en énergie des neutrons de la fission spontanée sont très proches, ces valeurs sont très voisines. Toutefois, elles augmentent un peu plus rapidement pour le ^{240}Pu qui présente un spectre un peu plus mou. Par contre les valeurs obtenues pour la source de RaBe sont très différentes et traduisent le fait que le spectre des neutrons émis par cette source est plus dur qu'un spectre de neutrons de fission. Cela montre bien l'utilité de la disposition en hélice adoptée pour les compteurs lorsqu'on veut comparer des sources de neutrons ayant des spectres différents.

5 - Mesure de l'activité neutronique d'une source de ^{252}Cf .

La source de neutrons dont on doit mesurer l'activité est placée à l'intérieur de l'ensemble de détection, dans les mêmes conditions géométriques que la source de ^{252}Cf lors de la mesure d'efficacité. On compte le nombre d'événements (neutrons ou bruit de fond) pendant un temps pré-réglé. Pour déterminer le bruit de fond de l'ensemble, une mesure identique est effectuée sans la source.

Une horloge commandant la mise en marche et l'arrêt de l'expérience permet de pré-régler la durée de chaque mesure.

Connaissant l'efficacité de l'ensemble de détection et la durée de la mesure, on en déduit l'activité neutronique de la source à étalonner :

$$A \text{ neutrons/seconde} = \frac{\sum_{i=1}^8 N_{1i} - N_{2i}}{\lambda t} \quad (2)$$

i = numéro du compteur

N_{1i} = Nombre d'événements neutron ou bruit de fond

N_{2i} = Nombre d'événements bruit de fond

t = temps de mesure en secondes

λ = efficacité

IV - PRECISION DES MESURES ET CORRECTIONS APORTEES

1 - Position de la source

Il est très difficile de centrer exactement la source de neutrons par rapport aux 8 compteurs. Pour pallier cet inconvénient, nous avons fait quatre mesures d'efficacité de durée identique, la source étant tournée chaque fois sur elle-même de 90°. Nous avons procédé de la même façon pour chaque mesure d'activité de la source à étalonner ; de plus, chacune d'entre elles a été intercalée entre deux mesures d'efficacité. C'est surtout lors des mesures d'activité que nous avons constaté des écarts non négligeables pour les différentes positions de la source. Les comptages observés sur l'un des compteurs illustrent bien le phénomène (Fig.8).

Dans chaque cas (mesure d'efficacité et étalonnage), la valeur retenue correspond à la moyenne des mesures effectuées aux quatre positions angulaires différentes.

2 - Correction de temps mort.

L'activité importante de la source à étalonner peut entraîner des pertes de comptage par temps mort. La figure 9 donne le schéma du montage électronique utilisé pour déterminer le temps mort relatif à chaque chaîne de comptage. On utilise les impulsions issues d'un même compteur pour déclencher à la fois l'entrée "start" et l'entrée "stop" d'un convertisseur temps amplitude. Un retard $\theta = 500$ ns a été incorporé dans le circuit "start". On mesure ainsi, au retard θ près, l'écart de temps minimum T_m séparant deux impulsions issues du même compteur.

Si T_p est le temps de mesure préréglé, le temps de mesure effectif T_e pour un compteur sera :

$$T_e = T_p - N.T_m$$

N est le nombre d'événements détectés par le compteur .

La figure 10 montre l'un des spectres de temps mort observé. La valeur du temps mort trouvée varie très peu d'une chaîne de comptage

à l'autre. La valeur moyenne que nous avons retenue est de 2 μ s, ce qui entraîne une correction de l'ordre de 0,7% sur le comptage brut de l'ensemble des compteurs.

3 - Correction sur la mesure d'efficacité

Les deux portes de comptage d'une durée de 1ms (Fig.7), sont délivrées par deux générateurs différents, et ne peuvent donc pas avoir des largeurs rigoureusement identiques. De ce fait, une erreur est possible sur la mesure du bruit de fond. Pour connaître l'ordre de grandeur de cette erreur, deux échelles de comptage, libérées respectivement par chacune des deux portes, comptent les impulsions venant d'un oscillateur 100 kHz. Nous obtenons ainsi le temps d'ouverture total de chacune des portes. Dans tous les cas la correction est inférieure à 1% sur la valeur finale de l'efficacité.

4 - Seuil de détection des fragments de fission pour la mesure d'efficacité

Le seuil de détection des fragments de fission doit être stable et réglé de façon précise. En plaçant ce seuil trop bas on risque de déclencher les deux portes de comptage sur des événements "alpha". D'autre part, en le plaçant trop haut on favorise certains types de fission. Nous n'avons pas constaté de variation sensible de l'efficacité lors d'un essai avec un seuil haut (Fig.5). Nous estimons donc que le réglage du seuil n'entraîne pas d'erreur sur la valeur mesurée de l'efficacité.

5 - Neutrons retardés.

Lors de la décroissance des "produits de fission" vers un état stable, il y a parfois émission de neutrons. Ces neutrons sont appelés "neutrons retardés". Le nombre moyen de neutrons retardés émis par fission pour ^{252}Cf est $\bar{\nu}_r = 0,009$ [ref.2] ce qui représente environ 0,25% du nombre total de neutrons émis par fission $\bar{\nu}_t = 3,733$.

Ces neutrons n'interviennent pas dans la mesure d'efficacité mais ils sont comptés lors de la mesure d'activité neutronique. Le spectre en énergie des neutrons retardés [3] n'est pas très différent de celui des neutrons prompts, ils sont donc détectés avec une efficacité voisine.

Compte tenu de la faible contribution des neutrons retardés, cette légère différence d'efficacité est tout à fait négligeable.

6 - Autres sources d'erreur.

L'efficacité de détection a été déterminée à partir de la valeur standard de \bar{v}_p pour la fission spontanée du ^{252}Cf . Il est possible qu'une partie des neutrons émis par la source à étalonner proviennent d'un autre isotope ou élément spontanément fissile, ou même de réactions (α, n) si un élément léger pollue la source. Dans ce cas les neutrons émis n'ont pas le même spectre en énergie que celui des neutrons de la fission spontanée du ^{252}Cf , ils ne sont donc pas détectés avec la même efficacité. Devant l'absence de renseignements précis concernant la source à étalonner nous avons implicitement admis que l'activité était uniquement due à la fission spontanée du ^{252}Cf .

7 - Calcul d'erreur

Les erreurs statistiques sont calculées à partir des formules (1) et (2).

- Efficacité λ

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\sqrt{\overline{N_1} + \overline{N_2}}}{\overline{N_1} - \overline{N_2}}$$

- Activité A

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\sqrt{\overline{N'_1} + \overline{N'_2}}}{\overline{N'_1} - \overline{N'_2}} + \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

Les barres d'erreur que nous donnons ne comportent que cette erreur statistique, et n'incluent pas en particulier l'erreur sur la valeur standard de \bar{v}_p pour le ^{252}Cf qui est [1]

$$\bar{v}_p = 3,724 \pm 0,008$$

Lorsque nous avons utilisé plusieurs mesures indépendantes pour aboutir au résultat, les valeurs ont été pondérées quadratiquement.

V - RESULTATS

1 - Efficacité

Nous donnons (tableau II) les valeurs de l'efficacité pour l'ensemble des compteurs et pour les différentes positions angulaires relatives du dépôt de ^{252}Cf . La mesure n°5, effectuée pour la même position de la source de ^{252}Cf que la mesure n°1, nous permet de vérifier la stabilité de l'ensemble de détection. Pour calculer l'efficacité nous utilisons uniquement les mesures 1, 2, 3, et 4 effectuées chacune pour une position différente de la source de ^{252}Cf (§ IV.1.).

La précision statistique étant la même pour chaque mesure, nous prenons la valeur moyenne de ces quatre mesures comme valeur d'efficacité :

$$\lambda = 0,04113 \pm 0,0010 \\ \text{soit } \pm 0,24\%$$

2 - Activité de la source à étalonner

Les résultats sont donnés dans le tableau III. Chacune de ces trois valeurs correspond à la somme de quatre mesures de 15 minutes, effectuées pour les quatre positions différentes de la source entre chaque mesure d'efficacité. Ces trois valeurs tiennent compte du temps mort, et nous en avons fait la moyenne pour obtenir l'activité de la source dont la valeur est :

$$\text{Activité moyenne} = 669556 \pm 1675 \text{ Neutrons/seconde} \\ \pm 0,25\%$$

Cette valeur correspond à l'activité neutronique de la source à la date du 28 Janvier 1976. Pour comparer les différentes mesures effectuées sur cette source de neutrons, il faut bien sûr tenir compte de la période du ^{252}Cf ($T=2,7$ ans).

Compte tenu de la précision actuelle sur la valeur de \bar{v}_p pour le ^{252}Cf et des différentes sources d'erreurs systématiques liées aux corrections présentées dans le paragraphe IV, nous estimons à 1% la précision absolue de cette mesure d'activité.

Source de Neutrons	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
^{252}Cf	$1,126 \pm 0,002$	$1,182 \pm 0,002$	$1,247 \pm 0,002$	$1,275 \pm 0,003$	$1,266 \pm 0,003$	$2,651 \pm 0,005$	$2,922 \pm 0,006$
^{240}Pu	$1,126 \pm 0,016$	$1,178 \pm 0,017$	$1,471 \pm 0,021$	$1,769 \pm 0,029$	$2,060 \pm 0,033$	$2,747 \pm 0,046$	$3,249 \pm 0,144$
Ka - Be	$1,105 \pm 0,002$	$1,106 \pm 0,002$	$1,268 \pm 0,002$	$1,435 \pm 0,002$	$1,563 \pm 0,002$	$1,995 \pm 0,003$	$2,167 \pm 0,004$

TABLEAU I

Efficacité relative du compteur 1 par rapport aux sept autres compteurs pour différentes sources de neutrons.

N° mesure	Position angulaire relative de la source	Neutrons + Bruit de fond	Bruit de fond	Fissions	Efficacité λ	Erreur relative $\Delta \lambda / \lambda$	Erreur $\Delta \lambda$
1	0	52596	709	340625	0,04090	$\pm 0,49\%$	$\pm 0,00020$
2	$-\frac{30}{2}$	52927	732	341050	0,04109	$\pm 0,49\%$	$\pm 0,00020$
3	+E	53182	637	340692	0,04141	$\pm 0,49\%$	$\pm 0,00020$
4	$+\frac{30}{2}$	52814	672	340677	0,04110	$\pm 0,49\%$	$\pm 0,00020$
5	+2E (0)	52598	653	339588	0,04107	$\pm 0,49\%$	$\pm 0,00020$

TABLEAU II EFFICACITE DU DETECTEUR

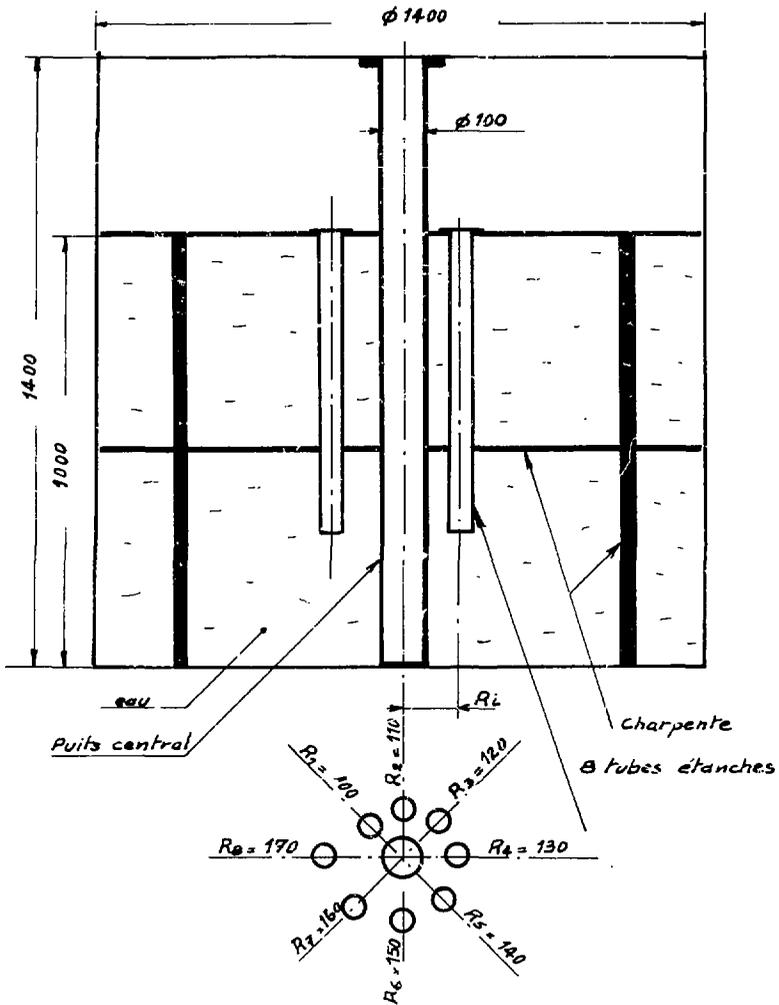
N° mesure	Neutrons + Bruit de fond	Bruit de fond	Temps en secondes	Activité A en n/sec.	Erreur relative $\Delta A / A$	Erreur ΔA
1	99168285	558	3600	669744	$\pm 0,25\%$	± 1675
2	99180220	414	3600	669826	$\pm 0,25\%$	± 1675
3	99072641	460	3600	669099	$\pm 0,25\%$	± 1675

TABLEAU III ACTIVITE NEUTRONIQUE

REFERENCES.

- [1] - AXTON E.J.
Pannel on Standard Reference Data, I.A.E.A., Vienne, 1972.
- [2] - MANERO F. - KONSHIN V.A.
Atomic Energy Review, 1972, 10, 637.
- [3] - BATCHELOR R. - McK. HYDER H.R.
J. Nuclear Energy, 1956, 3, 7.

Manuscrit reçu le 24 septembre 1976



Vu: de dessus : disposition des 8 compteurs

Fig 1 : Dispositif expérimental
 (cotes exprimées en mm.)

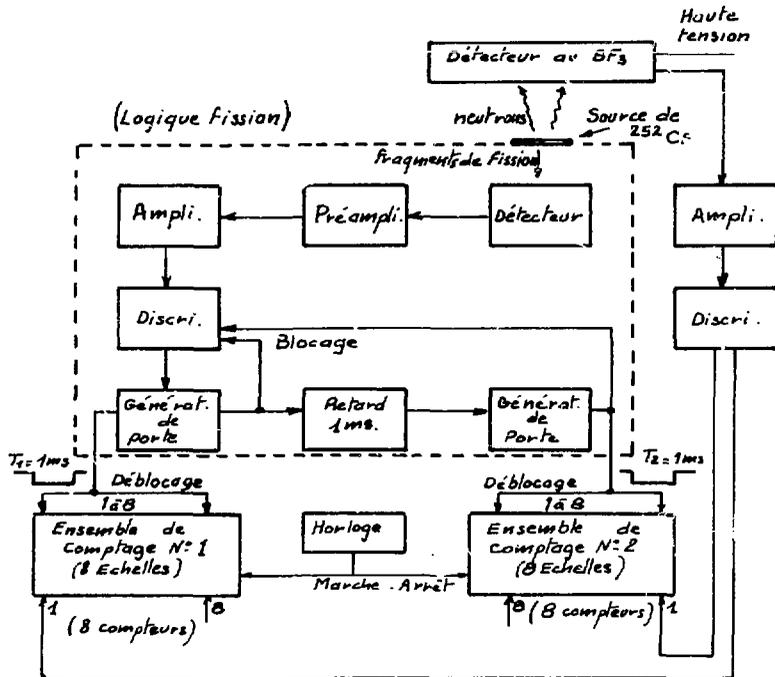


Fig 2. Schéma du montage électronique.

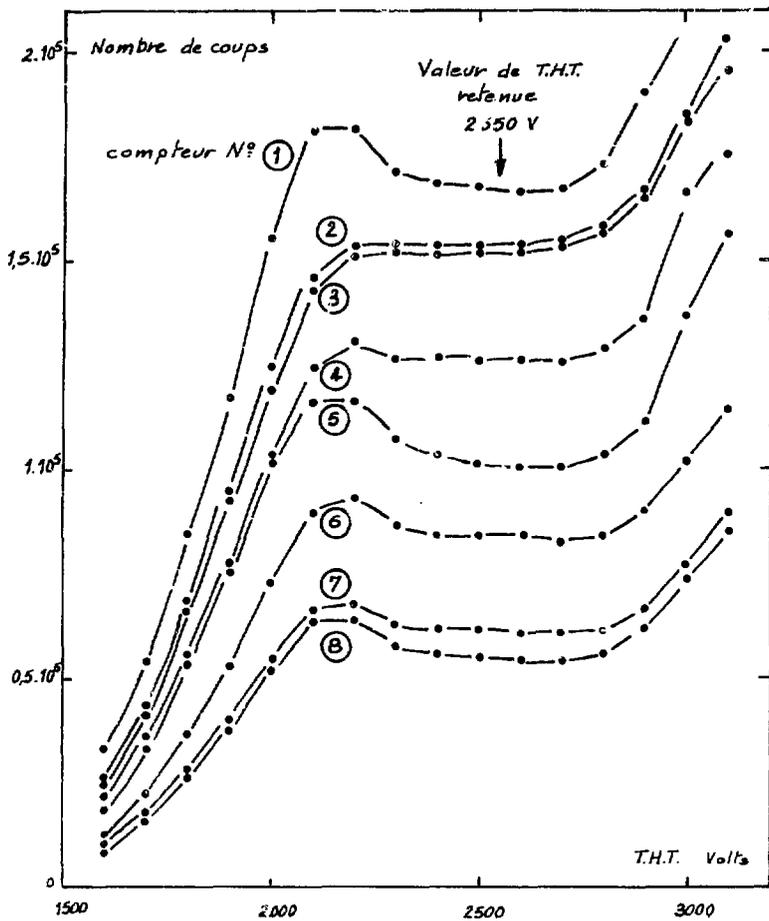


Fig. 3 Détermination du palier des compteurs au BF_3

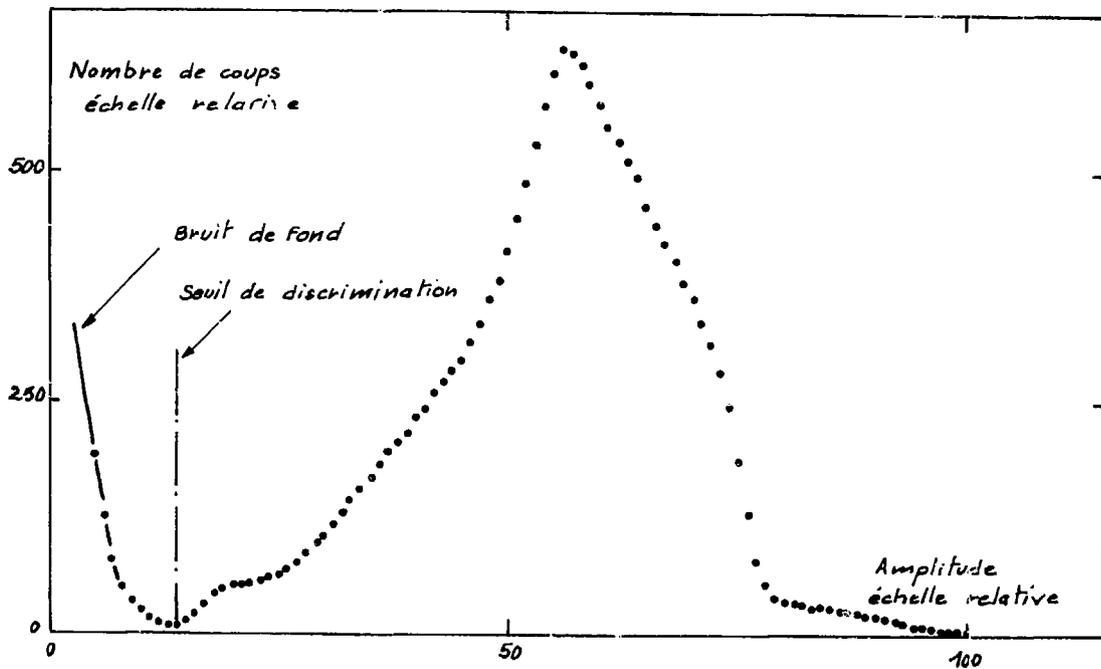


Fig 4. Spectre en amplitude des impulsions délivrées par un compteur au BF₃

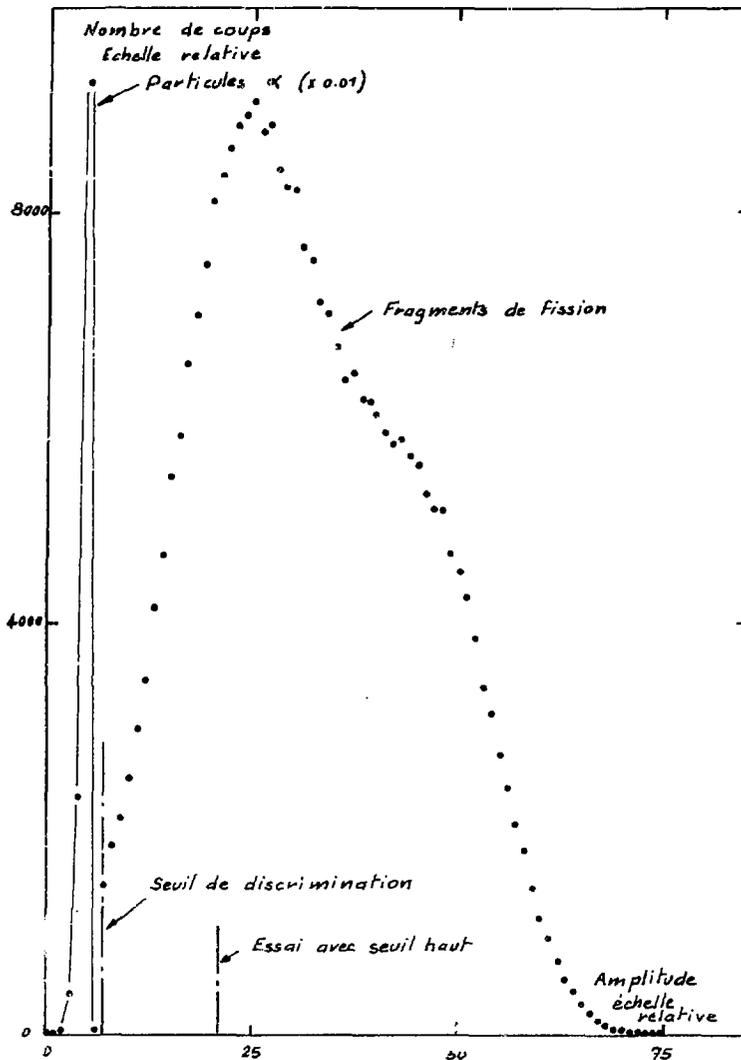


Fig 5. Spectre en amplitude après amplification des impulsions délivrées par le détecteur solide placé devant la source de ^{252}Cf de faible activité.

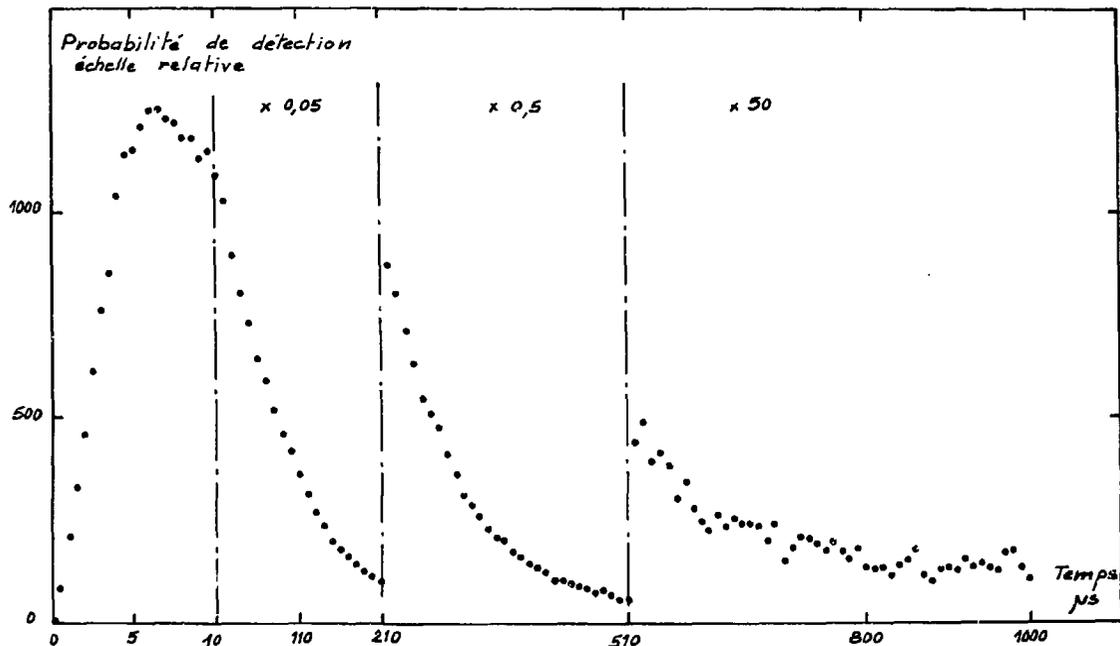


Fig 6. Mesure de la probabilité de détection d'un neutron par un compteur au BF_3 en fonction du temps qui s'est écoulé depuis son émission.
La largeur en temps de chaque canal est de $0,5 \mu\text{s}$ pour $t < 10 \mu\text{s}$ et de $10 \mu\text{s}$ pour $t > 10 \mu\text{s}$. Noter les changements d'échelle verticale à $t = 10 \mu\text{s}$, $210 \mu\text{s}$ et $510 \mu\text{s}$.

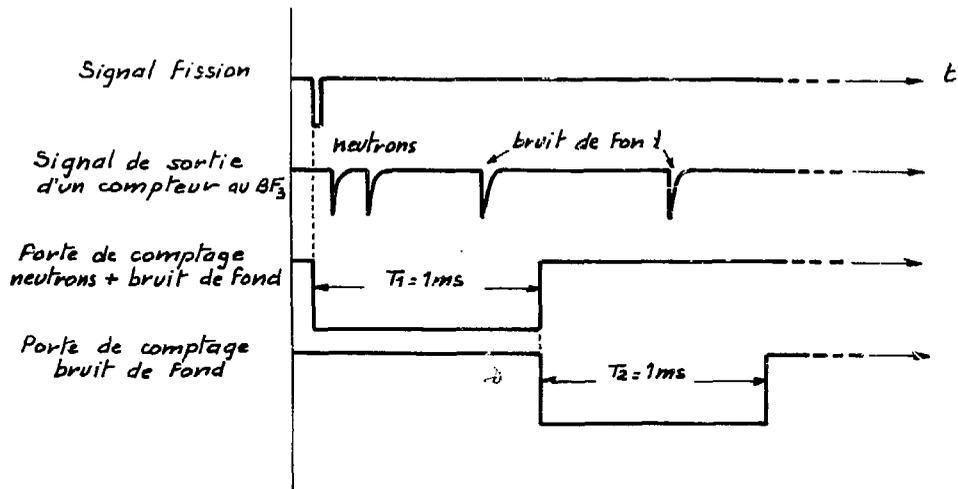


Fig 7. Diagramme en temps de l'acquisition des données pour la mesure d'efficacité.

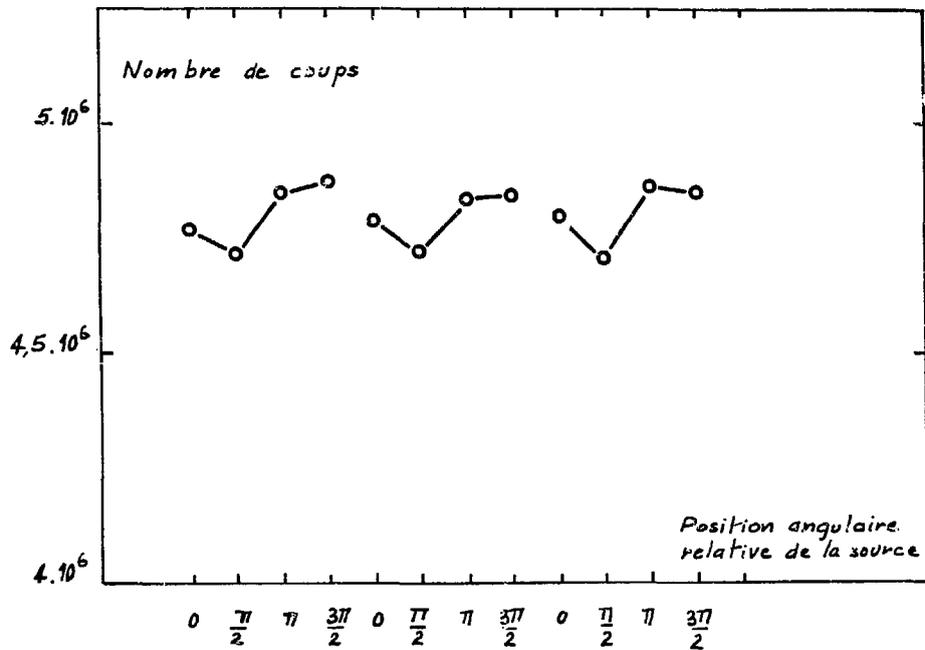


Fig. 8. Variation du taux de comptage de l'un des compteurs au BF₃ en fonction de la position angulaire de la source

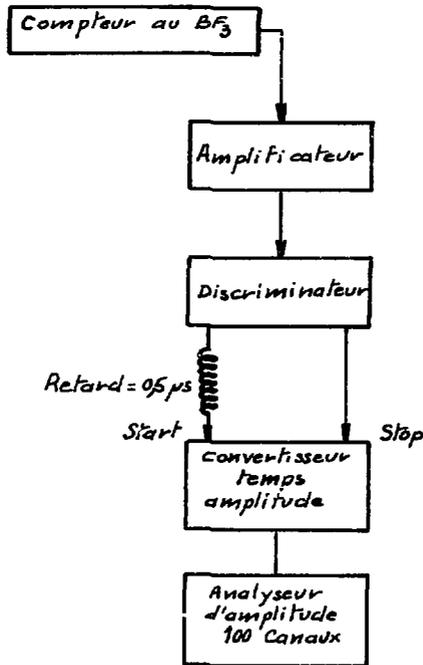


Fig.9. Mesure du temps mort. Schéma de principe.

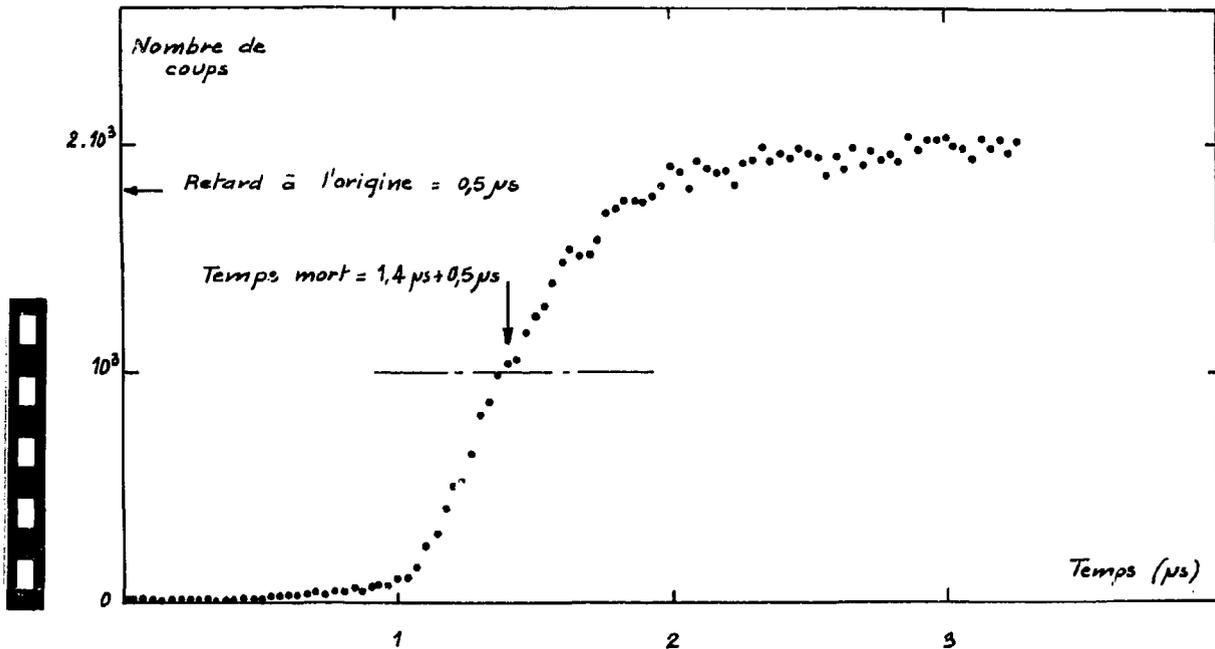


Fig. 10. Mesure du temps mort de détection
 d'un compteur au BF_3 .

Achévé d'imprimer
par
le CEA, Service de Documentation, Saclay
Février 1977

DEPOT LEGAL
1er trimestre 1977

La diffusion, à titre d'échange, des rapports et bibliographies du Commissariat à l'Énergie Atomique est assurée par le Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91 190 - Gif-sur-Yvette (France).

Ces rapports et bibliographies sont également en vente à l'unité auprès de la Documentation Française, 31, quai Voltaire, 75007 - PARIS.

Reports and bibliographies of the Commissariat à l'Énergie Atomique are available, on an exchange basis, from the Service de Documentation, CEN-Saclay, B.P. n° 2, 91 190 - Gif-sur-Yvette (France).

Individual reports and bibliographies are sold by the Documentation Française, 31, quai Voltaire, 75007 - PARIS.

Edité par

le Service de Documentation

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

Boîte Postale n° 2

91190 - Gif-sur-YVETTE (France)