CEA 2399 - AMBROSINO G. et SORRIAUX A.

MESURE DE LA SECTION EFFICACE TOTALE DE L'ALUMINIUM, DU CARBONE, DU FLUOR ET DE L'HYDROGENE POUR DES NEUTRONS DE LA REACTION d,d PAR LA METHODE DES COINCIDENCES (1963)

Sommaire.- L'expérience exposée dans ce rapport consiste en la mesure des sections efficaces totales de différents matériaux : aluminium, carbone, fluor et hydrogène, pour des neutrons monoénergétiques de 2,77 MeV, obtenus par la réaction d,d. La mesure est faite par transmission. Les neutrons sont détectés par un scintillateur plastique monté sur un photomultiplicateur 56 AVP, et sont séparés de tout phénomène secondaire (bruit de fond, neutrons diffusés) par coïncidence avec les hélium 3, particules associées aux neutrons de la réaction

$$^2_1D\ (^2_1D\ ,\ n)\ ^3_2He$$

Les hélium 3 sont détectés par une diode à jonction PN utilisée en polarisation inverse. Une exponentielle d'absorption a été tracée à partir de mesures faites sur sept barreaux d'aluminium. La précision des mesures des sections efficaces totales est de l'ordre de 10^{-2}.

CEA 2399 - AMBROSINO G., SORRIAUX A.

TOTAL CROSS-SECTION MEASUREMENTS ON ALUMINIUM, CARBON, FLUORINE AND HYDROGEN FOR d,d REACTION NEUTRONS USING THE COINCIDENCE METHOD (1963)

Summary.- The experiment described consists in the measurement of the total cross-section of various materials : aluminium, carbon, fluorine and hydrogen, for mono-energetic 2.77 MeV neutrons obtained from the d,d reaction. The measurement is carried out by transmission. The neutrons are detected by means of a plastic scintillator mounted on a 56 AVP photomultiplier, and are isolated from all secondary phenomena (background noise, scattered neutrons) by coincidence with helium 3, which particles are associated to the neutrons from the reaction

$$^2_1D\ (^2_1D\ ,\ n)\ ^3_2He$$

The helium 3 particles are detected by a PN junction diode used with inverted polarisation. An absorption exponential has been traced out using measurements made on seven aluminium bars. The accuracy of the total cross-section measurements is about 10^{-2}.

PREMIER MINISTRE

MINISTERE DE L'EDUCATION
NATIONALE

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES ET TECHNIQUES NUCLEAIRES

MESURE DE LA SECTION EFFICACE TOTALE DE L'ALUMINIUM, DU CARBONE, DU FLUOR ET DE L'HYDROGENE POUR DES NEUTRONS DE LA REACTION d.d. PAR LA METHODE DES COINCIDENCES

par

G. AMBROSINO , A. SORRIAUX

Rapport C.E.A. n° 2399

1964

CENTRE D'ETUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY

- Rapport C.E.A. n° 2399 -

Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires

MESURE DE LA SECTION EFFICACE TOTALE DE L'ALUMINIUM, DU CARBONE, DU FLUOR ET DE L'HYDROGENE POUR DES NEUTRONS DE LA REACTION d.d. PAR LA METHODE DES COINCIDENCES

par

G. AMBROSINO et A. SORRIAUX

- 1963 -

REMERCIEMENTS

Nous témoignons nos plus vifs remerciements à Mr. de CHATEAU-THIERRY pour la mise au point de l'ensemble de détection des particules chargées par les diodes à jonction ainsi qu'à Mrs. ORIA et PAULIN pour l'aide apportée à la préparation de notre expérience.

MESURE DE LA SECTION EFFICACE TOTALE DE L'ALUMINIUM, DU CARBONE, DU FLUOR ET DE L'HYDROGENE POUR DES NEUTRONS DE LA REACTION d.d. PAR LA METHODE DES COINCIDENCES

I.- LA REACTION d.d.

Les neutrons utilisés sont produits par la réaction d (d, n) $^{3}_{2}He$, les deutérons étant accélérés sous une tension de 120 kV. Les relations de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement permettent de calculer les énergies du neutron et de l'Hélium 3, ainsi que les angles déterminés par les directions de ces particules et l'axe du faisceau incident. L'angle de l'Hélium 3 a été choisi à 135°. Le calcul montre que l'angle d'émission du neutron est de 33°6' ; l'énergie de l'Hélium 3 est de 562 KeV, celle du neutron de 2,826 MeV. Les Hélium 3 sont détectés par une diode à jonction PN, et les neutrons par un photomultiplicateur équipé d'un scintillateur plastique.

II. - PRESENTATION DE L'INSTALLATION

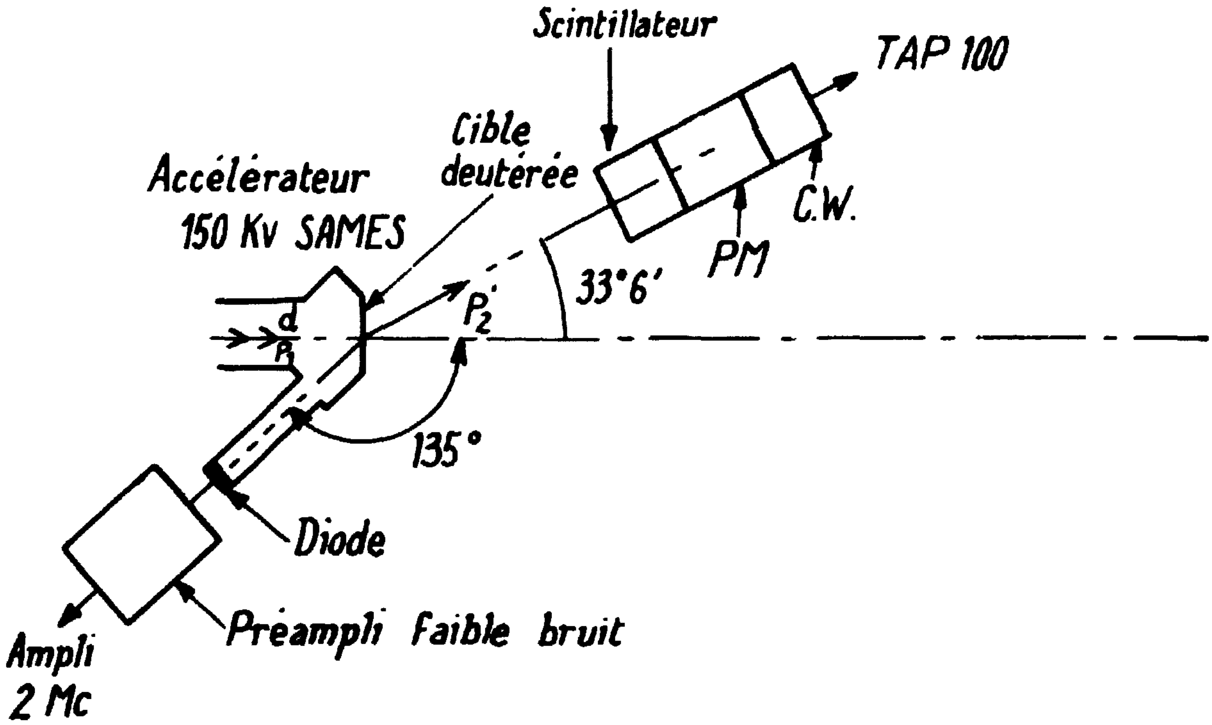


Fig. I (vue de dessus)

La diode étant solidaire du tube accélérateur et de la cible, l'angle solide utile qui contient les Hélium 3 détectés est constant et bien déterminé :

Diamètre utile de la diode : 16 mm

Distance cible-diode : 260 mm

La meilleure position du scintillateur est celle où il recouvre totalement le faisceau de neutrons. Pour un scintillateur de diamètre 50 mm la distance de la cible est de 820 mm.

Le photomultiplicateur coulisse le long d'une barre joignant un axe vertical passant par le centre de la cible de l'accélérateur, à un autre axe vertical le long duquel coulisse également un support mobile. La barre horizontale peut tourner autour de la cible.

Réglage du photomultiplicateur

Le photomultiplicateur est disposé par une mesure géométrique. Le réglage définitif est effectué en recherchant le maximum du taux de comptage des coïncidences n, ${}^{3}_{2}He$, lorsque le P.M. est déplacé autour de la position déterminée géométriquement.

1) Réglage horizontal (fig. II - Courbe a)

En ordonnée : taux de comptage des coïncidences pour 100 $^{3}_{2}He$.

En abscisse : chaque valeur représente un point situé sur un arc de cercle de rayon 800 mm centré sur la cible. La distance entre chaque valeur représente la distance exacte séparant les points sur l'arc de cercle.

2) Réglage vertical (Fig. II - Courbe b)

En ordonnée : taux de comptage des coïncidences pour 100 $^{3}_{2}He$.

En abscisse : chaque valeur représente la position d'un ergot solidaire du support, par rapport à une règle graduée.

3) Réglage le long de la barre (Fig. III)

En ordonnée : taux de comptage des coïncidences pour 100 $^{3}_{2}He$.

En abscisse : Distance entre la cible et la face avant du scintillateur. Le point choisi est le point de décrochement de la partie horizontale, soit à une distance de 830 mm.

4) Vérification

Le photomultiplicateur étant calé à la position déterminée par la méthode précédente, la diode étant fixe par construction, nous avons fait varier la tension d'accélération des deutérons entre 50 kV et 150 kV ce qui nous a permis de tracer la courbe, Fig. IV, représentant la variation du pourcentage de coïncidences par rapport aux $^{3}_{2}He$, en fonction de la variation de la T.H.T.

Nous avons pu vérifier de cette manière que le P.M. se trouvait dans le cône associé et qu'une variation accidentelle de $\pm$ 3 kV autour de 120 kV n'affecte pas le résultat.

Correction à apporter aux énergies des neutrons et des particules associées

Nous avons utilisé une cible épaisse, obtenue par l'impact du faisceau incident, dans laquelle les deutérons ont diffusé assez profondément. L'épaisseur utile de la cible n'est pas mesurable et on ne peut savoir à quelle profondeur les réactions se produisent. Cependant il a été possible de calculer la perte d'énergie des deutérons incidents en mesurant l'angle du faisceau incident et de la direction dans laquelle il a fallu placer le P.M. pour obtenir le maximum de coïncidences. Cet angle est de 34°30'. Les énergies sont alors de :

2,768 MeV pour les neutrons

592 keV pour les Hélium 3

92 keV pour l'énergie moyenne des deutérons incidents.

On peut calculer la résolution du faisceau de neutrons en tenant compte de la dimension finie des détecteurs.

On trouve R = 15 keV

donc :

$$\boxed{E_n = 2,768 \pm 0,015 \text{ MeV}}$$

III. - L'APPAREILLAGE ELECTRONIQUE

L'appareillage électronique se compose de deux voies du même type comme le montre le diagramme de la Fig. V.

1) La voie neutrons. Les neutrons sont détectés par un scintillateur plastique de 5 cm de diamètre et de 5 cm d'épaisseur ; les impulsions lumineuses qui en résultent sont vues par un photomultiplicateur du type 56 AVP (Radiotechnique) Haute-Tension : 2.100 V. Le P.M. est immédiatement suivi d'un amplificateur de Wight qui leur permet d'être acheminées sans atténuation du local de l'accélérateur à la salle de mesures. Un amplificateur T A P 100 les amplifie. Elles entrent ensuite dans un discriminateur T S A S 11 dont le seuil est à 13 V, de manière à éliminer le bruit de fond. L'impulsion en sort avec une amplitude constante de - 15 V environ.

2) La voie $^3_2$He. La particule associée est détectée par une diode à jonction P.N. (R C A) au silicium utilisée en polarisation inverse (50 V). Elle est immédiatement suivie par un amplificateur à faible bruit du type P J F B 1 (A M E). Les impulsions sont amplifiées par un amplificateur 2 M C (gain 10.000) ; un grand gain est nécessaire. L'Hélium 3 (562 keV) perd une partie de son énergie dans la fenêtre du détecteur (voir spectre figure VI). Un sélecteur T S A S 11 permet, grâce à un seuil de 2 Volts et une bande de 5 V, de ne prendre que des impulsions dues aux $^3_2$He "atomiques", les séparant ainsi du bruit de fond dont elles sont voisines (1) . A la sortie, les impulsions ont, comme les neutrons, une amplitude constante de l'ordre de - 15 V.

3) La voie commune. Les deux impulsions étant devenues identiques et ayant suivi des circuits équivalents, arrivent sensiblement en phase à l'entrée d'un sélecteur de coïncidences T S C 1, dont le temps de résolution a été réglé à 1 μ sec. On obtient alors une impulsion de coïncidence. Neutrons, $^3_2$He et coïncidences, peuvent être comptés séparément par trois échelles de 1.000 du type EDU 1. Il est possible d'obtenir le spectre des neutrons (Fig. VII) par l'intermédiaire d'un sélecteur d'amplitude 400 canaux transistorisés (Intertechnique), la porte du sélecteur étant ouverte par les coïncidences $^3_2$He, n. Les impulsions dues aux neutrons étant

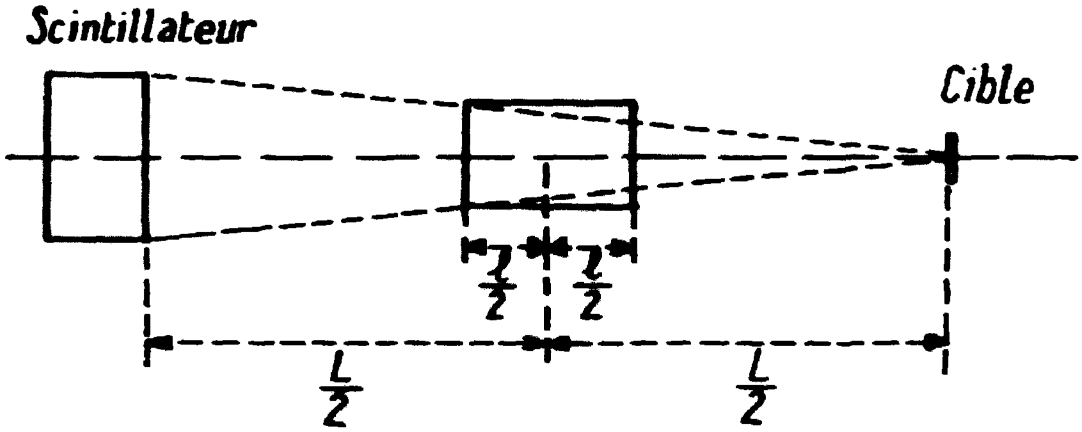
---

(1) La réaction d(d, n) $^3_2$He peut être obtenue avec des deutérons moléculaires ce qui modifie sensiblement l'énergie des $^3_2$He. D'autre part il existe une autre réaction d(d, p)$^3_1$ T et la diode détecte naturellement le proton et le triton (voir spectre Fig. VI).

prises à la sortie de l'amplificateur de Wight, il est nécessaire d'introduire avant le sélecteur, un tiroir à retard (2 µ sec) de manière à compenser le retard des impulsions de coïncidence.

IV. - METHODE EXPERIMENTALE

Les matériaux à étudier ont été usinés sous forme de cylindres avec une précision de 1/10 de mm. Le diamètre est choisi de telle manière que le cylindre obture totalement le cône utile de neutrons lorsque son centre est confondu avec le milieu de la distance cible-scintillateur (Fig. VIII).



Sa longueur est déterminée comme il le sera montré au paragraphe V.

L'absorption des neutrons dans la matière s'exprime par la fonction

$$\boxed{X = X_0 \cdot e^{-\frac{\sigma \mathcal{N}}{A} \cdot \frac{m}{S}}}$$

X = Taux de comptage avec absorbant

X_0 = Taux de comptage sans absorbant

σ = Section efficace totale (cm^2)

A = Masse atomique de l'absorbant (g)

$\mathcal{N}$ = Nombre d'Avogadro

$\frac{m}{S}$ = Masse par unité de surface (g/cm^2)

Une première mesure sans absorbant donne N_o, une autre avec absorbant donne N. Les temps de comptage sont calculés comme il le sera montré au paragraphe V. N et N_o seront toujours exprimés pour $100\ {}^3_2He$ comptés. L'expression de la section efficace totale σ est donc donnée par :

$$\boxed{\sigma = \frac{A}{\mathcal{N}} \cdot \frac{1}{m/s}\ \mathrm{Log}\ \frac{N_o}{N}}$$

Dans le cas d'un matériau composé de deux éléments X et B, on utilise l'expression :

$$\boxed{N = N_o \cdot e^{-\left[\frac{\sigma_B \mathcal{N}}{A_B}\left(\frac{m}{s}\right)_B + \frac{\sigma_X \mathcal{N}}{A_X}\left(\frac{m}{s}\right)_X\right]}}$$

$\left(\frac{m}{s}\right)_B$ et $\left(\frac{m}{s}\right)_X$ étant les masses partielles par unité de surface des éléments B et X. Connaissant σ_B, on en déduit σ_X par l'expression :

$$\boxed{\sigma_X = \frac{A_X}{\mathcal{N}} \cdot \frac{1}{(m/s)_X}\ \mathrm{Log}\ \frac{N_o}{N} - \sigma_B \cdot \frac{A_X}{A_B} \cdot \frac{(m/s)_B}{(m/s)_X}}$$

La correction apportée en raison des coïncidences fortuites est faible.

Le bruit de fond autre que celui produit par les coïncidences fortuites est négligeable. On maintient d'ailleurs l'intensité du faisceau incident à une valeur constante (40 microampères).

V - CHOIX DES LONGUEURS DE MATERIAUX

On suppose dans ce calcul que le nombre des coïncidences fortuites est négligeable par rapport au nombre de coïncidences vraies. Les longueurs sont choisies de manière à rendre minimale l'erreur possible sur la valeur de la section efficace totale.

Soit $n_o \ s^{-1}$ le nombre de coïncidences sans absorbant

$n_1 \ s^{-1}$ le nombre de coïncidences avec absorbant

$n_1 = n_o^{\,-\frac{\sigma \mathcal{N}}{A} \cdot \frac{m}{s}}$ soit $\frac{n_1}{n_o} = T$ et $\frac{\sigma \mathcal{N}}{A} \cdot \frac{m}{S} = \text{Log}\ \frac{1}{T}$

On pose : $N_o = n_o t_o$, $N_1 = n_1 t_1$ et $t = t_o + t_1$ temps total de la mesure

$$\frac{\sigma \mathcal{N}}{A} \cdot \frac{m}{S} = \text{Log}\ n_o - \text{Log}\ n_1 = \text{Log}\ \frac{N_o}{t_o} - \text{Log}\ \frac{N_1}{t_1}$$

$$\sigma = \frac{A}{\mathcal{N}} \cdot \frac{1}{m/S} \left[\text{Log}\ \frac{N_o}{t_o} - \text{Log}\ \frac{N_1}{t_1} \right]$$

$$\Delta\sigma = \frac{A}{\mathcal{P}} \cdot \left[\frac{1}{m/S} \cdot \left(\frac{\Delta N_o}{N_o} - \frac{\Delta N_1}{N_1} \right) - \left[\text{Log}\ \frac{N_o}{t_o} - \text{Log}\ \frac{N_1}{t_1} \right] \frac{\Delta \frac{m}{S}}{(m/S)^2} \right]$$

$$\Delta\sigma = \frac{A}{\mathcal{P}} \cdot \frac{1}{m/S} \cdot \left[\frac{\Delta N_o}{N_o} - \frac{\Delta N_1}{N_1} - \Delta\left(\frac{m}{S}\right) \frac{\mathcal{P}\sigma}{A} \right]$$

$$\frac{<(\Delta\sigma)^2>}{\sigma^2} = \frac{A^2}{\mathcal{P}^2\ \sigma^2} \cdot \frac{1}{(m/S)^2} \left[\frac{<(\Delta N_o)^2>}{N_o^{\,2}} + \frac{<(\Delta N_1)^2>}{N_1^{\,2}} \right] + \frac{<(\Delta \frac{m}{S})^2>}{(\frac{m}{S})^2}$$

$$\boxed{\frac{\langle(\Delta\,\sigma\,)^2\rangle}{\sigma^2} = \frac{A^2}{\mathcal{N}^2\;\sigma^2}\cdot\frac{1}{(\frac{m}{S})^2}\cdot\left[\frac{1}{n_o t_o}+\frac{1}{n_1\,t_1}\right]+\frac{\langle(\Delta\,\frac{m}{S})^2\rangle}{(\frac{m}{S})^2}} \qquad (1)$$

L'erreur statistique sur N_o et N_1 étant respectivement $\sqrt{N_o}$ et $\sqrt{N_1}$.

1) Choix des temps t_o et t_1

On recherche le minimum de la fonction

$$\frac{1}{n_o\cdot t_o} + \frac{1}{n_1\cdot t_1}$$

Le temps total t étant choisi, il reste une variable t_o. En annulant la dérivée de la fonction de t_o, on obtient :

$$\boxed{\begin{aligned} t_o &= t.\ \frac{T^{1/2}}{1+T^{1/2}} \\ t_1 &= t.\ \frac{1}{1+T^{1/2}} \end{aligned}}$$

L'égalité (1) devient :

$$\frac{\langle(\Delta\,\sigma\,)^2\rangle}{\sigma^2} = \frac{1}{n_o\,t}\cdot\left[\frac{1+T^{1/2}}{T^{1/2}\,(\mathrm{Log}\,\frac{1}{T}\,)}\right]^2 + \frac{\sigma^2\mathcal{N}^2}{A^2}\cdot\frac{\langle(\Delta\frac{m}{S})^2\rangle}{(\mathrm{Log}\,\frac{1}{T})^2}$$

ou, en posant

$$\frac{\langle(\Delta\,\sigma\,)^2}{\sigma^2} = \varepsilon^2$$

$$\langle(\Delta\,\frac{m}{S}\,)^2\rangle = \alpha^2$$

$$T^{1/2} = \frac{1}{u}$$

$$\boxed{\varepsilon^2 = \frac{1}{4\,n_o\,t} \cdot \left[\frac{1+u}{\mathrm{Log}\,u}\right]^2 + \frac{\sigma^2 \cdot \mathcal{N}^2}{4\,A^2} \cdot \frac{\alpha^2}{(\mathrm{Log}\,u)^2}} \qquad (2)$$

2) Choix de $\frac{m}{S}$ en considérant $\alpha = o$

Il reste $\varepsilon^2 = \frac{1}{4\,n_o\,t} \cdot \left[\frac{1+u}{\mathrm{Log}\,u}\right]^2$

on fait $\frac{d(\varepsilon^2)}{du} = o$ et on obtient u par la relation

$$\boxed{u \,.\, \mathrm{Log}\,u = 1 + u} \qquad (3)$$

et $u = 3,59$

on en déduit $\boxed{T = 7,78\ \%}$

$\frac{m}{S}$ est donné par $\frac{m}{S} = \frac{A}{\mathcal{N}} \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot \mathrm{Log}\ u^2$

$$\boxed{\frac{m}{S} = \frac{A}{\mathcal{N}} \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot 2,55} \quad (2) \qquad (4)$$

Dans ces conditions, $\varepsilon^2 = \frac{1}{4\,n_o\,t} \cdot u^2$

et $\sqrt{\frac{<(\Delta\sigma)^2>}{\sigma 2}} = \frac{1}{2} \cdot u \cdot \left[\frac{1}{n_o\,t}\right]^{1/2}$

soit $\varepsilon^2 = \frac{3,22}{n_o . t}$

---

(2) La section efficace est estimée d'après les résultats publiés dans la table BNL 325 (Neutron cross Sections) 1958, lorsque cette donnée existe.

et $$\boxed{\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{1,8}{(n_o . t)^{1/2}}} \qquad (5)$$

$n_o = 10\ s^{-1}$

Dans le cas de l'aluminium, $t = 10^4$ secondes.

Pour le Carbone, le Polyethylène et le Teflon, on a choisi $t = 5.10^3$ secondes.

Donc, si on considère l'erreur sur la mesure de $\frac{m}{S}$ comme nulle, le choix de $\frac{m}{S}$ doit être guidé par les résultats suivants :

Echantillons	$\frac{m}{S}$ g/cm^2	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
Al	38,2	$0,57.10^{-2}$
C	25,5	$0,8\ .10^{-2}$
$(CH_2 - CH_2)_n$	9,92	$0,8\ .10^{-2}$
$(CF_2)_n$	36,2	$0,8\ .10^{-2}$

3) <u>Choix de $\frac{m}{S}$ avec $\alpha \neq 0$</u>

La relation permettant de calculer u devient

$$u\ .\ (1+u)\ .\ \text{Log}\, u = n_o . t\ \frac{\mathcal{N}^2 .\ \sigma^2 .\ \alpha^2}{A^2} + (1+u)^2$$

$$\alpha = \rho\,\Delta x$$

$$\rho = \text{masse volumique}$$

$$\Delta x = 10^{-2}\ \text{cm}$$

m est obtenue par pesée de l'échantillon sans erreur sensible. On obtient les résultats **suivants:**

$$\frac{m}{S} = \frac{2 . A}{\sigma . \mathcal{N}} . \text{Log}\ u$$

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{1}{2} . \left[\frac{1}{n_o . t} . \frac{u.(u+1)}{\text{Log}\, u}\right]^{1/2}$$

Echantillon	u	$T = \frac{n_1}{n_0}$ en p. cent	$\frac{m}{S}$ g/cm^2	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$
Al	3,64	7,6	38,76	$0,57.10^{-2}$
C	3,68	7,4	26,06	$0,81.10^{-2}$
$(CH_2\text{-}CH_2)_n$	3,638	7,55	10	$0,81.10^{-2}$
$(CF_2)_n$	3,614	7,65	36,40	$0,81.10^{2}$

Dans les deux cas, les résultats sont très voisins. Ceci s'explique par le fait que, dans l'expression (6) $n_0 t . \frac{\mathcal{N}^2.\sigma^2.\alpha^2}{A^2}$ **est petit par rapport aux autres termes.**

Pour l'aluminium par exemple ,

$$u . (1 + u) . \operatorname{Log} u = 21,8$$

$$(1 + u)^2 = 21,45$$

$$n_0 t . \frac{\mathcal{N}^2.\sigma^2.\alpha^2}{A^2} = 0,35$$

VI. - RESULTATS

A) L'Aluminium

L'application des calculs précédents conduit au choix suivant :

Pour la transmission $T = 7,6$ p. cent

Pour l'épaisseur massique : $\frac{m}{S} = 38,76 \; g/cm^2$

Pour le temps de mesure sans absorbant : $t_o = 2160$ s

Pour le temps de mesure avec absorbant : $t_1 = 7840$ s

De manière à présenter l'exponentielle d'absorption, il a été préparé 7 cylindres d'épaisseur massique différente. Les épaisseurs massiques ont été calculées d'après la pesée des cylindres usinés.

Les mesures ont donné les résultats suivants :

g/cm^2	5,383	17,502	28,322	38,553	44,780	53,929	64,032
$T = \frac{N}{N_o}$	0,7096	0,3047	0,1568	0,0799	0,0508	0,0260	0,0170
σ_T barns	2,841	3,044	2,934	2,938	2,982	3,034	2,854
$\Delta\sigma$ barns	0,018	0,014	0,014	0,017	0,019	0,024	0,026
ΔT	0,0020	0,0018	0,0014	0,0012	0,0010	0,0008	0,0007

ΔT étant la racine carrée de l'écart quadratique moyen sur la transmission T.

L'exponentielle d'absorption est reproduite sur papier semi-log. a la Fig. IX.

Les résultats montrent que les valeurs les plus précises de la section efficace totale sont obtenues avec des cylindres d'aluminium de 17,502 et 28,322 g/cm^2. Les différences que l'on peut observer par rapport aux résultats théoriques s'expliquent par le fait que la valeur de la section efficace était approximative.

Le résultat définitif est calculé en prenant la moyenne des valeurs de la section efficace totale, obtenues pour les cylindres de 5,383 g/cm^2, 17,502 g/cm^2, 28,322 g/cm^2, 38,553 g/cm^2 avec $\Delta\sigma$ = 0,015 barn.

$$\boxed{\sigma_T = 2,935 \pm 0,015 \text{ barns}}$$

B) Le Carbone

Un calcul d'erreur identique au précédent a fourni les renseignements suivants :
T = 7,4 p. cent $\frac{m}{S}$ = 26,06 g/cm^2.

Deux échantillons ont été usinés a partir de ces données et l'on a obtenu les résultats suivants :

g/cm^2	18,848	29,019
T	0,1732	0,0764
$\sigma_T{}^b$	1,853	1,772
$\Delta\sigma$ calculée	0,013	0,015

D'où la valeur moyenne en prenant le $\Delta\sigma$ expérimental

$$\boxed{\sigma T_c = 1,81 \pm 0,04 \text{ b.}}$$

C) Le Fluor et l'Hydrogène

Les sections efficaces totales de ces deux éléments ont été obtenues en effectuant les essais avec des échantillons de Téflon $(CF_2)_n$ et de polyéthylène $(CH_2-CH_2)_n$.

Les calculs ont été menés comme il a été expliqué au paragraphe IV, le carbone étant connu.

1) - Le Fluor : Mesures faites sur deux échantillons.

Le calcul d'erreur sur le téflon ayant donné les résultats suivants : T = 7,65 p. cent et $\frac{m}{S}$ = 36,40 g/cm^2, les deux cylindres choisis mesurent 25,815 et 36,821 g/cm^2.

g/cm^2	25,315	36,821
$T_{téflon}$	0,1136	0,0444
σ_T b.	2,594	2,606
$\Delta\sigma$ b. calculée	0,018	0,023

Finalement :

$$\boxed{\sigma T_{F.} = 2,60 \text{ b} \pm 0,02 \text{ b.}}$$

2) - Polyéthylène

D'après le calcul d'erreur, il faut $T = 7,55$ p. cent soit $\frac{m}{S} = 10$ g/cm^2.

Il a été choisi un échantillon de 9,612 g/cm^2. Pour obtenir N_o nous avons utilisé un cylindre de graphite dont l'épaisseur massique est égale à l'épaisseur massique partielle du carbone dans le cylindre de polyéthylène.

La mesure a conduit au résultat suivant :

$$\boxed{\sigma T_H = 2,37 \pm 0,02 \text{ barns}}$$

VII. - CONCLUSION

Les résultats obtenus peuvent être comparés aux mesures publiées :

Eléments	σ_T Mesurée (barns)	σ_T Publiée (barns)
Al	2,935 $\pm$ 0,015	2,9 [1]
C	1,81 $\pm$ 0,04	1,8 [2]
F	2,60 $\pm$ 0,02	2 ,45 [3]
H	2,37 $\pm$ 0,02	2, 35 [1]

Les valeurs publiées ont été lues sur les courbes moyennes tracées par les auteurs, à la suite d'une série de mesures faites à plusieurs énergies. Dans le cas de l'hydrogène, il s'agit de la courbe théorique ; les deux mesures les plus voisines sont à 1 MeV et à 25 MeV [4] . Pour le fluor, les auteurs [3] avaient fait trois mesures à la même énergie de neutrons, obtenus par des réactions différentes : Li^7 (p,n) Be^7 et H^3 (p,n) He^3 qui ont donné comme résultats 2,2 barns, 2,3 barns et 2,5 barns.

Les résultats montrent donc que la méthode des coïncidences permet d'obtenir de bonnes mesures de la section efficace totale. Le calcul a montré que la précision était de l'ordre de 1/100. Pour obtenir une plus grande précision 1/1000 par exemple, il serait nécessaire d'augmenter considérablement le temps de la mesure, ou alors de travailler avec un faisceau beaucoup plus intense.

Le calcul effectué par Monsieur VERVIER [5] montre qu'il peut être utile de faire une correction de la section efficace totale mesurée par transmission.

Cette correction s'avère inutile, car aux énergies utilisées, la formule de Monsieur VERVIER se réduit simplement à un terme, fonction de la section efficace différentielle de diffusion élastique.

Le calcul a été fait pour les quatre éléments étudiés.

Al $\Delta\sigma$ = 0,004 b.

C $\Delta\sigma$ = 0,003 b.

F $\Delta\sigma$ = 0,002 b.

H $\Delta\sigma$ = 0,0016 b.

Ce sont des corrections très inférieures aux erreurs dues aux fluctuations statistiques.

Manuscrit reçu le 9 décembre 1963

BIBLIOGRAPHIE

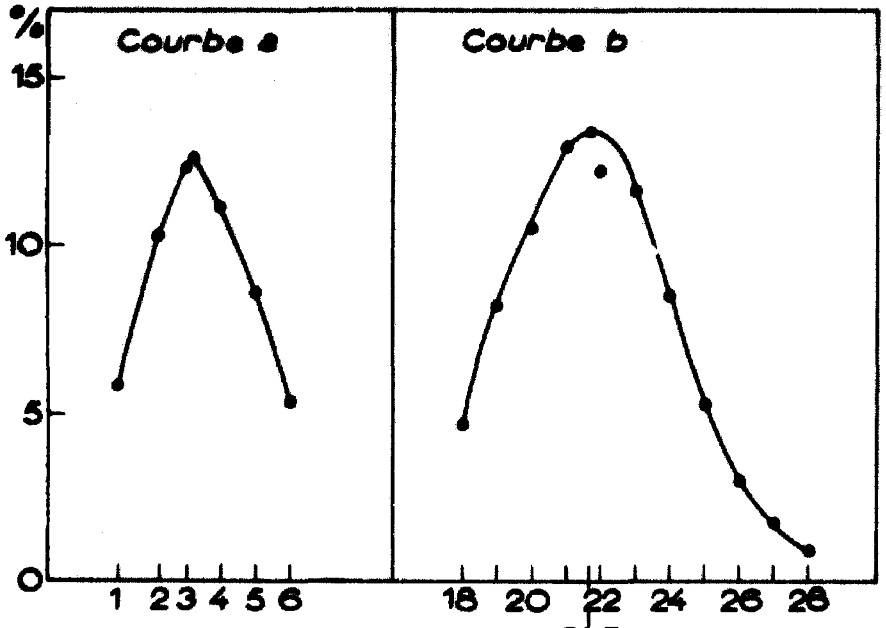
[1] HUGHES and SCHARTZ
Neutron Cross Section - B N L 325 - 2ème édition

[2] BOCKELMAN, MILLER, ADAIR, BARSCHALL
Phys. Rev., 1951, 84, 69

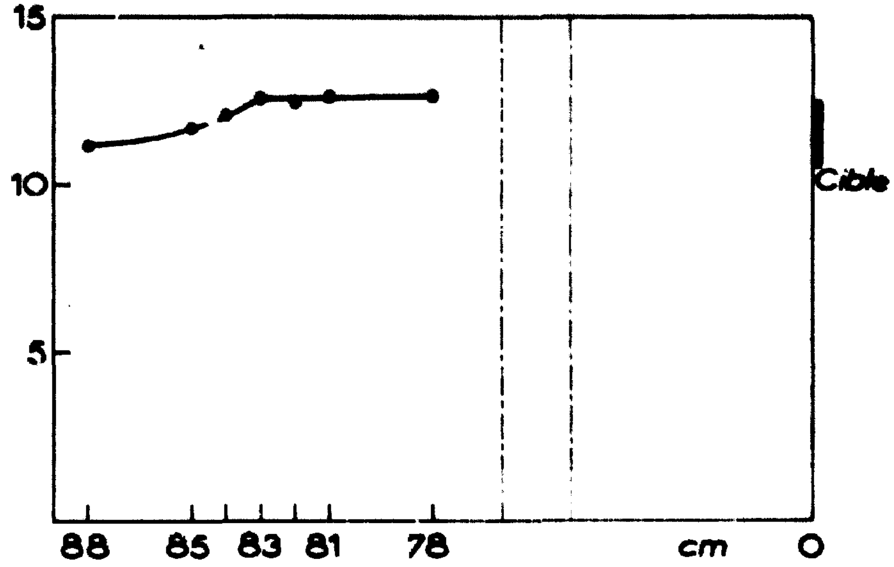
[3] WILLS, BAIR, COHN, WILLARD
Phys. Rev., 1958, 109, 891

[4] BECKER, BARSCHALL
Phys. Rev., 1956, 102, 1384

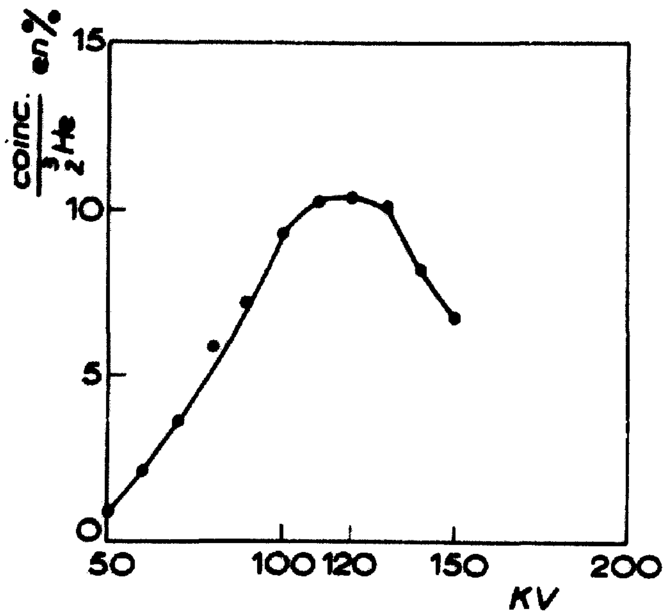
[5] VERVIER J.F.
Nuclear Instruments, 1958, 2, 53



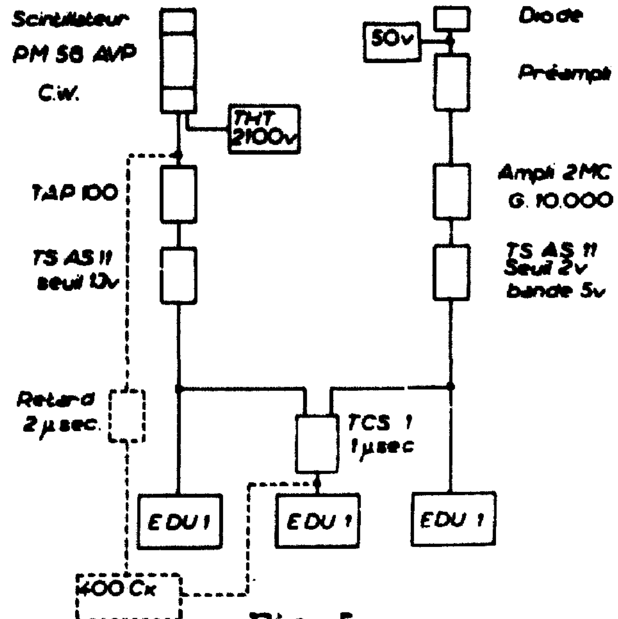
- Fig. 2 -



- Fig. 3 -

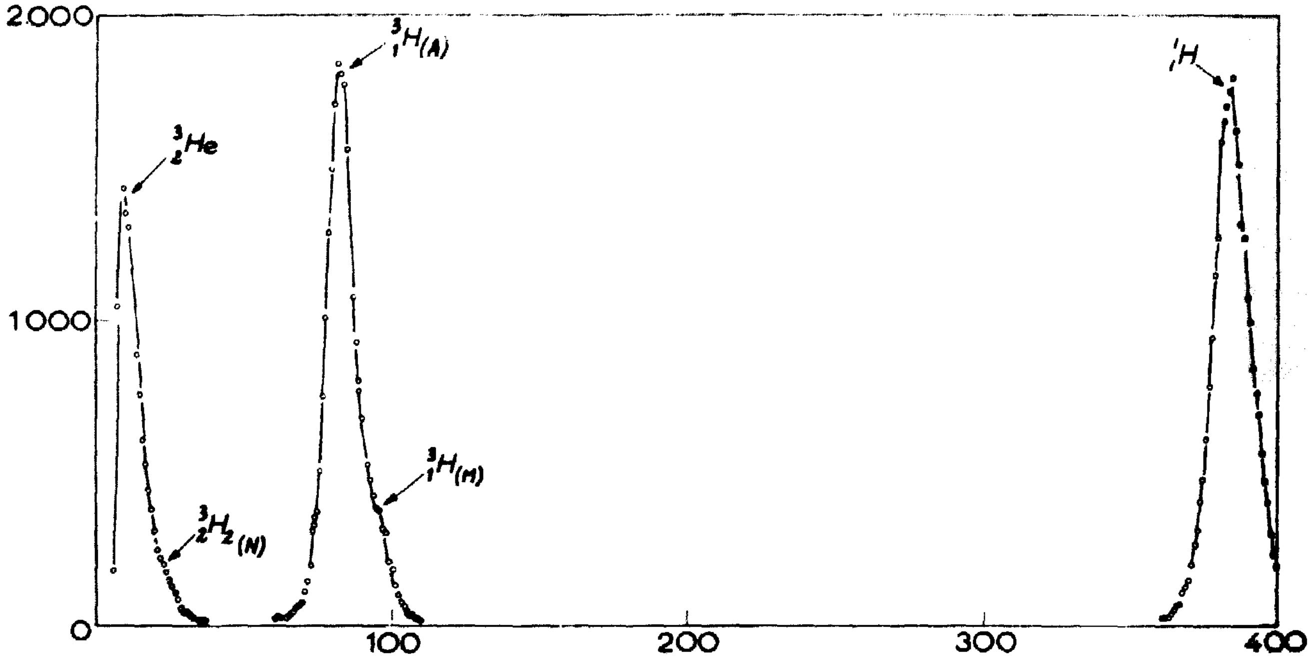


- Fig. 4 -



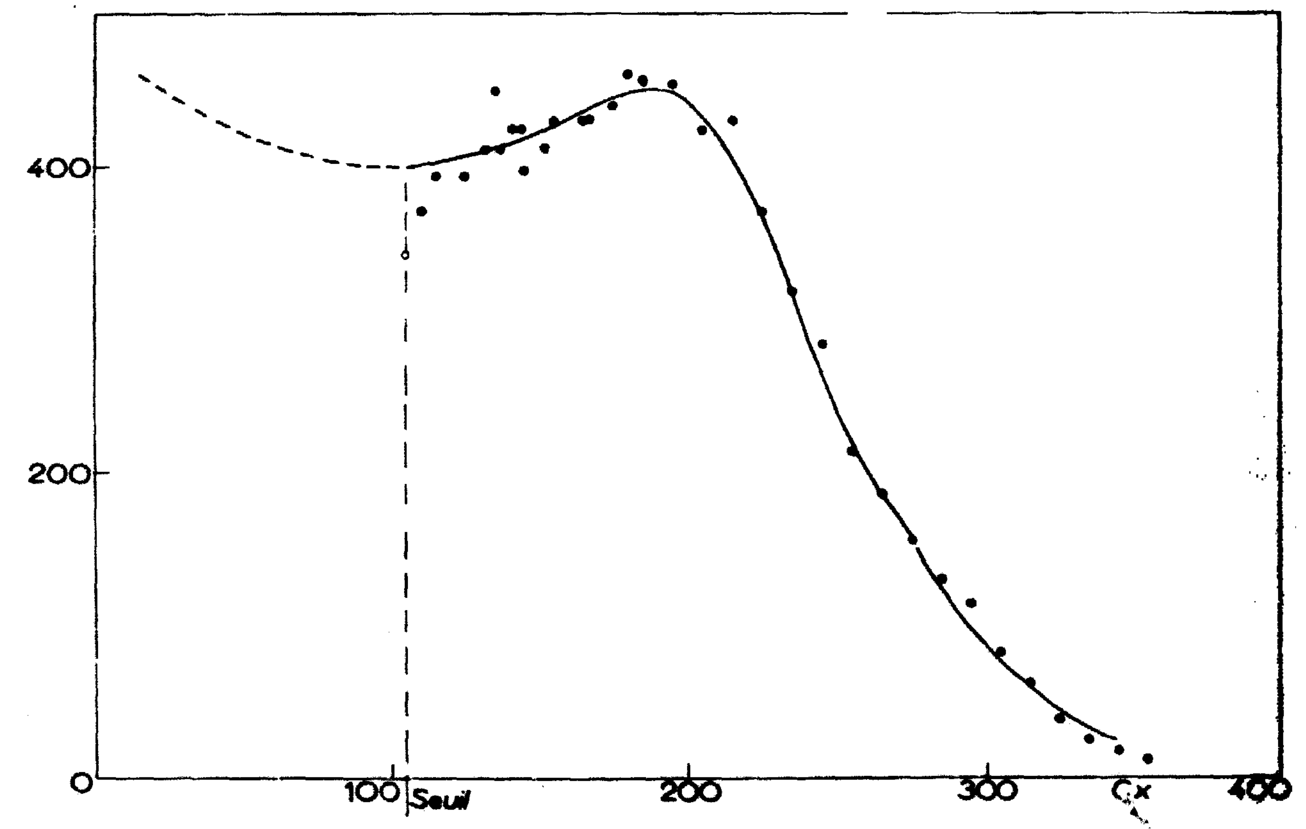
- Fig. 5 -

Diagramme de l'installation



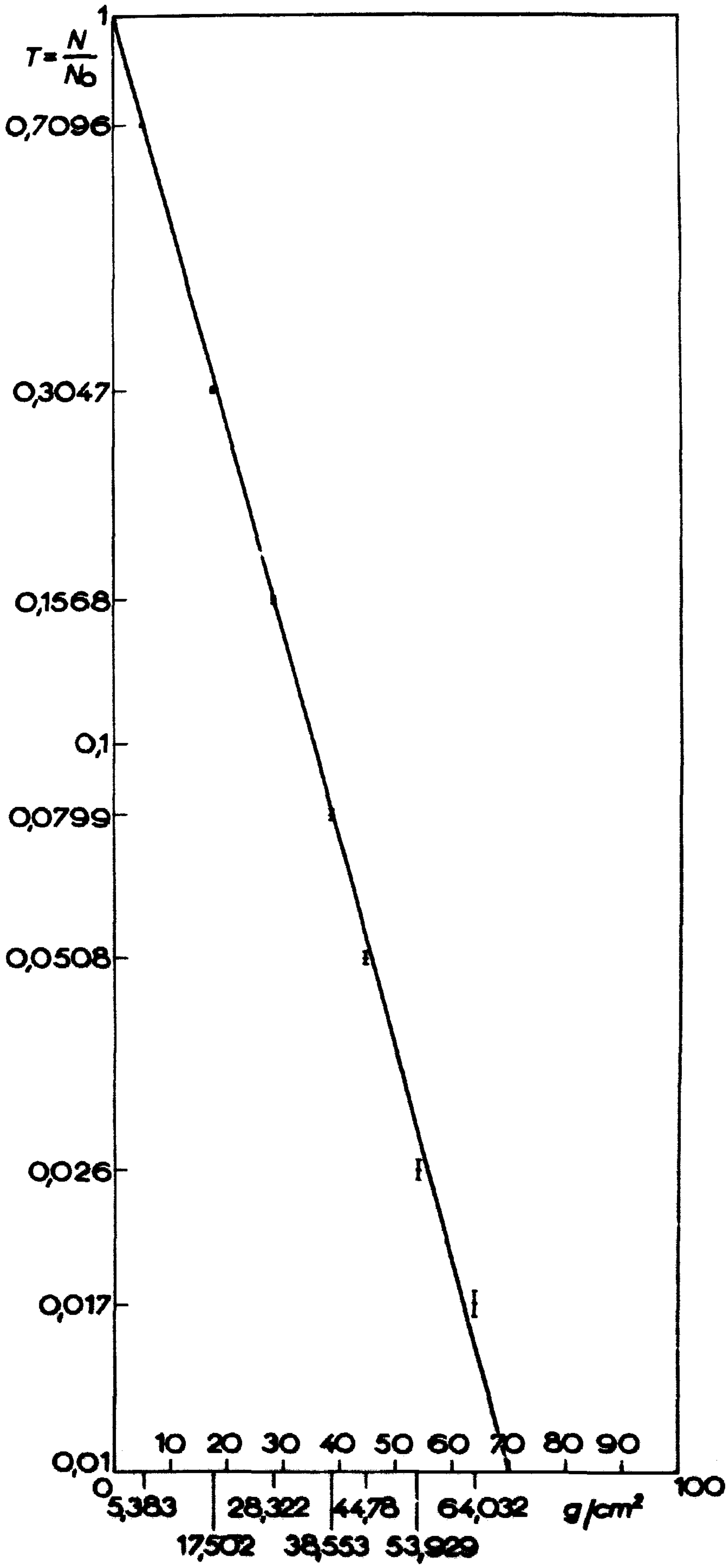
- Fig. 6 -

Spectre Particules Chargées (Bruit de fond déduit)



- Fig. 7 -

Spectre Neutrons d,d. Scintillateur Plastique : Epaisseur 5 cm



$T = \frac{N}{N_0}$
1
0,7096
0,3047
0,1568
0,1
0,0799
0,0508
0,026
0,017
0,01
0
10 20 30 40 50 60 70 80 90
100
5,383
28,322
44,78
64,032
17,502
38,553
53,929
g/cm²

- Fig. 9 -

FIN