

BEAUGE, MILLOT, RASTOIN

Rapport CEA n° 1187

Etude expérimentale de l'atténuation des neutrons dans les mélanges plomb-eau.

Sommaire. - La propagation des neutrons de fission a été étudiée dans les mélanges plomb-eau au moyen du dispositif NAIADÉ.

La pente du flux thermique et la pente du flux rapide (obtenue au moyen d'un dosimètre) restent voisines lorsque la proportion d'eau dans le mélange dépasse 65 pour cent en volume.

Pour des proportions inférieures les mesures mettent en évidence un "streaming" de neutrons en ralentissement d'énergie probablement inférieure à 300 keV.

1959

.....

BEAUGE, MILLOT, RASTOIN

Report CEA n° 1187

Experiments on neutron-attenuation by water-lead mixtures.

Summary. - The penetration of fission neutrons in water-lead mixtures has been investigated in the NAIADÉ facility.

The slopes of the thermal and fast fluxes (the latter measured with a dosimeter) remain similar when the volume proportion of water is greater than 65 per cent.

For smaller water contents, the measurements show the evidence of streaming presumably due to slowing-down neutrons of energy smaller than 300 keV.

.....

**PRÉSIDENCE DU CONSEIL
COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE**

**ETUDE EXPERIMENTALE
DE L'ATTENUATION DES NEUTRONS
DANS LES MELANGES PLOMB - EAU**

par

R. BEAUGE - J. P. MILLOT - J. RASTOIN

Rapport CEA No 1187

1959

**CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boite postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-et-O.)**

- Rapport C.E.A. n° 1187 -

**Service de Physique Mathématique
Section Etudes de Protection de Piles**

**ETUDE EXPERIMENTALE DE L'ATTENUATION DES NEUTRONS
DANS LES MELANGES PLOMB-EAU**

par

R. BEAUGE, J.P. MILLOT et J. RASTOIN

R.59.1114

- Mai 1959 -

ETUDE EXPERIMENTALE DE L'ATTENUATION DES NEUTRONS

DANS LES MELANGES PLOMB-EAU

I - Introduction.

La théorie des sections de déplacement permet de calculer le flux rapide et le flux thermique dans l'épaisseur du mélange, lorsque le pourcentage de plomb n'excède pas 50 pour cent, à l'aide d'une théorie à deux groupes. On peut de même estimer l'influence de l'introduction de plomb dans une protection lorsqu'on l'installe derrière une grande épaisseur d'eau. Lorsque le plomb est étudié en grosse épaisseur ou avec des mélanges où la proportion est supérieure à 50 pour cent ce ne sont pas les neutrons rapides au-dessus du MeV qui sont les plus pénétrants : une autre théorie est alors nécessaire.

II - Dispositif expérimental.

1° Les mesures sont faites dans le dispositif NAIADÉ de la pile de Fontenay-aux-Roses. La méthode de mesure est indiquée dans le rapport de Genève 58/15/P/1190.

2° Les mélanges plomb-eau à 16 pour cent, 20 pour cent, 33 pour cent de plomb à 2 pour cent d'antimoine en volume, sont obtenus par l'insertion de billettes cylindriques de 3 cm de diamètre en rangées perpendiculaires à l'axe de la plaque d'uranium dans une cuve en aluminium de 70 x 70 x 63 cm. Les rangées sont séparées par des cales d'épaisseurs variables pour chaque mélange (11,1 - 8,8 - 4,1 cm) (annexe 10).

Les mélanges plomb-eau à 50 pour cent et 66,6 pour cent de plomb sont obtenus avec des plaques de plomb de 100 x 100 x 10 cm séparées par des intervalles de 10 cm ou 5 cm (annexes 7 - 8 et 9). Deux plaques contiennent 6,5 pour cent d'antimoine, deux autres à 10 pour cent sont percées dans leur axe d'un trou cylindrique permettant l'insertion de détecteurs.

Des expériences ont été également faites avec du plomb pur. Nous disposons d'une plaque de 100 x 100 x 10 cm et d'une autre de 100 x 100 x 5 cm.

3° Les mesures en neutrons thermiques ont été faites avec des détecteurs de manganèse et deux types de compteurs à BF_3 l'un de 3 cm de long, l'autre de 25 cm.

Les mesures en neutrons rapides ont été faites avec un dosimètre "Mariani" (scintillateur en polyéthylène répondant à la dose).

Le rapport des deux courbes (détecteurs en manganèse nu et détecteurs en manganèse sous cadmium), donne le rapport cadmium.

III - Atténuation des neutrons rapides.

Nous avons étudié la variation de la section de déplacement du plomb en fonction du spectre incident et du pourcentage d'eau auquel il est mélangé. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Avec des neutrons de fission, la section de déplacement est, pour le plomb ($d = 11,35$) dans les mélanges plomb-eau, constante et égale à $0,115 \text{ cm}^{-1} \pm 0,001$ quelle que soit la teneur en eau, pour le plomb pur sans eau intercalée elle est de $0,111 \text{ cm}^{-1} \pm 0,001$. (annexes 1 et 2).

Le mélange a une section de déplacement variable avec la teneur en eau et la distance à laquelle on fait la mesure.

2° Avec des neutrons de fission filtrés par 90 cm de graphite (annexes 3 et 4) la section de déplacement est constante et égale à $0,119 \text{ cm}^{-1} \pm 0,001$ lorsque le plomb se trouve mêlé à de l'eau. La section de déplacement correspondant à une unique épaisseur de 10 cm est de $0,133 \text{ cm}^{-1} \pm 0,002$; les couches suivantes ont une atténuation correspondant à une section de déplacement de $0,119 \text{ cm}^{-1} \pm 0,001$.

Le mélange a une section de déplacement variant linéairement avec sa teneur en eau. (Pour l'eau $\Sigma = 0,113 \text{ cm}^{-1}$).

Nous avons d'autre part étudié avec le dosimètre plan Mariani, la dose en neutrons rapides derrière une épaisseur déterminée de plomb ou de mélange.

a) Dans le plomb pur, la pente (annexe 6) :

- est indépendante de l'épaisseur d'eau devant le dispositif
- est en moyenne plus faible que la section de déplacement.

- Cette pente est probablement due à l'atténuation des neutrons dont l'énergie est comprise entre le seuil du dosimètre ≈ 300 keV et le seuil inélastique 800 keV.
- Derrière une épaisseur égale à l'épaisseur de plomb, on retrouve l'atténuation des neutrons rapides de l'eau. Le plomb atténue les neutrons d'énergie supérieure à 1 MeV d'une façon à peu près équivalente à celle de l'eau.

b) - Dans les mélanges :

66 pour cent Pb - 34 pour cent H₂O (annexe 9)

50 pour cent Pb - 50 pour cent H₂O (annexe 8)

nous constatons que l'écart entre les pentes du flux de dose dans le mélange et dans l'eau diminue lorsque la proportion d'eau augmente ; il n'est plus que de 30 à 40 pour cent pour le mélange à 50 pour cent.

IV - Atténuation des neutrons épithermiques

(annexes 1 - 5 - 7 - 10 - 11).

Nous avons étudié cette atténuation à l'aide de détecteurs au manganèse sous cadmium (annexes 5 - 7 - 11). Ces détecteurs ne sont pas étalonnés en absolu. L'écart entre les courbes représentant le flux thermique et le flux en détecteurs sous cadmium représente le rapport cadmium.

Dans le plomb en grosse épaisseur, irradié avec des neutrons de fission, la pente du flux épithermique est faible (correspondant à une longueur de diffusion de 20 cm). Elle est indépendante de la teneur en antimoine ; par contre la valeur absolue du flux

épithermique varie du fait de l'absorption en ralentissement de l'antimoine. On peut penser que le streaming des neutrons a lieu dans la zone d'énergie 300 - 800 keV où la capture de l'antimoine est négligeable ($\sigma_a \approx 0,1$ b).

Ces considérations seraient probablement aussi valables pour le plomb au lithium, mais la capture donnera des gamma d'énergie très faible.

V - Propagation des neutrons thermiques.

Nous avons étudié cette propagation à l'aide de détecteurs de manganèse nu, dans divers dispositifs en faisant varier la proportion d'eau et pour des teneurs d'antimoine différentes.

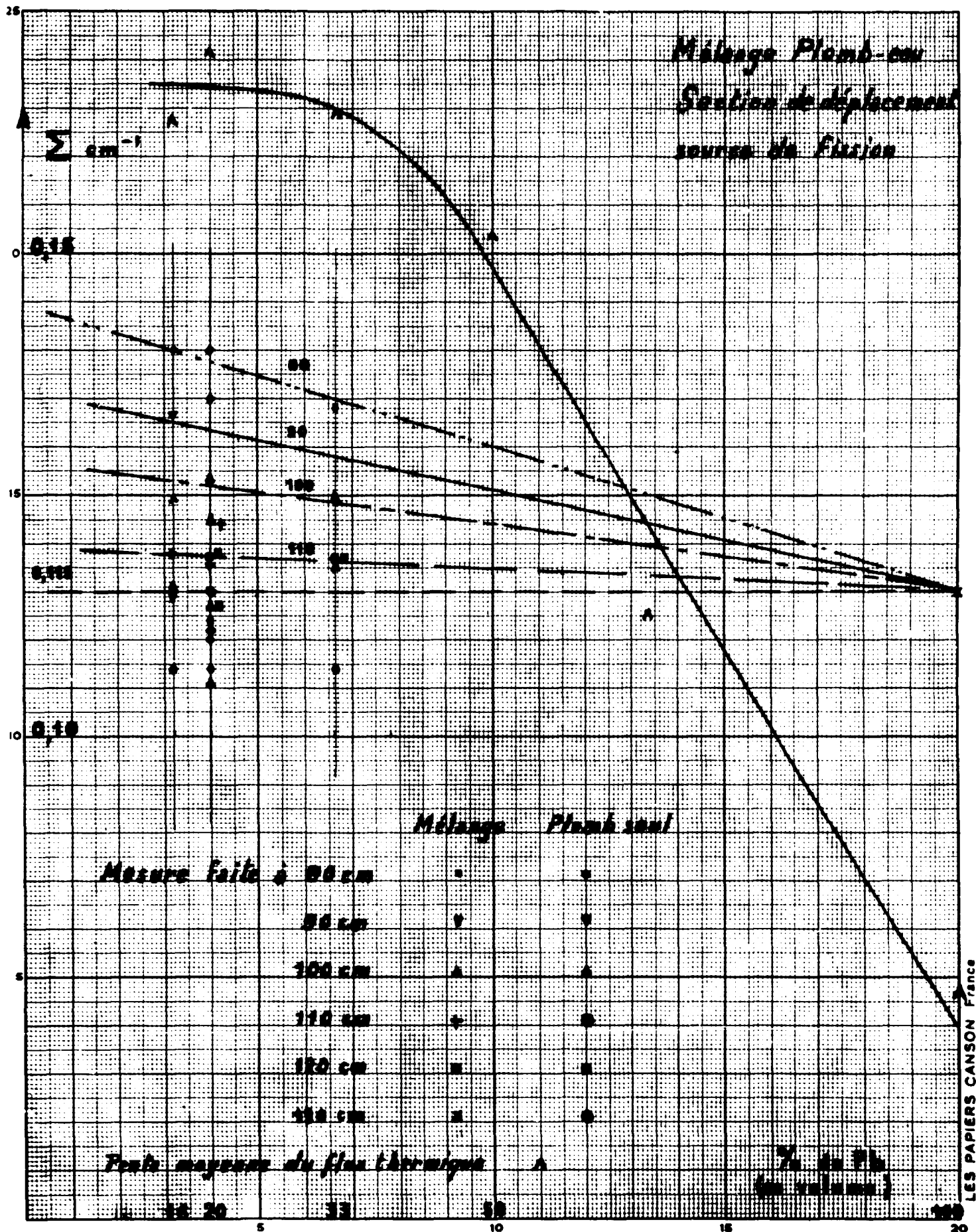
Nous constatons, avec des irradiations avec sources de fission, que la pente dans le mélange correspond pour des teneurs inférieures à 50 pour cent à la pente calculée à l'aide de la théorie des sections de déplacement. Pour des teneurs supérieures, la pente correspond à peu près à la pente mesurée avec un dosimètre, sauf, pour le plomb en grosse épaisseur, où la pente du flux thermique est beaucoup plus faible. Dans ce cas la diffusion thermique domine près des parois au contact avec l'eau.

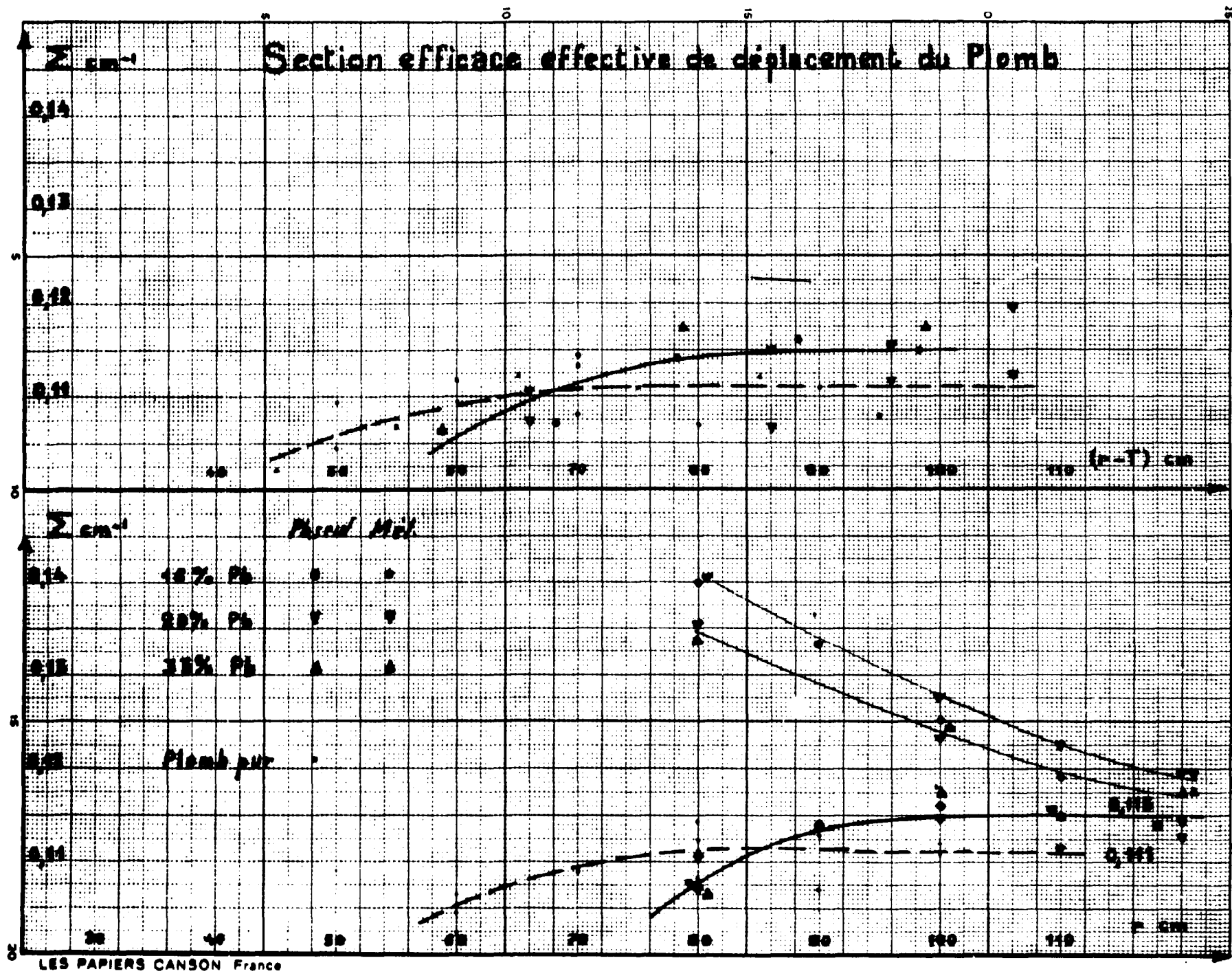
Nous constatons, derrière le matériau, que la courbe du flux thermique rejoint la courbe du flux thermique dans l'eau pure après une épaisseur d'eau de l'ordre de grandeur de l'épaisseur de plomb traversé.

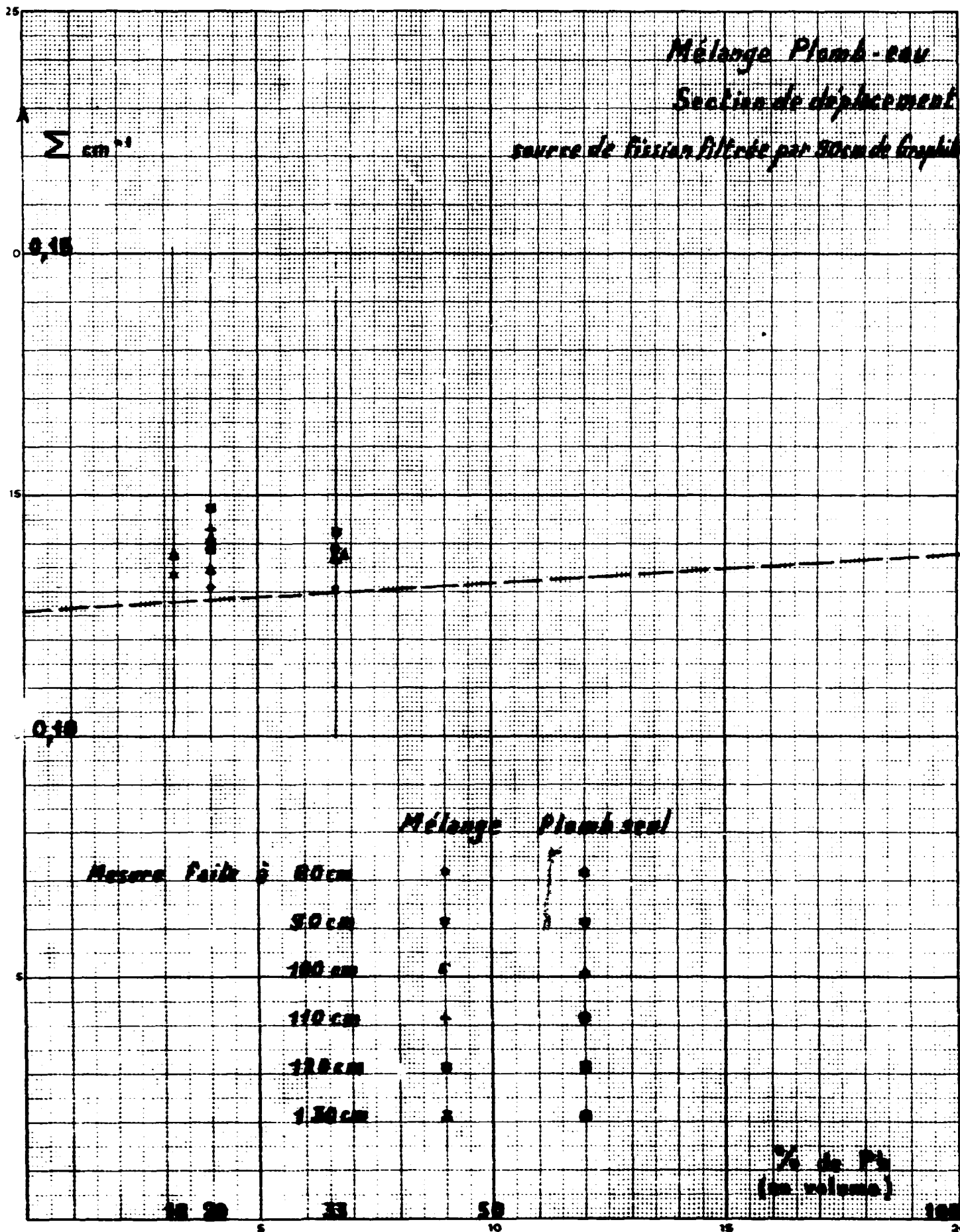
L'irradiation à l'aide des neutrons thermiques de pile montre

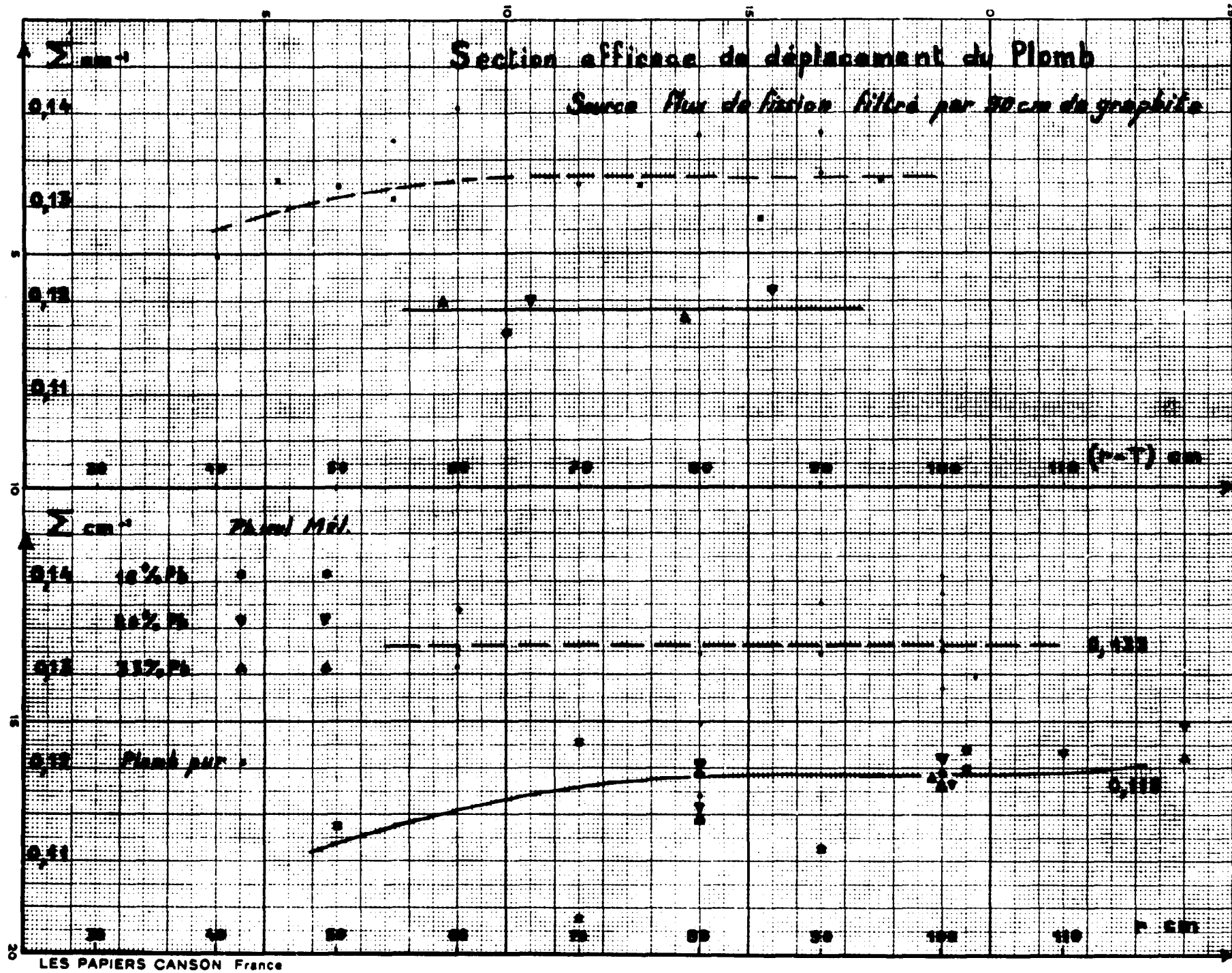
l'influence essentielle de l'antimoine, la capture du plomb étant négligeable devant celle de l'antimoine.

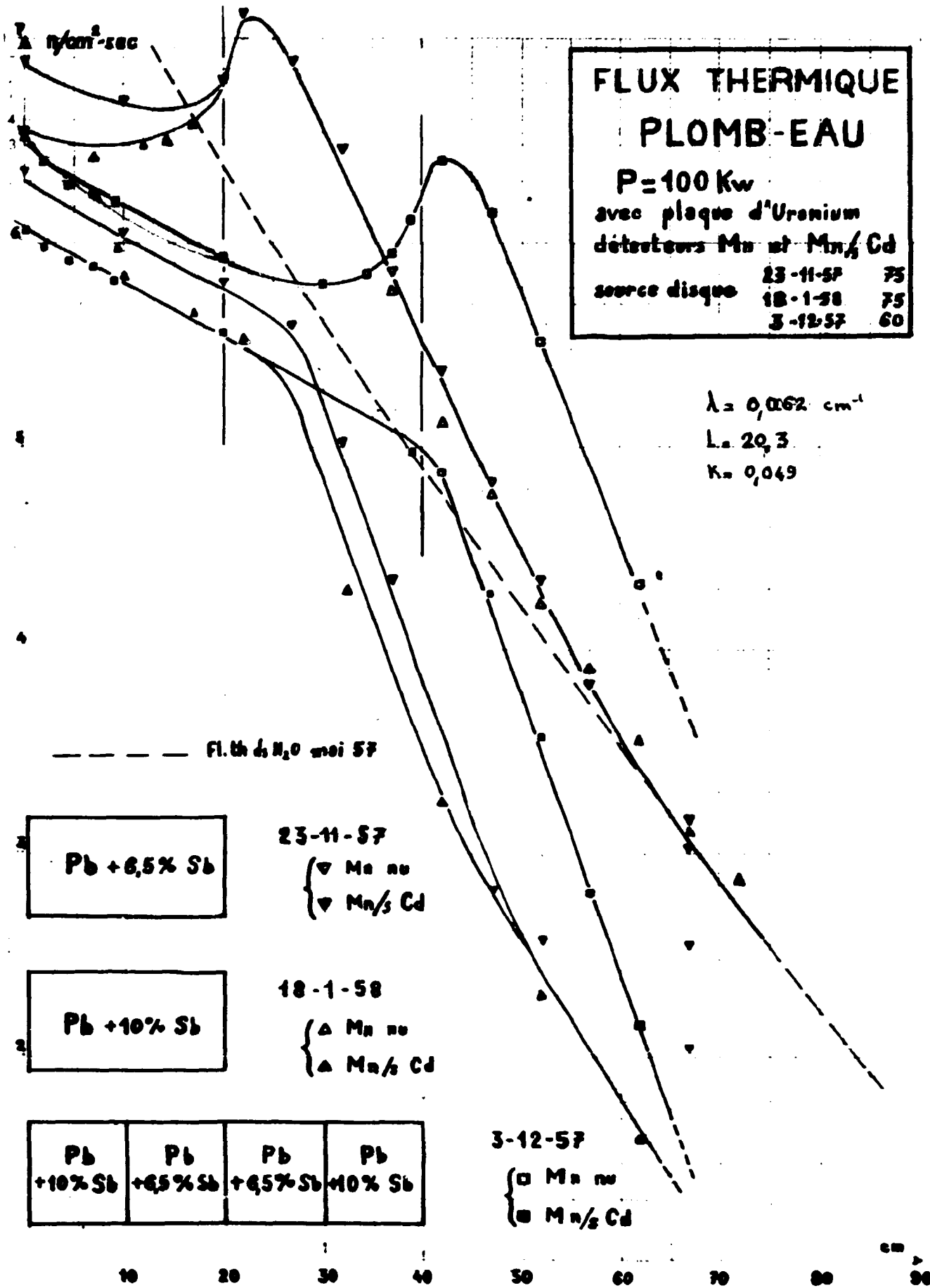
Manuscrit reçu le 13 avril 1959.

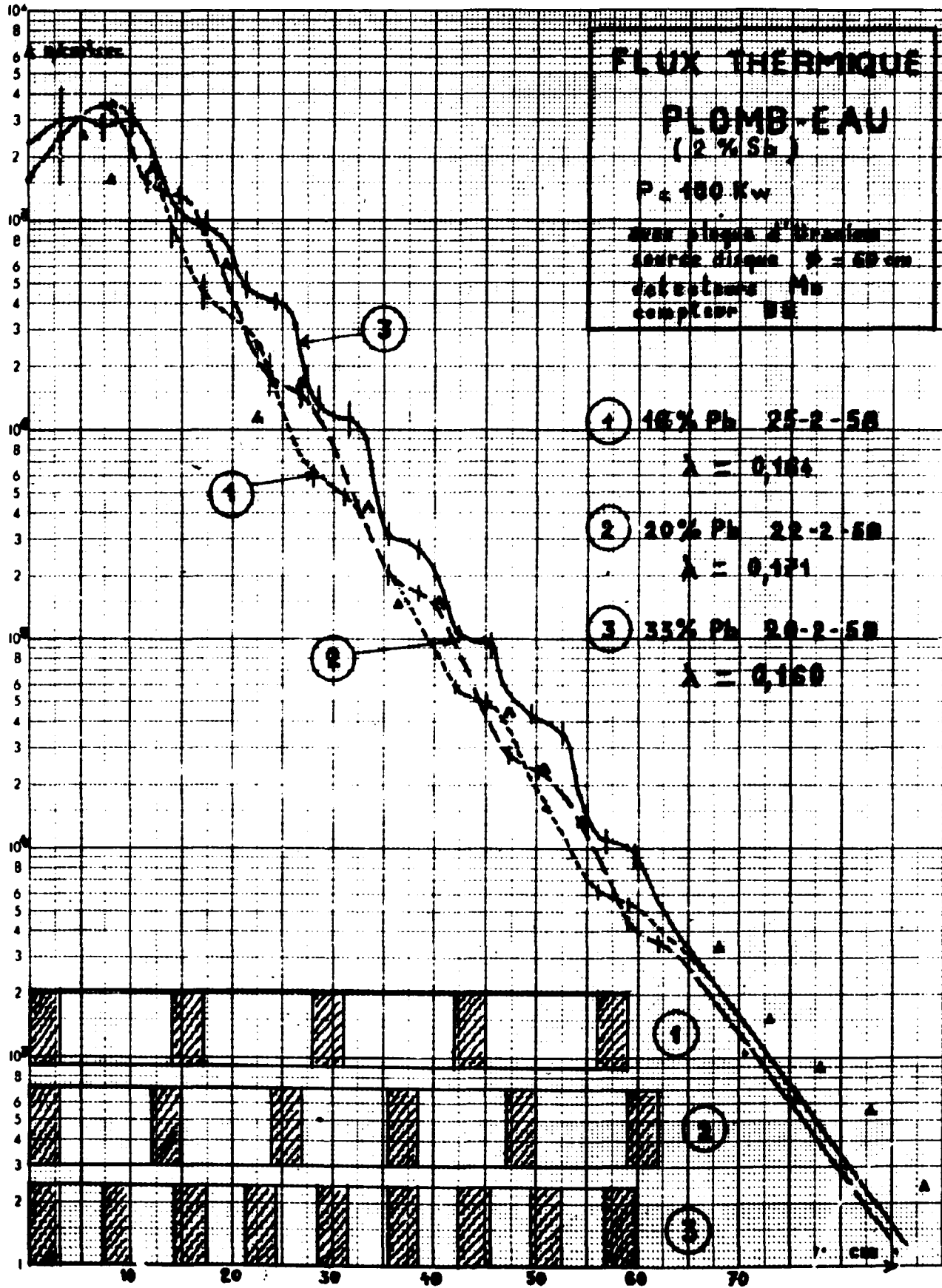


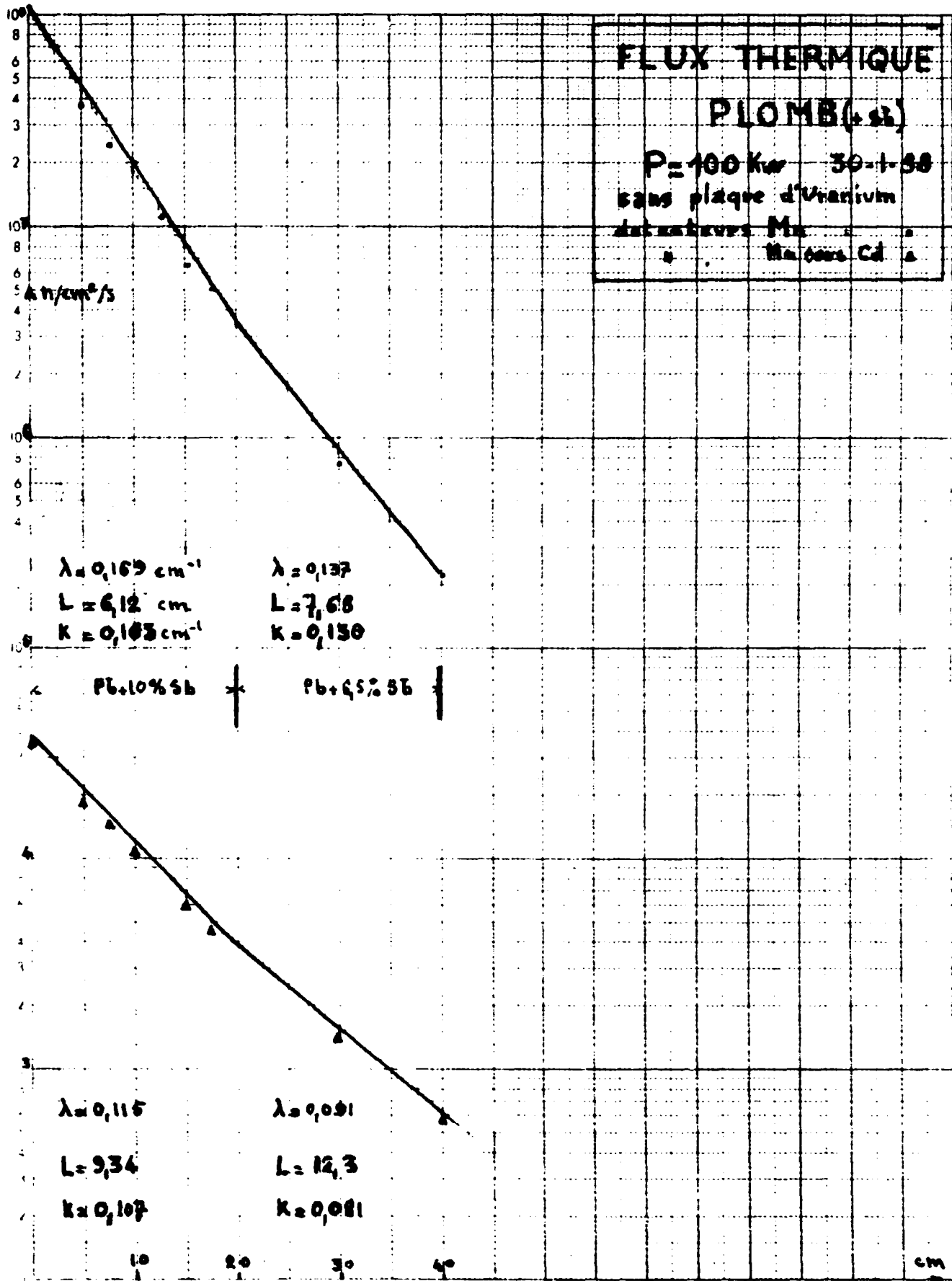












ANNEXE 12

Influence de la présence d'antimoine dans le plomb.

Les constantes physiques de l'antimoine sont :

- masse atomique $A = 121,76$
- masse spécifique $\rho = 6,69 \text{ g/cm}^3$
- section de déplacement $\sigma = 2,68 \text{ barns/atome}$
 $\Sigma = 0,089 \text{ cm}^{-1}$

Cette dernière valeur est lue sur la courbe expérimentale $\sigma = f(\log A)$, cette courbe est sensiblement une droite. Elle a été tracée à partir des valeurs mesurées pour le graphite, l'oxygène, le sodium, l'aluminium, le fer, le plomb.

Pour le mélange à 2 pour cent d'antimoine on admet la relation

$$\frac{\Sigma_1}{\rho_1} \times 0,02 + \frac{\Sigma_2}{\rho_2} \times 0,98 = \frac{\Sigma}{\rho}$$

$$\Sigma_2 = \frac{\rho_2}{0,98} \left[\frac{\Sigma}{\rho} - \frac{\Sigma_1}{\rho_1} \times 0,02 \right]$$

Σ_1, ρ_1 étant les constantes de l'antimoine
 $\Sigma_2, \rho_2 = 11,35$ les constantes du plomb

si $\Sigma = 0,114$ et $\rho = 11,14$ les constantes du mélange,

On obtient : $\Sigma = 0,115$

Pour le mélange à 6,5 pour cent on a :

$$\Sigma_2 = \frac{\rho_2}{0,935} \left[\frac{\Sigma}{\rho} - 0,065 \frac{\Sigma_1}{\rho_1} \right] = 0,111 \text{ avec } \Sigma = 0,108 \text{ cm}^{-1}$$

$\rho = 10,8 \text{ g/cm}^3$

on constate dans les deux cas que la correction est suffisante.

Courbes.

- I - Section de déplacement mesurée avec une source disque de fission ($\phi = 60$) pour le plomb pur et pour des mélanges eau-plomb, en fonction de la teneur en plomb.
- II - Section de déplacement avec une source disque de fission en fonction de Σ et $\Sigma - T$
- III - Section de déplacement mesurée avec une source plane de neutrons de fission filtrés par 90 cm de graphite, en fonction de la teneur en plomb.
- IV - Section de déplacement mesurée avec une source plane de neutrons de fission filtrés par 90 cm de graphite en fonction de Σ et $\Sigma - T$
- V - Flux thermique dans 40 et 20 cm de plomb suivi d'eau.
- VI - Dose en neutrons rapides dans l'eau derrière le plomb.
- VII - Flux thermique dans les mélanges 50 pour cent et 66 pour cent.
- VIII et IX - Dose en neutrons rapides dans les mélanges 50 pour cent et 66 pour cent.
- X - Flux thermique dans les mélanges 16 pour cent, 20 pour cent et 33 pour cent.
- XI - Flux thermique plomb (+ Sb).

FIN