

INSTITUT UNIFIE DE RECHERCHES NUCLEAIRES, DUBNA

Rapport P13 - 6602

CERN LIBRARIES, GENEVA



CM-P00100654

CHAMBRE PROPORTIONNELLE A SECTIONS MULTIPLES
POUR L'ETUDE DE LA REACTION (n, α)

N.P. Balabanov, Yu.P. Popov,
K.G. Rodionov et V.G. Semenov

Dubna 1972

Traduit au CERN par M. Wolleb
(Original: russe)
Non révisé par le Service de Traduction

(CERN Trans. 72-21)

Genève
Décembre 1972

1. INTRODUCTION

L'étude de la réaction (n, α) sur des neutrons de résonance permet aux expérimentateurs d'obtenir de nouveaux renseignements sur la structure des états fortement excités des noyaux atomiques. Une telle étude comporte cependant des difficultés du point de vue de la méthodologie, liées à la faible valeur de la section efficace pour la réaction (n, α) , au bruit de fond important provenant de la réaction compétitive (n, γ) , ($\sigma(n, \gamma) / \sigma(n, \alpha) \approx 10^5 + 10^9$) et au faible flux de neutrons de résonance. En outre, vu le parcours limité des particules α dans la matière de la cible, on est obligé de construire des cibles fines.

Les conditions énoncées ci-dessus exigent que les détecteurs qui peuvent être utilisés dans l'étude de réactions rares du type (n, α) aient des cibles à grande surface. Le grand détecteur à scintillateur à gaz, ayant un scintillateur dans le champ électrique^{/1/} et les diverses chambres à ionisation^{/2,3/}, élaborés précédemment, ont permis d'observer et d'étudier, dans le cadre de la réaction (n, α) , les neutrons de résonance sur toute une série de noyaux, et d'obtenir des données physiques originales^{/4,5/}.

Cependant, on a limité ces études aux noyaux situés au voisinage de couches complètes de neutrons et de protons, pour lesquelles l'énergie des particules α , éjectées après la capture des neutrons, est relativement élevée, et pour lesquelles, par conséquent, la pénétrabilité des particules α dans la barrière coulombienne du noyau est grande. Pour élargir considérablement la gamme des noyaux étudiés, il faut perfectionner les détecteurs de particules α , en réduisant au minimum le bruit propre des détecteurs et en diminuant leur sensibilité aux flux importants de particules faiblement ionisantes.

On a pris pour base un système de compteurs proportionnels multifils plans, identiques à ceux décrits en ^{/6,7/}. L'introduction de coïncidences doubles devait réduire au minimum le bruit propre, et l'existence de faibles distances entre les électrodes devait

améliorer les caractéristiques temporelles du détecteur, le rendre moins sensible aux quantas γ et aux radiations ionisantes qui apparaissent au moment de l'impulsion de puissance du réacteur rapide pulsé (MRP).

2. CONSTRUCTION DU DETECTEUR

La chambre proportionnelle, dont la structure est illustrée à la fig. 1, est composée d'une enceinte cylindrique (1) d'un diamètre intérieur de 500 mm et d'une longueur de 300 mm, dotée d'entrées de signalisation (7) et d'entrées haute tension (10), de valves pour la vidange et le remplissage avec le gaz de travail, d'un système manométrique ainsi que d'un mécanisme de commande de la source de contrôle α (8). Sur l'un des couvercles d'extrémité de la chambre, on a monté une cassette, composée de huit sections doubles identiques, séparées par les supports des cibles (4) (disques en aluminium de 1 mm d'épaisseur), sur lesquelles on dépose les couches de la matière étudiée. Chaque section est composée à son tour d'un écran (3) et de deux électrodes collectrices (appelées "collecteurs") (5). Le diamètre nominal de toutes les électrodes est de 360 mm. Sur l'écran annulaire en acier inoxydable, on a tendu des fils de tungstène (diamètre: 50 μ , intervalle: 3 mm). Les collecteurs sont des anneaux identiques, avec des fils de 100 μ de diamètre, disposés à 10 mm d'intervalle. L'écran et les collecteurs sont placés dans des anneaux isolants en teflon, qui jouent en même temps le rôle d'éléments d'espacement, en déterminant une distance entre les électrodes égale à 6 mm. Dans une des sections, on a placé une source de contrôle de particules α , fournies par ^{235}U (9), qui est utilisée pour le calibrage de la chambre et que l'on peut, à l'aide d'un appareil spécial (8), garder fermée pendant toute la durée des mesures.

Une des sections (11) est dotée de collecteurs en fil de tungstène d'un diamètre deux fois plus petit (50 μ), ce qui permet, à une tension égale pour toutes les sections, d'obtenir une amplification par le gaz beaucoup plus importante, et suffisante pour l'enregistrement des quantas γ . Un radiateur (6), réalisé dans une plaque de plomb de 5 mm d'épaisseur placée dans un boîtier en aluminium, permet au détecteur d'enregistrer les quantas γ provenant

des cibles observées avec une efficacité proportionnelle à l'énergie du quantum^{/8/}. En outre, on a constaté que, tout comme pour le détecteur γ de Moxon-Rae, le rendement d'enregistrement de la capture du neutron ne dépend pas du spectre de rayons γ . Le détecteur γ est également utilisé pour des mesures parallèles de la réaction (n, γ) sur la matière étudiée, ce qui augmente la précision dans la détermination des largeurs α des différentes résonances et permet d'effectuer la normalisation suivant les résonances connues ou suivant la section efficace dans la région thermique^{/4,5/}.

Avant d'effectuer les mesures, la chambre est évacuée jusqu'à une pression de l'ordre de 10^{-2} torr; elle est ensuite remplie avec le gaz de travail jusqu'à des pressions ne dépassant généralement pas 760 torr. La haute tension positive stabilisée (à 0,1% près) alimente séparément les collecteurs de chaque section sur laquelle on prélève le signal par l'intermédiaire d'un circuit $R = 5,1 \text{ M}\Omega$ et $C = 2200 \text{ pF}$. Les supports des cibles et les écrans sont mis à la terre. Un tel raccordement permet de diviser chaque section en deux volumes sensibles indépendants tout en conservant une bonne transparence de l'écran aux particules α , s'échappant de la cible.

3. APPAREILLAGE ELECTRONIQUE

La fig. 1 représente le schéma fonctionnel de l'appareillage électronique. Les impulsions de particules α , s'échappant de la cible et provoquant une ionisation dans les deux volumes sensibles composant la section, sont amplifiées au moyen d'amplificateurs (\mathcal{V}), identiques à ceux décrits en ^{/10/} et sont sélectionnées par le circuit de coïncidences (CC). Parallèlement, ces impulsions sont sommées au moyen d'un intégrateur linéaire (Σ) et sont appliquées sur deux discriminateurs intégraux identiques (les discriminateurs du seuil inférieur $H\bar{A}$ et supérieur $B\bar{A}$), qui permettent la sélection des impulsions dans une plage d'amplitudes déterminée. Du circuit $H\bar{A}$, les impulsions sont transmises à l'une des entrées du circuit de triples coïncidences (CC). Lorsque la sensibilité du circuit est élevée aux deux autres entrées, la discrimination de l'impulsion globale permet de sélectionner les événements authentiques en vue d'une analyse ultérieure. Du discriminateur ($B\bar{A}$) les

impulsions arrivent au circuit inhibiteur (C3). Dans ce cas, en dépit du fait qu'il existe une impulsion à la sortie du circuit de coïncidences (CC), ce circuit reste bloqué pour les impulsions ultérieures. La sélection des données en provenance des autres sections s'effectue de la même manière. Le bloc "OU" (C) collectionne les informations et les transmet à l'analyseur de temps. Lorsqu'il faut transmettre séparément à l'analyseur les informations en provenance de chaque section, on prévoit l'utilisation d'un codeur de numéro de capteur.

4. CARACTERISTIQUES DU DETECTEUR

Le choix des paramètres de fonctionnement de la chambre proportionnelle est déterminé par la nécessité d'obtenir le meilleur rapport effet-bruit de fond possible. Le bruit de fond inclut le bruit propre du détecteur et le bruit variable apparaissant sur le faisceau de neutrons et provenant du réacteur pulsé. Le gaz utilisé est un mélange Ar + (5 + 15)% CO₂, la pression étant de 280 + 760 torr. Cette gamme de pression est probablement optimale, étant donné que d'une part, elle permet d'obtenir une ionisation limitée dans le détecteur au moment de l'impulsion de puissance du réacteur et que, d'autre part, l'amplitude des impulsions fournies par les particules α est encore élevée. La fig. 2 représente les courbes du coefficient de l'amplification par le gaz dans une chambre proportionnelle en fonction de la tension, en opérant avec un mélange Ar + 5% CO₂, sous des pressions de 280, 380, 660 et 760 torr.

Le rendement de la chambre pour les particules α (ϵ_α) a été vérifié à l'aide d'une série de sources α de contrôle: ²³⁵U ($E_\alpha = 4,58$ MeV); ²³³U ($E_\alpha = 4,82$ MeV); ²³⁹Pu ($E_\alpha = 5,15$ MeV); ²⁴²Cm ($E_\alpha = 6,11$ MeV) et ²¹²Po ($E_\alpha = 8,8$ MeV), couvrant en principe toute la gamme d'énergies des particules α qui apparaissent lors de la désintégration des noyaux étudiés. On a établi que ϵ_α augmente lentement en même temps que E_α , et diminue au fur et à mesure de l'accroissement de la pression du gaz de travail dans la chambre. La cartouche de la fig. 3 illustre la variation du rendement d'enregistrement des particules α en fonction de E_α dans les conditions les plus fréquemment utilisées: pression - 450 torr, tension de service - 1580 V. Pour vérifier l'identité des différentes sections,

on a placé à l'intérieur de chacune d'entre elles des sources de contrôle à ^{238}U ($E_{\alpha} = 4,18 \text{ MeV}$) avec des rendements de particules α ne différant pas plus de 3%. Il en résulte que les valeurs du rendement d'enregistrement des particules α dans les différentes sections ne diffèrent pas plus de 10%. A titre d'illustration du fonctionnement de la chambre recevant un faisceau de neutrons du réacteur pulsé, on a représenté sur la fig. 3 le spectre temporel de la réaction (n, α) sur l'isotope ^{147}Sm ($E_{\alpha} = 9,1 + 9,8 \text{ MeV}$). Les mesures ont été effectuées sur un parcours de 30 m pour un régime de fonctionnement du réacteur, avec un accélérateur linéaire en guise d'injecteur (puissance instantanée : 12 MW). Le creux au début du spectre, qui s'étend sur environ 60 sec. sur l'échelle de temps, peut s'expliquer par une diminution de l'amplification par le gaz sous l'effet de la charge d'espace qui apparaît au moment de l'impulsion de puissance du réacteur.

A l'aide des sources de contrôle : ^{137}Cs ($E_{\gamma} = 0,66 \text{ MeV}$); ^{60}Co ($E_{\gamma} = 1,25 \text{ MeV}$); ^{24}Na ($E_{\gamma} = 2,1 \text{ MeV}$) et $^{212}\text{Po}-^9\text{Be}$ ($E_{\gamma} = 4,4 \text{ MeV}$), on a procédé à la vérification du détecteur γ de la chambre; cette vérification a montré la proportionnalité du rendement (ϵ_{α}) de ce détecteur en fonction de l'énergie des quantas γ (cf. cartouche dans la fig. 4). La fig. 4 représente le spectre de temps de la réaction (n, γ) sur les isotopes ^{155}Gd et ^{147}Sm . Les résonances observées pour l'isotope ^{182}W sont provoquées par la réaction (n, γ) sur les fils d'électrodes du détecteur. Dans le cas du rayonnement γ , le rendement des sections de la chambre destinées à l'enregistrement de la réaction (n, γ) a été mesuré au moyen des sources γ mentionnées ci-dessus. Ce rendement est inférieur à 10^{-8} . Le bruit propre de la chambre à l'extérieur du faisceau de neutrons est de $\approx 10 \text{ imp. min}^{-1}$, la surface totale des cibles étant de 13000 cm^2 . Ainsi, cette partie du bruit de fond est déterminée pratiquement par le niveau de l'activité naturelle des matériaux composant les supports des cibles et les fils d'électrodes^{/11/}. L'accroissement du bruit de fond de la chambre dans le faisceau de neutrons provenant du réacteur d'impulsions est probablement dû aux neutrons rapides et il est proportionnel à la puissance du réacteur.

5. CONCLUSION

L'utilisation de la chambre proportionnelle à sections multiples, décrite dans le présent rapport, pour l'étude de la réaction (n, α) sur l'isotope ^{177}Hf /12/ a donné des résultats positifs qu'on n'avait jamais pu obtenir auparavant avec d'autres détecteurs. On a découvert la désintégration α des états de résonance avec des largeurs de α d'environ 10^{-9} eV, les plus petites jamais obtenues. Les caractéristiques de la chambre sont les suivantes:

1. Pour une grande surface des cibles, la chambre a un faible bruit propre, déterminé par le niveau de l'activité naturelle des matériaux de construction utilisés, un haut rendement pour les particules α et une bonne discrimination pour les quantas γ .
2. Il n'est pas nécessaire d'établir une acceptance en amplitude étroite, ce qui permet l'utilisation de cibles épaisses (jusqu'à 10 mg.cm^{-2}), et, par conséquent, de grandes quantités de la substance étudiée ($\approx 100 \text{ g}$).
3. La chambre permet d'effectuer des mesures dans des faisceaux intenses de neutrons et de quantas γ sur des parcours limités.
4. Elle est compacte et permet l'utilisation parallèle des détecteurs α et γ .
5. Elle est de construction simple et son fonctionnement est stable.
6. Elle peut être utilisée pour l'étude de réactions nucléaires s'accompagnant d'une éjection de particules lourdes, ainsi que pour des mesures de faibles activités.

Les auteurs tiennent à exprimer leur reconnaissance à S.A. Marushkin et M. Florek, qui ont participé au réglage de la chambre, à M. Stempin'ski pour ses précieux conseils et à Kim Chan Seng pour l'aide qu'il a apportée lors de la mise au point de l'appareillage électronique.

* * * * *

B i b l i o g r a p h i e

1. I. Kvitek, Yu.P. Popov, K.G. Rodionov. P.T.E., N° 2, 90 (1967).
2. Yu.P. Popov, M. Stempin'ski. Pis'ma Zh.E.T.F., 7, 126 (1968).
3. Yu.P. Popov, M. Stempin'ski. P.T.E., N° 6, 51 (1969).
4. I. Kvitek, Yu.P. Popov. Nucl. Phys., A154, 177 (1970).
5. Yu.P. Popov, M. Florek. Ya. F., 9, N° 6, 1163-1172 (1969).
6. B. Rossi, S. Staub. Chambres et compteurs à ionisation, I.L. (1951).
7. V.N. Andreev, V.G. Nedopekin, V.I. Rogov. Ya. F., 8, 38 (1968).
8. N.T. Kashukeev, Yu.P. Popov, F.L. Shapiro. Journal of Nuclear Energy A14, 76 (1961).
9. M.C. Moxon, R.R. Rae. Neutron Time-of-flight Methods, p. 439, Euratom, Brussels (1961).
10. Li Sam Ren, K.G. Rodionov. IURN 13-3765, Dubna (1968).
11. D.E. Watt, D. Ramsden. High Sensitivity Counting Techniques, Pergamon Press, p. 71 (1964).
12. Yu.P. Popov, V.G. Semenov, M. Florek. IURN, P3-5875, Dubna (1971).

Reçu pour édition le 14 juillet 1972

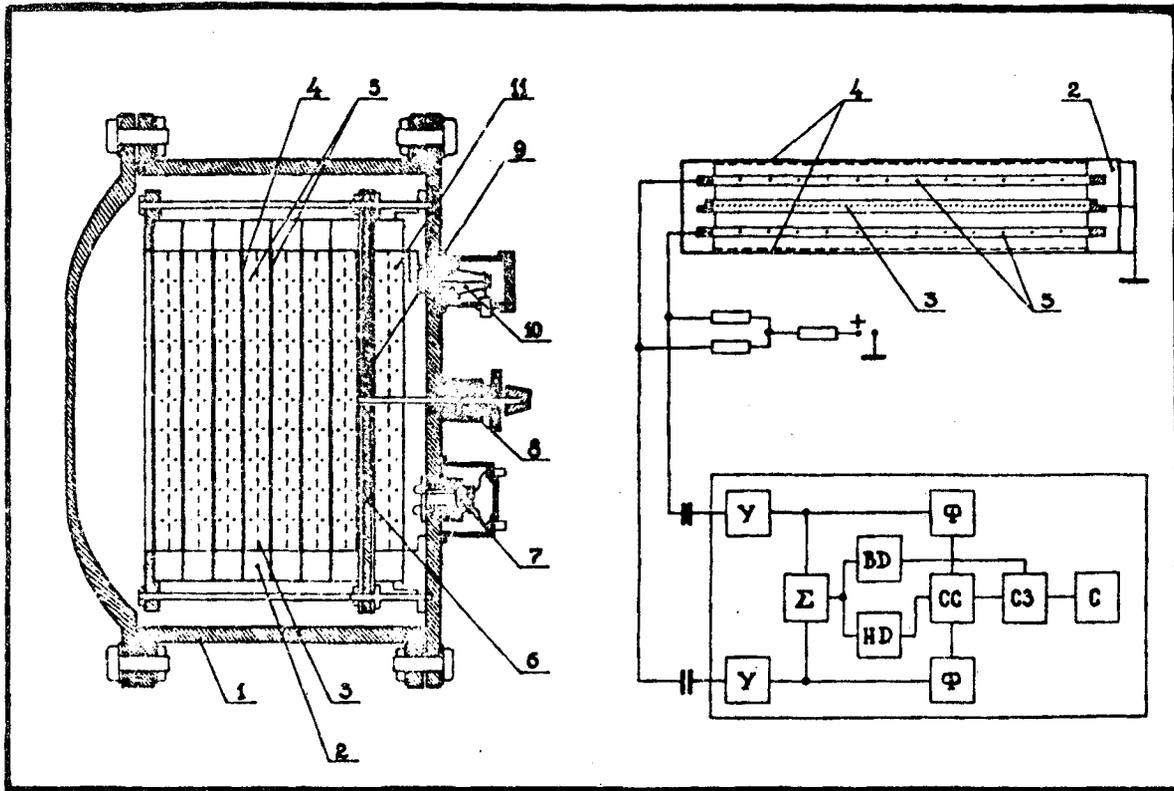


Fig. 1. Construction de la chambre proportionnelle à sections multiples et schéma fonctionnel de l'appareillage électronique.

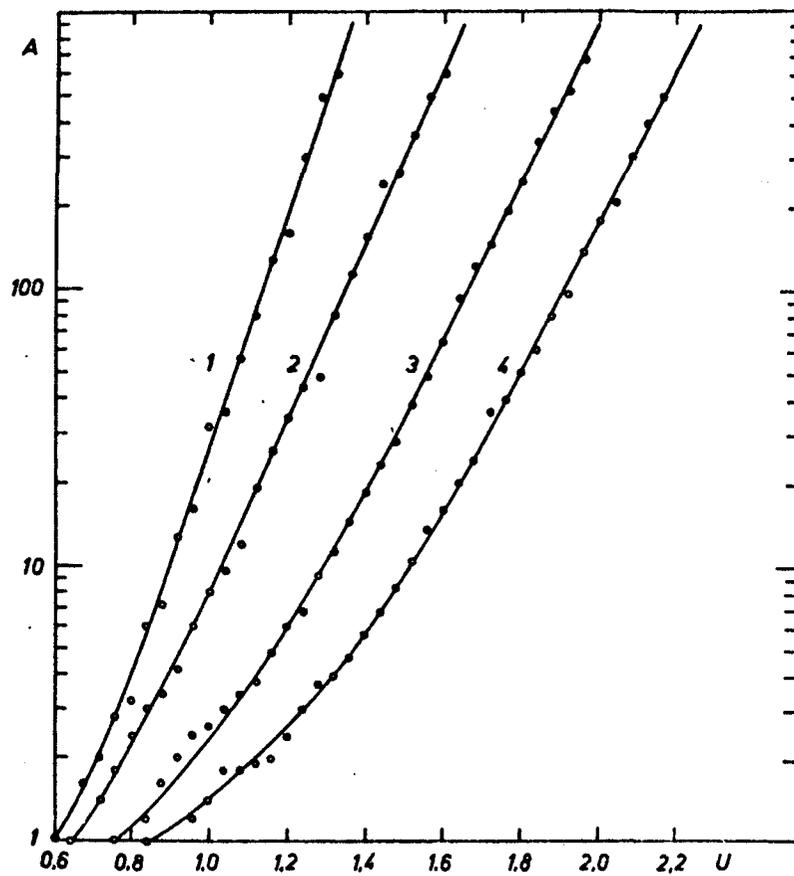


Fig. 2. Courbes de variation du coefficient d'amplification par le gaz en fonction de la tension pour des valeurs de pression de 280 torr (1); 380 torr (2); 600 torr (3); 760 torr (4). Gaz de travail - Mélange Ar + 5% CO₂.

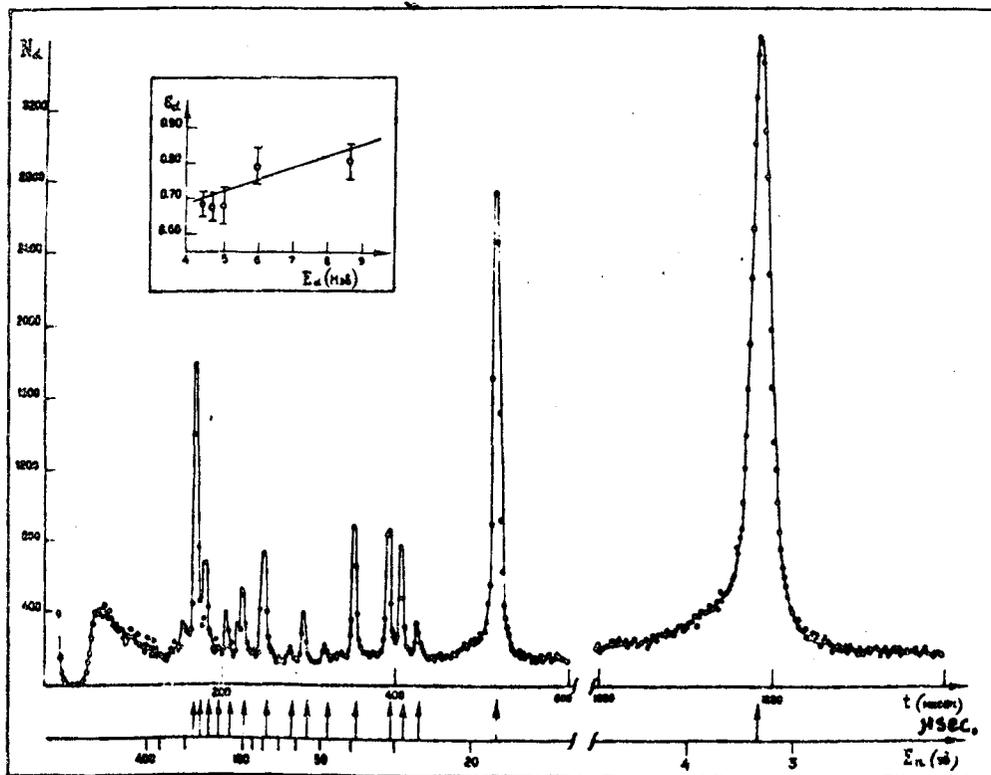


Fig. 3. Spectre de temps de la réaction (n, α) sur l'isotope ^{147}Sm . Cartouche: variation du rendement d'enregistrement des particules α en fonction de l'énergie E_α pour une pression de 450 torr.

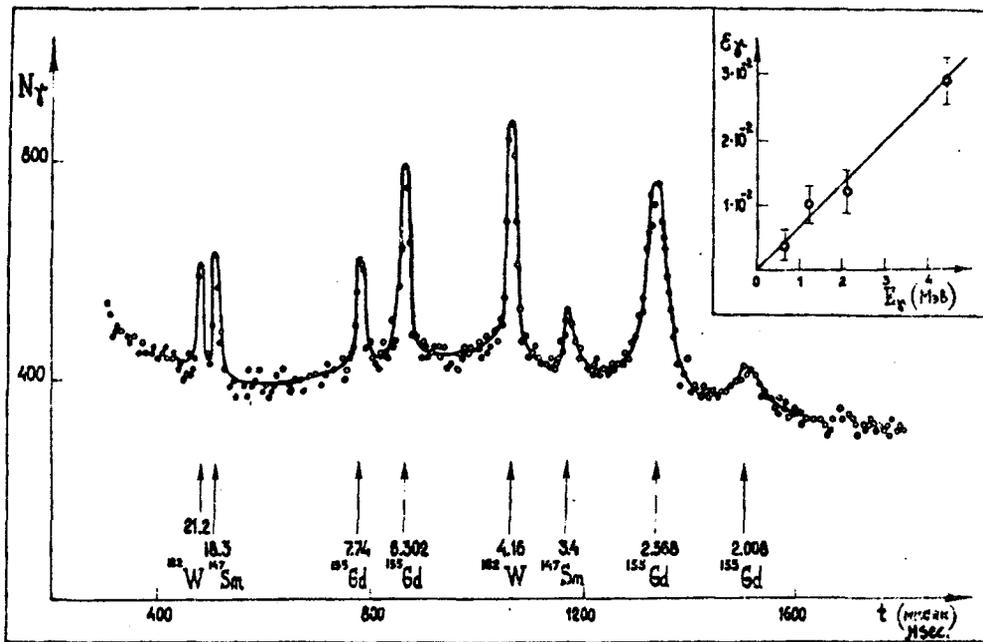


Fig. 4. Spectre de temps de la réaction (n, γ) sur les isotopes ^{155}Gd et ^{147}Sm . Cartouche: variation du rendement du détecteur γ de la chambre en fonction de l'énergie des quantas γ .