

Helmut Schöber

INSTITUT

MAX VON LAUE - PAUL LANGEVIN

83BL21G

LE SPECTROMETRE A TEMPS DE VOL IN 6

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES ET PERFORMANCES

Y. BLANC

23 - 27

Chapitre I	INTRODUCTION	Page 1
Chapitre II	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	Page 1
Chapitre III	DESCRIPTION GENERALE	Page 3
Chapitre IV	MONOCHROMATEUR	Page 4
Chapitre V	FILTRE BERYLLIUM	Page 8
Chapitre VI	CHOPPERS	Page 9
Chapitre VII	ENCEINTE ECHANTILLON	Page 14
Chapitre VIII	BASE DE VOL	Page 17
Chapitre IX	DETECTEURS	Page 18
Chapitre X	PROTECTION	Page 24
Chapitre XI	MONTAGE MECANIQUE GENERAL	Page 26
Chapitre XII	ELECTRONIQUE	Page 27
Chapitre XIII	CARACTERISTIQUES OBTENUES	Page 31

I - INTRODUCTION

IN5, le spectromètre à temps de vol à haute résolution ne pouvant plus répondre à toutes les demandes d'expériences, il a été décidé de construire un nouveau spectromètre pour en diminuer la surcharge.

Il était impossible, pour des raisons financières et le manque de position en fin de guide, de construire une réplique d'IN5. Le choix s'est donc porté sur l'étude d'un spectromètre fonctionnant dans la gamme de longueur d'onde de 4 à 6 Å pour laquelle IN5 présente le flux le plus important mais une résolution moyenne de l'ordre de 100 à 200 μ eV.

Le choix a été guidé par le fait que ne disposant pas de fin de guide, la seule façon d'extraire des neutrons d'un guide existant est d'utiliser des cristaux statiques ou rotatifs.

II - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le principe d'IN6 a été décrit en détail par ailleurs [1].

Le monochromateur est constitué de 3 groupes de cristaux de graphite pyrolitique placés les uns à la suite des autres (Fig. 1b). Chaque groupe comprend 7 monocristaux orientés de façon à obtenir une pseudo-courbure permettant, dans le plan vertical, de focaliser les neutrons sur l'échantillon (Fig. 1a).

En spectrométrie temps de vol les problèmes physiques habituellement traités permettent le plus souvent d'avoir un grand angle solide sur les détecteurs et sur le faisceau incident.

Pour ces expériences les faisceaux des guides de neutrons sont trop bien collimatés : la réflexion dans les guides (en verre recouverts d'une couche de nickel) se fait pour des angles $\theta \leq \theta_c$.

θ_c angle critique de réflexion totale :

$$\begin{array}{ll} \text{pour } \lambda = 4 \text{ \AA} & \theta_c = 24 \text{ min} \\ \text{pour } \lambda = 6 \text{ \AA} & \theta_c = 36 \text{ min} \end{array}$$

Avec le monochromateur décrit précédemment, occupant toute la hauteur du guide, c'est-à-dire 20 cm, (Fig. 1a) on obtient un flux important sur un échantillon placé à 210 cm. Dans ces conditions la divergence verticale est de 5,5 °. Compte tenu de cette divergence, de celle du guide, de la mosaïque des cristaux et de la dimension de chaque monocristal, la hauteur utile du faisceau au niveau de l'échantillon est de 5 cm. Les trois groupes de monocristaux convenablement orientés (Fig. 1a) permettent d'obtenir un faisceau de neutrons ayant dans le plan horizontal une largeur utile d'environ 3 cm au niveau de l'échantillon.

Focalisation en temps

L'augmentation du flux au niveau de l'échantillon, grâce à cette focalisation par 3 monochromateurs, ne peut être obtenue sans une diminution importante de la résolution en énergie. Une compensation a été obtenue en utilisant la technique de focalisation en temps qui est décrite ci-après :

Le faisceau incident est pulsé par un chopper de Fermi ayant un angle de collimation qui est de l'ordre de l'angle sous lequel on voit, de l'échantillon, la distance entre deux monochromateurs ($\sim 1^\circ$). Une bonne transmission est obtenue par une faible longueur de son collimateur. Le sens de rotation du chopper est choisi pour permettre aux neutrons les plus rapides du faisceau primaire de partir après les plus lents qui seront rattrapés par les plus rapides à une distance F_{EL} appelée distance de focalisation élastique. La vitesse de rotation du chopper est réglée pour que cette distance F_{EL} corresponde à la distance séparant le chopper des détecteurs (Fig. 2a).

On obtient ainsi, pour une énergie incidente donnée E_0 , une courte impulsion de neutrons avec une résolution $\delta h\omega$ 3 fois meilleure que la dispersion en énergie ΔE_0 de l'ensemble du faisceau primaire. On montre que cette vitesse de rotation est donnée par la relation suivante :

$$2\pi\nu = \left[(L_{LE} + L_{ED})c.d.\cos\theta \right]^{-1}$$

avec : $c = 252,77 \mu\text{s.m}^{-1} \text{ \AA}^{-1}$

d : distance interréticulaire des monocristaux constituant le monochromateur ; pour le graphite 002 $d = 3,355 \text{ \AA}$

θ : angle de Bragg pour l'énergie incidente considérée

L_{CE} : distance chopper, échantillon

L_{ED} : distance échantillon, détecteur

λ (Å)	:	4,1	:	4,6	:	5,1	:	5,9	:
vitesse chopper pour focalisation élastique (t/min).	:	4971	:	5406	:	6056	:	8263	:

On peut étendre cette méthode de focalisation en temps pour la diffusion inélastique (Fig. 2b). On peut ainsi choisir la focalisation pour un transfert d'énergie donnée $\hbar\omega$. On obtient la vitesse de rotation voulue par la formule suivante :

$$2\pi\nu = \left[C.d. \cos \theta \cdot \left(L_{CE} + L_{ED} \left(1 - \frac{\hbar\omega}{E_0} \right)^{-3/2} \right) \right]^{-1}$$

$\hbar\omega$: transfert d'énergie pour lequel on cherche la focalisation $\hbar\omega = E - E_0$

E_0 : Energie incidente

$$\nu = 106.84 \left(3.95 + 2.483 \left(1 - \frac{\hbar\omega}{4.9} \right)^{-3/2} \right)^{-1}$$

III - DESCRIPTION GENERALE (Fig. 3 et 4)

Les figures 3 et 4 représentent la vue d'ensemble du spectromètre, en coupe horizontale et verticale.

Le spectromètre IN6 est implanté dans le bâtiment Conduits de Neutrons entre les appareils IN5 et D7 situés Côté Vercors.

Le faisceau de neutrons utilisé arrive de la source froide du réacteur dans le guide de neutrons H15. Implantés en aval sur le même guide se trouvent successivement les appareils suivants :

D7 - IN10 - D11 -

Une interruption du guide de neutrons a été réalisée pour installer le monochromateur d'IN6. Le faisceau ainsi diffusé par ce monochromateur, avant d'arriver sur l'échantillon, traverse successivement les équipements suivants :

- Un obturateur.
- Un diaphragme ajustable par télécommande.
- Une protection lourde qui est la continuation de celle du guide et comportant 4 trous de sortie obturables.

- Un filtre de béryllium maintenu à basse température (N2 liquide).
- Un collimateur de Soller amovible.
- Un chopper pour supprimer le recouvrement d'impulsion.
- Un chopper de Fermi interchangeable.
- Un moniteur.
- Une enceinte à vide recevant les échantillons et leurs équipements (four, cryostat, etc.). Sur la sortie de cette enceinte est fixé un collimateur oscillant.

Le filtre au béryllium, le collimateur et les deux choppers sont montés dans un carter intermédiaire en fonte dans lequel est maintenu un vide primaire de 10^{-1} torr.

Après diffusion par l'échantillon les neutrons sont captés par un ensemble de 337 détecteurs à hélium 3. La base de vol séparant l'échantillon des détecteurs est constituée d'une enceinte étanche remplie d'hélium gazeux. L'ensemble de ces éléments est monté sur une plateforme pivotant autour d'un axe centré sur le monochromateur, et pouvant être immobilisée sur 4 positions fixes correspondant aux 4 longueurs d'ondes de neutrons incidents.

$$\lambda_0 = 4,1 ; 4,6 ; 5,1 \text{ ou } 5,9 \text{ \AA}$$

IV - MONOCHROMATEUR

C'est la partie délicate du spectromètre. Le monochromateur est placé dans une interruption du guide H15. Il doit diffracter un faisceau de neutrons monochromatiques en perturbant le moins possible les instruments D7, IN10 et D11 placés après lui sur le guide H15.

Après avoir envisagé d'utiliser des cristaux de silicium, qui présentent une absorption à 12 \AA , trop importante pour D11, le choix s'est définitivement porté sur des monocristaux de graphite pyrolithique de mosaïque $0,4^\circ$ et cela malgré leur prix.

Le choix des longueurs d'ondes est le suivant :

$\lambda \text{ \AA}$	4,1	4,6	5,1	5,9
$\text{Sin}\theta$	0,611	0,6855	0,7601	0,8793
θ°	37,66	43,28	49,47	61,55

1. Monocristaux

En provenance de UNION CARBIDE ils se présentent sous la forme d'une plaque d'épaisseur comprise entre 1,60 et 2,24 mm, de 53,5 à 54 mm de longueur et de 28,5 à 29 mm de largeur. Le plan cristallographique 002 utilisé est parallèle à la grande face. La distance interréticulaire est de 3,355 Å.

Pour la plus petite longueur d'onde utilisée, la largeur du faisceau incident étant de 30 mm, la plus grande longueur de cristal utilisée est de $(l) = \frac{30}{\text{Sin}\theta} = 49$ mm, avec une longueur totale de 54 mm il reste 5 mm pour la fixation sans introduire d'autre matériau dans le faisceau. En réalité chaque cristal a été collé dans un support sur une longueur de 2 mm ménageant ainsi une marge de sécurité de 3 mm.

La largeur mosaïque à mi-hauteur de chaque cristal a été mesurée sur un diffractomètre à une longueur d'onde de 1,8 Å : elle varie de 23 à 40 min pour l'ensemble des cristaux et de 12 % en moyenne sur 1 cristal.

2. Montage des cristaux (Fig. 5)

Chaque monocristal est collé sur un support métallique en aluminium (Fig. 5, Rep. a), 7 de ces ensembles sont montés sur un cadre (Fig. 5, Rep. b) également en aluminium. A l'origine il avait été prévu un réglage indépendant de chacun des 7 cristaux sur le cadre. Ce réglage devait permettre de positionner ces cristaux tangentiuellement à un arc de cercle afin de focaliser verticalement les neutrons sur l'échantillon. Cette technique de réglage indépendant n'a pu être réalisée à cause de la rigidité limitée des cadres imposée par les conditions d'encombrement de l'ensemble monochromateur. Finalement les cristaux ont été collés sur chacun des 3 cadres.

L'orientation de chaque cristal est telle qu'il se trouve tangent à un cercle de rayon : $R = 2 D \sin\theta$. ($D =$ distance monochromateur échantillon = 2,1 m). Malgré les changements de θ un rayon de courbure moyen a été choisi : $R = 3$ m. Ce collage a été réalisé en contrôlant en permanence l'orientation à l'aide de neutrons sur l'appareil D13C. La précision angulaire ainsi obtenue est de $\pm 3'$.

3. Description de l'ensemble

- Rotation χ ...

Chacun des 3 cadres sur lequel sont collés les 7 cristaux est monté sur un autre cadre (Fig. 5, Rep. c) ayant un seul degré de liberté.

Dans la partie basse une lame ressort assure la liaison, permettant ainsi un mouvement dans un seul sens. Dans la partie haute l'immobilisation se fait, par un ensemble vis, ressort de rappel, avec une précision de réglage = $0,08^\circ$ /tour de vis, ce qui correspond pour un angle θ moyen de 50° à une variation de 2,4 mm/tour de vis, au niveau de l'échantillon (Fig. 5).

- Rotation θ

Chacun de ces 3 ensembles (cristaux et deux cadres) est solidaire de l'axe d'un motoréducteur, permettant ainsi une rotation de chaque ensemble de 7 cristaux pour faire varier la longueur d'onde des neutrons diffractés. L'axe de rotation est vertical et passe par le bord libre des cristaux (Fig. 5). Le motoréducteur est constitué d'un réducteur de rapport de 1/1500 accouplé à un moteur pas à pas (SFMI de taille 11) de 200 pas par tour. La précision ainsi obtenue est de $0,012^\circ$ /pas. Les positions de fonctionnement sont réglées à partir d'une butée électrique assurée par un microswitch. La reproductibilité de cette butée est de $\pm 0,015^\circ$. Les parties des pièces a, c (Fig. 5) qui sont les plus proches du faisceau (dans la position du plus petit θ) sont protégées par une feuille de gadolinium de 0,1 mm d'épaisseur afin de limiter les diffractions parasites de neutrons.

- Translation

Chacun des 3 groupes de cristaux peut être translaté séparément hors du faisceau, le monochromateur restant en place dans le guide. Pour cela chacun des 3 ensembles (les 7 cristaux montés sur les deux cadres ainsi que le motoréducteur) est monté dans sa partie haute sur une glissière avec des points d'arrêt, constitués par un système de bille effaçable, sur les positions dans et hors faisceau. Le centrage dans les deux positions est également assuré dans la partie basse par une butée à billes, escamotable par un petit vérin pneumatique. Ce système permet d'avoir une reproductibilité de position de l'axe de rotation des cristaux, compatible avec la précision nécessaire pour le changement de longueur d'onde.

Ces trois ensembles constitués par :

- les cristaux,
- les deux cadres,
- le motoréducteur,
- la glissière et
- la butée à billes,

sont montés sur un support massif en fonte stabilisée, tout cet ensemble constituant le monochromateur.

- Mise en place

Le monochromateur a été positionné dans l'axe du guide de neutrons H15 avec une précision verticale de $\pm 0,01^\circ$ pour les 3 groupes de cristaux, ce qui entraîne un positionnement, dans le sens de la hauteur, du faisceau diffracté au niveau de l'échantillon de l'ordre de $\pm 0,5$ mm et cela pour les 4 longueurs d'ondes prévues. L'ensemble monochromateur est monté sur deux glissières à billes qui permettent de l'extraire de la protection (pour un dépannage par exemple) et de le remettre à sa place sans avoir à refaire de réglage de positionnement.

4. Fonctionnement

Au cours de la rotation des cristaux, pour éviter toute collision entre eux et avec leur environnement, il a été monté un certain nombre de butées électriques. Ces butées ont pour rôle de couper l'alimentation du ou des moteurs d'entraînement de ces cadres en cas de collision ou de non utilisation de ceux-ci. L'organisation de ces butées est la suivante (voir Fig. 6).

- (1), (2), (3) butées de position zéro servant de référence : les cristaux sont sensiblement perpendiculaires au faisceau .
ACTION : coupure indépendante de chacun des 3 moteurs.
- (4) et (5) butées anticollision.
ACTION : chacune de ces deux butées coupe l'alimentation des moteurs d'entraînement des deux cadres entrant en collision.
- (6) butée de fin de course.
ACTION : coupure du moteur du cadre III quand il arrive en fin de course.
- (7), (8), (9) butée de sécurité en cas de non utilisation du ou des cadres en question (position hors faisceau).
ACTION : en position hors faisceau coupe l'alimentation du moteur le mettant ainsi hors service.

Toutes les butées électriques sont constituées par des microswitchs de marque HONEYWELL 250 V, 5 A.

V - FILTRE BERYLLIUM

Pour arrêter les neutrons de second ordre diffusés par les monocristaux de graphite on utilise le béryllium à basse température dont la longueur d'onde de coupure se situe à 4,05 Å.

Le filtre est constitué de 2 blocs de béryllium accolés :

- le premier de 140 x 80 mm² de section et de 40 mm d'épaisseur,
- le second de 130 x 80 mm² de section et de 80 mm d'épaisseur.

La pureté du béryllium utilisé est de 99,4 %, plus de 80 % des impuretés étant de l'oxyde de béryllium.

La transmission mesurée de ce filtre à $4,6 \text{ \AA}$ est de : $T = 89,6 \%$.

Description (Fig. 7)

Les deux blocs de béryllium sont fixés par serrage sur une embase en cuivre en contact avec l'azote liquide. Un pont thermique constitué par quatre colonnes de cuivre assure le refroidissement de la base des blocs de béryllium. Le tout est monté à l'intérieur d'une enceinte à vide en aluminium, d'épaisseur 1 mm au niveau du faisceau, fixée à la base d'un vase de stockage "Air Liquide" type TSB 25 d'une contenance de 25 litres constituant la réserve d'azote liquide. Ce système permet d'avoir une autonomie de plus de 10 jours. Un mancontact à bulbe permet de détecter le niveau mini (correspondant à 24 heures de réserve) et de déclencher un signal d'alarme répertorié sur le tiroir de sécurité qui se trouve dans la cabine d'IN6.

VI - CHOPPERS

Deux choppers sont nécessaires pour le fonctionnement du spectromètre.

- Un chopper principal de Fermi pulse le faisceau de neutrons. Sa vitesse est réglable afin de réaliser les conditions de focalisation en temps suivant le transfert d'énergie voulu et l'énergie incidente. Pour améliorer la transmission à grande vitesse deux types de choppers peuvent être utilisés : un à collimateur droit jusqu'à 15 000 tours/min et un à collimateur courbe au dessus de 15 000 tours/min.
- Un chopper d'arrêt ou "antioverlap" permet d'éviter le recouvrement de deux impulsions successives de neutrons au niveau des détecteurs pour de grands transferts d'énergie et les plus grandes longueurs d'ondes incidentes. Sa rotation est liée au point de vue vitesse et phase avec celle du chopper principal.

1. Chopper principal (Fig.8)

Il est constitué essentiellement d'un collimateur tournant. Pour avoir une transmission maximum, la longueur (dans le sens du trajet des neutrons) du collimateur a été réduite au minimum. Afin d'améliorer la résolution le chopper a été placé le plus près possible de l'échantillon, compte tenu de l'espace réservé pour l'environnement de l'échantillon (cryostat, four, etc.). Normalement cette distance est de 0,395 m. Celle-ci peut éventuellement être diminuée d'environ 0,150 m, après un démontage long et difficile de l'enceinte échantillon et d'une partie de la protection, par déplacement de l'ensemble du carter intermédiaire (contenant le filtre au béryllium, le collimateur de Soller, et les deux choppers : Fermi et antioverlap) qui est monté sur des glissières à billes.

Description

Les deux types de chopper pouvant être utilisés sont identiques en ce qui concerne le montage mécanique. Seul le collimateur monté sur le rotor est différent. Ils se composent donc de deux ensembles interchangeables.

Collimateur droit (Fig. 9)

Il est constitué par un empilement successif de feuilles d'aluminium perforées et de feuilles de gadolinium d'épaisseur de 0,2 mm pour l'aluminium et 0,025 mm pour le gadolinium. Ce qui donne pour un angle de collimation $2\beta = 0,034$ radian une longueur de 12 mm. Compte tenu de l'absorption de l'aluminium et du facteur de géométrie

$$\left(\frac{\text{surface utile}}{\text{surface totale}} = 0,889\right),$$

la valeur calculée de la transmission du chopper est donnée sur la Fig. 10 (d'après [1]).

Mesure de la transmission

a) Transmission statique :

A $4,1 \text{ \AA}$ la transmission statique en fonction de la position angulaire du collimateur par rapport à l'axe du faisceau, est représentée sur la

Fig. 11. On trouve une valeur maximale de 81 % pour 0° (la valeur théorique calculée est de 80 %). La largeur à mi-hauteur donne un angle de $1,4^\circ$ (la valeur théorique, compte tenu de la collimation et de la divergence du guide, est de $1,2^\circ$).

b) Transmission dynamique (rapport cyclique).

Elle est représentée sur la Fig. 12 à une longueur d'onde de $4,1 \text{ \AA}$. Elle est de 0,49 % à la vitesse de focalisation élastique.

- Collimateur courbe (Fig. 13)

Il est constitué par un empilement successif de feuilles d'aluminium et de feuilles de gadolinium d'épaisseur respective de 0,2 mm et 0,025 mm. Ces feuilles ont un rayon de courbure de 180 mm correspondant à une transmission maximum pour une vitesse de 22 000 t/min et une longueur d'onde moyenne de $4,5 \text{ \AA}$. La longueur du collimateur est 13 mm. L'angle de collimation est ainsi le même que celui du collimateur droit.

- Montage mécanique (Fig. 8)

Chaque collimateur est fixé à l'intérieur d'un rotor cylindrique en alliage d'aluminium de $\varnothing 80$ dont l'axe de rotation est vertical. La section utile du collimateur est de 64 mm de haut par 44 mm de large. La rotation de cet ensemble est assurée par deux paliers à billes spéciaux de type de ceux utilisés sur les pompes à vide turbomoléculaires, donc permettant une vitesse de rotation élevée, sous vide, et d'une durée de vie importante (de l'ordre d'un an ou plus en fonctionnement continu). Ce rotor est couplé d'une manière rigide à un moteur triphasé à hystérésis à deux paires de pôles d'une puissance de 200 W environ. Le refroidissement du stator du moteur, rendu nécessaire par le fonctionnement sous vide, est assuré par un serpentin en cuivre dans lequel circule un fluide maintenu à 20° C par un groupe réfrigérant. Cet ensemble moteur-rotor est accroché sous une bride en laiton assurant le positionnement et l'étanchéité lors du montage du chopper dans le carter intermédiaire (Fig. 8) Sur cette bride on trouve toutes les sorties étanches nécessaires au fonctionnement du chopper :

- Entrée et sortie du circuit de refroidissement du moteur.
- Prise tripolaire pour l'alimentation électrique du moteur.
- Prise quadripolaire pour le capteur de vitesse et de phase.

La mesure de la phase et de la vitesse est assurée par un capteur magnétique positionné en face de deux rainures décalées en hauteur et chacune de longueur égale à la moitié de la circonférence du rotor.

2. Chopper d'arrêt (Fig. 14)

Seul le rotor est différent de celui du chopper principal. C'est un cylindre en alliage d'aluminium de diamètre 140 mm. L'axe de rotation est vertical. Un trou de section rectangulaire percé de part en part suivant un diamètre permet le passage des neutrons. L'intérieur de ce trou est recouvert de cadmium. La section utile du passage des neutrons est de 52 mm de large et 98 mm de haut. La plus grande taille du rotor est expliquée par le fait que ce chopper est placé avant le chopper principal. Le faisceau de neutrons, étant convergent sur l'échantillon, a une section plus importante au niveau du chopper d'arrêt (voir Fig. 1). Le diamètre du rotor permet d'arrêter jusqu'à 3 impulsions de neutrons sur 4.

Le moteur et les roulements à billes sont identiques à ceux des deux choppers de Fermi. La bride de positionnement en laiton est plus grande mais possède les mêmes sorties étanches :

- Entrée et sortie du circuit de refroidissement du moteur.
- Prise tripolaire pour l'alimentation électrique du moteur.
- Prise quadripolaire pour le capteur de vitesse et de phase.

Le capteur de vitesse et de phase est également identique à ceux des deux choppers de Fermi.

La perte de flux due à la fenêtre de ce chopper à l'arrêt a été mesurée, elle est de l'ordre de 0,04 %, donc négligeable.

3. Electronique de commande des choppers

Conçue et réalisée par G.F.K. Karlsruhe, elle est décrite en détail dans une note [2] de M. NÜCKER et G. PÄTZOLD.

Principe général

En partant d'un signal de base de fréquence 15 MHz stabilisée par un quartz, la fréquence d'alimentation des moteurs est obtenue par un diviseur programmable en fonction de la vitesse désirée. Un capteur magnétique permet de comparer la phase du moteur à celle du générateur. L'ajustement de phase est fait par modification du facteur de division sur une courte période.

Cet ensemble électronique permet ainsi d'alimenter les 2 moteurs de chopper :

- Chopper de Fermi : vitesse ajustable jusqu'à 30 000 tour/mn.
- Chopper d'arrêt : sa vitesse est fonction de celle du chopper de Fermi, seul le facteur de division de vitesses est réglable. En position "chopper arrêté" un contrôle électronique de position du rotor permet de le maintenir "ouvert".

La phase relative des deux choppers est ajustable.

Réglages

Peuvent être réglés, manuellement ou par programme à partir d'un ordinateur, les facteurs suivants :

- Puissance d'alimentation du moteur du chopper de Fermi.
- Puissance d'alimentation du moteur du chopper d'arrêt.
- Vitesse de rotation du chopper de Fermi.
- Facteur de division de vitesse du chopper d'arrêt.
- Erreur de phase du chopper de Fermi (pour couper l'acquisition des données).
- Déphasage entre les deux choppers.

Un commutateur permet de contrôler pour chaque chopper :

- . Tension d'alimentation du moteur.
- . Intensité.
- . Fréquence.
- . Déphasage entre les deux choppers.

Signaux de sorties

- Un signal de synchronisation unité de temps de vol : 1 impulsion par période de temps de vol (quand le chopper d'arrêt tourne, on a 2 impulsions par tour de chopper d'arrêt. Quand le chopper d'arrêt est arrêté, on a 2 impulsions par tour de chopper de Fermi).
- Un signal d'inhibition de l'unité de temps de vol (changement d'état chaque fois que l'un des choppers est déphasé d'une valeur supérieure à la valeur affichée).
- Et pour chaque chopper :
 - . Un signal de synchronisation (2 impulsions par tour).
 - . Un signal erreur de phase (changement d'état chaque fois que l'erreur de phase est supérieure à la valeur affichée).

VII - ENCEINTE ECHANTILLON

C'est une enceinte destinée à recevoir l'échantillon et son environnement.

Elle doit donc assurer un certain nombre de fonctions :

- Permettre un positionnement précis de l'échantillon (au centre du faisceau de neutrons et au centre de la sphère sur laquelle se trouvent tous les détecteurs).
- Diffuser un minimum de neutrons (pour limiter le bruit de fond et les signaux parasites).
- Recevoir tout l'appareillage nécessaire à l'environnement de l'échantillon (cryostat, four, etc.).

Description (Fig. 15)

C'est un cylindre vertical de \varnothing 360 en tôle d'acier inoxydable, d'épaisseur 5 mm. L'entrée du faisceau est constituée d'une fenêtre en aluminium pur de 1 mm d'épaisseur et de section utile 40 mm de large et 70 mm de haut. La sortie des neutrons diffusés se faisant par une

fenêtre en aluminium pur de 2 mm d'épaisseur, d'une hauteur de 250 mm sur 130° d'ouverture par rapport au centre de l'enceinte. La bride inférieure de cette enceinte est fixée sur le bâti du spectromètre. Sur la bride supérieure est monté un soufflet métallique en acier inoxydable de \varnothing intérieur : 338 mm. La partie supérieure du soufflet est solidaire de 3 colonnes mobiles lui assurant un déplacement vertical avec un débattement de 160 mm. Cette enceinte délimite ainsi un volume libre, pour recevoir l'échantillon, de 338 mm de diamètre, la hauteur libre sous l'axe du faisceau est de 242 mm, et 625 ± 80 mm au-dessus du faisceau.

L'accès à l'échantillon peut se faire de deux façons :

- Latéralement par un trou rectangulaire de dimension 270 mm de haut et 270 mm de large, obturé par une bride en aluminium (Fig.15.) à blocage rapide.
- Verticalement par le haut. Une bride solidaire de la partie mobile du soufflet reçoit tous les accessoires standard (cryostat, four, porte-échantillon).

Cette enceinte ainsi constituée est étanche à un vide secondaire, (taux de fuite $< 10^{-6}$ torr litre/s), elle peut donc servir d'enveloppe extérieure de cryostat et sa paroi intérieure est entièrement couverte de cadmium de 1 mm d'épaisseur.

Positionnement de l'échantillon

L'enceinte échantillon a été positionnée de telle façon que son axe coïncide avec celui du faisceau et passe par le centre de la base de vol, avec une précision supérieure à 0,5 mm.

Pour mettre en place l'échantillon, il existe deux possibilités : Fig. 15.

- Par le trou latéral en le fixant sur le support prévu à cet effet. Ce support est solidaire de la bride rectangulaire dont le positionnement est parfaitement reproductible.
- Par l'ouverture supérieure munie d'une bride dont la position verticale peut être réglée par l'intermédiaire de 3 colonnes, au moyen d'un sys-

tème motoréducteur-vis sans fin. La commande de ce réglage se faisant soit sur place, soit à distance :

- : Sur place se trouve une commande manuelle de montée et de descente.
- . A distance, un tiroir de commande se trouvant dans la cabine de mesure permet de régler cette position sur trois valeurs prédéterminées, soit manuellement, soit par ordinateur, (le repérage de ces 3 positions est assuré par 3 détecteurs de proximité réglables montés sur une colonne verticale graduée).

Appareillage environnant (Fig. 16)

- Devant la fenêtre d'entrée du faisceau se trouve un diaphragme permettant d'adapter la taille et la forme du faisceau à ceux de l'échantillon. Il est constitué par une plaque de cadmium comportant un trou de passage pour le faisceau. Il existe un certain nombre de plaques avec des trous différents, d'autres plaques peuvent être fabriquées à la demande. La plaque utilisée est mise en place dans le faisceau au moyen d'un système simple à glissière, genre projecteur de diapositive.
- A l'intérieur de l'enceinte, dans l'axe du faisceau mais après l'échantillon, existe également un autre système à glissière pouvant recevoir soit un appareil à photo, soit un diaphragme à plaque de cadmium. Ces plaques permettant soit d'arrêter (pas de trou) ou de limiter (avec un petit trou de passage) le faisceau résiduel, afin de diminuer la diffusion des neutrons du faisceau principal par la fenêtre de sortie.
- A l'intérieur de l'enceinte immédiatement après la fenêtre d'entrée du faisceau, se trouve un collimateur dont l'angle de collimation $\beta = 1,9^\circ$ est tel qu'il permet d'éliminer tous les neutrons ne provenant pas directement du monochromateur.
- Le fond inférieur de l'enceinte est percé d'un trou borgne de $\varnothing 60$ mm permettant le centrage de certains appareillages porte-échantillon, et d'un trou permettant le pompage ou le remplissage (avec l'hélium par exemple) de l'enceinte. Une bride standard permet de raccorder rapidement les appareils les plus courants (pompe primaire, groupe de pompage, vanne, etc.). Une jauge à vide, est branchée en permanence et

peut être raccordée à un tiroir de sécurité pour déclencher en cas de vide insuffisant.

- Immédiatement derrière la fenêtre de sortie des neutrons diffusés, se trouve un collimateur spécial éliminant tous les neutrons ne provenant pas directement de la zone échantillon. Ce collimateur est constitué de lames en acier de 0,2 mm d'épaisseur, recouvertes d'une peinture d'oxyde de gadolinium. Ces lames sont toutes orientées vers le centre de l'échantillon. L'écartement de ces lames, leur longueur et leur distance du centre de l'enceinte, délimitent une zone échantillon cylindrique de diamètre 60 mm. Afin de répartir l'effet d'ombre des lames sur tous les détecteurs, ce collimateur est animé d'un mouvement alternatif à vitesse constante, (1 aller-retour toutes les 20 secondes), suivant une trajectoire concentrique à l'échantillon. Ce mouvement est assuré par un moteur entraînant une came cylindrique spéciale avec une fente dans laquelle vient coulisser un doigt solidaire du collimateur lui-même, monté sur un chemin de roulement à billes.

Une mesure de l'efficacité de ce collimateur a été réalisée en plaçant un barreau de PVC en différentes positions dans l'axe du faisceau de neutrons, et notant, pour chaque position, le taux de comptage sur tous les détecteurs diminué du bruit de fond. La Fig. 17 représente cette courbe.

VIII - BASE DE VOL

Compte tenu de la résolution, de la vitesse des choppers et de la place disponible, la distance séparant l'échantillon des détecteurs a été fixée à 2,466 m. Il est indispensable de limiter la diffusion des neutrons pendant leur trajet jusqu'aux détecteurs.

Une enceinte étanche contenant de l'hélium pur à une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique (2 à 5 g/cm²), a donc été intercalée entre l'enceinte échantillon et les détecteurs qui sont fixés sur sa fenêtre de sortie et qui couvrent un angle de 10 à 115 degrés par rapport au faisceau dans le plan horizontal, et \pm 15 degrés dans le plan vertical.

Description (Fig. 3 et 4)

C'est une enceinte étanche réalisée en tôle d'acier inoxydable de 1 mm d'épaisseur. La tenue mécanique est assurée par un cadre métallique de cornières d'acier de section rectangulaire.

L'entrée des neutrons se fait par une fenêtre en aluminium pur de 2 mm d'épaisseur et qui fait face à la fenêtre de sortie de l'enceinte échantillon. Du fait de la présence du collimateur oscillant intercalé entre ces deux fenêtres, le parcours dans l'air des neutrons diffusés par l'échantillon est d'environ 100 mm.

La fenêtre de sortie est également en aluminium pur de 2 mm d'épaisseur. Etant donnée sa grande dimension, elle est constituée de 3 panneaux, correspondant aux 3 rangées de détecteurs, de 4,1 m de longueur par 0,425 m de hauteur, assemblés entre eux par un cadre en alliage d'aluminium massif. La position de ces 3 panneaux est telle qu'ils sont tangents à une sphère centrée sur l'échantillon. Cette fenêtre est démontable. Elle est fixée sur l'enceinte grâce à deux brides entre lesquelles est intercallé un grand joint plat en caoutchouc.

Les parois intérieures de cette enceinte, à l'exception des deux fenêtres en aluminium, sont tapissées d'une feuille de cadmium de 1 mm d'épaisseur.

Le cadre de la fenêtre de sortie sert de support pour l'ensemble des détecteurs suivant un plan de montage précis (décrit dans le paragraphe suivant).

Le faisceau direct résiduel (après l'échantillon) ne traverse cette enceinte que sur une distance de 0,2 m, c'est-à-dire jusqu'au second moniteur, après, les neutrons se déplacent dans l'air, donc à l'extérieur de l'enceinte jusqu'au 3ème moniteur, puis au piège à faisceau, mais tout en restant à l'intérieur de l'enceinte de protection en polyéthylène.

IX - DETECTEURS

Compte tenu de la distance de vol qui a été fixée à environ 2,5 m et

de la collimation du faisceau, l'angle de diffusion a été choisi de 10 à 120° et dans le sens de la hauteur environ 35°, ce qui conduit à une surface de détection d'à peu près 3 m². Pour ne pas avoir à déplacer les détecteurs, pour des raisons de fiabilité (mauvais contact notamment) il était nécessaire de couvrir entièrement la surface de détection par des détecteurs. Deux solutions ont été envisagées :

- Détecteur multifils.
- Détecteur individuel.

A prix de revient comparable, le détecteur multifils présentant encore un bruit de fond trop important, c'est la solution du détecteur individuel type LMT qui a finalement été retenue.

Pour augmenter la surface de détection unitaire le détecteur cylindrique classique a été aplati dans sa partie utile.

Description (Fig. 18)

L'élément de base fabriqué par la Société LMT (Le Matériel Téléphonique) est composé d'un tube d'acier inoxydable Z2 CN 18.10 d'épaisseur 0,5 mm \pm 0,025, de diamètre extérieur 25 mm et de longueur 400 mm. Ce cylindre a été écrasé à froid dans sa partie centrale sur une longueur de 300 mm jusqu'à une épaisseur de 16 mm et une largeur de 32 mm. L'électrode intérieure est réalisée par un fil tendu. La connection étanche vers l'extérieur se fait à travers un passage électrique en nickel isolé par de la céramique. Le tube est rempli d'hélium 3 de pureté 99,99 % à une pression de 3 bars \pm 2 %.

L'efficacité globale moyenne de ce type de détecteur est donnée par [7] :

a) $\lambda < 4 \text{ \AA}$

$$\eta = 0,94(1 - e^{-0,363 \lambda})$$

b) $\lambda \geq 4 \text{ \AA}$

$$\eta = e^{-0,0063 \lambda}(1 - e^{-0,363 \lambda})$$

Montage (Fig. 19)

Pour des raisons de commodité de montage et de dépannage, les détecteurs élémentaires sont montés par 3 ou 4 dans un boîtier. Chaque détecteur est fixé entre deux lames de cadmium de 375 mm de longueur et de 83,5 mm de largeur qui forment un collimateur. La partie arrière du boîtier est également garnie de cadmium. Dans chaque boîtier de détecteurs sont également montés les préamplificateurs ainsi que les filtres haute tension.

Les boîtiers sont différents suivant l'angle où ils sont placés. Il en existe 4 types :

- Boîtiers de 3 détecteurs avec 3 préamplificateurs.
- Boîtiers de 3 détecteurs avec 1 préamplificateur.
- Boîtiers de 4 détecteurs avec 4 préamplificateurs.
- Boîtiers de 4 détecteurs avec 2 préamplificateurs.

Tous les boîtiers ont le même mode de fixation, à savoir deux têtes avec une gorge permettant le verrouillage grâce à une bille escamotable montée sur la partie fixe solidaire de la fenêtre de sortie de la base de vol. Cette partie fixe est constituée de deux biellettes réglables dans deux directions :

- Une première direction pour orienter l'entrée du collimateur, constituée par les plaques de cadmium séparant chaque détecteur, dans la direction de l'échantillon.
- Une deuxième direction pour positionner le boîtier de telle manière que la partie active de chaque détecteur soit tangente en son milieu à un cercle constituant la base d'un cône ayant pour sommet l'échantillon et comme angle au sommet l'angle de diffusion des neutrons.

Le réglage définitif de toutes ces biellettes a été fait à l'aide d'un gabarit simulant un boîtier de détecteurs. Il a été ainsi déterminé l'emplacement de montage de tous les boîtiers. Il est alors facile d'échanger un boîtier de détecteurs (en cas de panne par exemple) par un nouveau sans avoir à refaire le positionnement.

Chaque sortie de préamplificateur est reliée à une entrée du tiroir électronique de temps de vol. Chaque entrée de préamplificateur est connectée à un ou plusieurs détecteurs élémentaires suivant le type de boîtier.

Chaque type de boîtier est monté à un emplacement déterminé suivant le tableau I. Cette répartition a été adoptée afin que pour chaque entrée de temps de vol corresponde un $\Delta Q/Q$ aussi constant que possible, quel que soit l'angle de diffusion.

Angle de détection en degrés	Type de boîtier en place		ΔQ correspondant à chaque entrée de TOF. (\AA^{-1})	
	Rangée du milieu	2 Rangées haut et bas	$\lambda = 4.1 \text{ \AA}$	$\lambda = 5.9 \text{ \AA}$
10,33 à 16,07	Boîtiers de 4 détecteurs 4 amplis <i>2</i>	pas de détecteurs	0,026 à 0,025	0,020 à 0,017
17,13 à 43,27	Boîtiers de 4 détecteurs et 4 amplis <i>8</i>	Boîtiers de 3 détecteurs et 3 amplis <i>16</i>	0,024 0,019	0,017 0,013
44,33 à 60,27	Boîtiers de 3 détecteurs et 3 amplis <i>12</i>		0,018 0,013	0,013 0,009
61,72 à 100,68	Boîtiers de 4 détecteurs et 2 amplis <i>2 x 2.3</i>		0,024 0,01	0,016 0,006
103,71 à 114,27	Boîtiers de 3 détecteurs et 1 ampli <i>3 x 5</i>		0,018 0,03	0,012 0,02

TABLEAU I

$56 \times 4 = 224$
 ~~$50 \times 3 = 150$~~
 374

Ainsi pour chaque angle solide de diffusion on a un nombre différent de détecteurs unitaires. Le tableau II donne cette répartition en fonction de l'angle et du n° d'entrée temps de vol correspondante.

IN 6									
ANGLE		NOMBRE DE DETECTEURS			N° ENTREE T.O.F. POUR LES DETECTEURS				
N°	Valeur (Degré)	Par Angle	Par Entrée	du haut	du milieu	du bas			
46	48,51	3	1	126	125	127			
47	49,29	3	1	129	128	130			
48	50,07	3	1	132	131	133			
49	51,13	3	1	135	134	136			
50	51,91	3	1	138	137	139			
51	52,69	3	1	141	140	142			
52	53,47	3	1	144	143	145			
53	54,43	3	1	147	146	148			
54	55,31	3	1	150	149	151			
55	56,09	3	1	153	152	154			
56	56,87	3	1	156	155	157			
57	57,93	3	1	159	158	160			
58	58,71	3	1	162	161	163			
59	59,49	3	1	165	164	166			
60	60,27	3	1	168	167	169			
61	61,72	6	2	171	170	172			
62	63,28	6	2	174	173	175			
63	65,12	6	2	177	176	178			
64	66,68	6	2	180	179	181			
65	68,52	6	2	183	182	184			
66	70,08	6	2	186	185	187			
67	71,92	6	2	189	188	190			
68	73,48	6	2	192	191	193			
69	75,32	6	2	195	194	196			
70	76,88	6	2	198	197	199			
71	78,72	6	2	201	200	202			
72	80,28	6	2	204	203	205			
73	82,12	6	2	207	206	208			
74	83,68	6	2	210	209	211			
75	85,52	6	2	213	212	214			
76	87,08	6	2	216	215	217			
77	88,92	6	2	219	218	220			
78	90,48	6	2	222	221	223			
79	92,32	6	2	225	224	226			
80	93,88	6	2	228	227	229			
81	95,72	6	2	231	230	232			
82	97,28	6	2	234	233	235			
83	99,12	6	2	237	236	238			
84	100,68	6	2	240	239	241			
85	101,93	9	3	243	242	244			
86	105,97	9	3	246	245	247			
87	108,37	9	3	249	248	250			
88	112,09	9	3	252	251	253			
89	113,87	9	3	255	254	256			

IN 6									
ANGLE		NOMBRE DE DETECTEURS			N° ENTREE T.O.F. POUR LES DETECTEURS				
N°	Valeur (Degré)	Par Angle	Par Entrée	du haut	du milieu	du bas			
1	10,33	1	1		22				
2	11,11	1	1		23				
3	11,89	1	1		24				
4	12,67	1	1		25				
5	13,73	1	1		26				
6	14,51	1	1		27				
7	15,29	1	1		28				
8	16,07	1	1		29				
9	17,13	3	1	31					
10	17,91	3	1	34		32			
11	18,69	3	1	37		35			
12	19,47	1	1		36	38			
13	20,53	3	1	41		42			
14	21,31	3	1	44		45			
15	22,09	3	1	47		48			
16	22,87	1	1		49				
17	23,93	3	1	51		52			
18	24,71	3	1	54		55			
19	25,49	3	1	57		58			
20	26,27	1	1		59				
21	27,33	3	1	61		62			
22	28,11	3	1	64		65			
23	28,89	3	1	67		68			
24	29,67	1	1		69				
25	30,73	3	1	71		72			
26	31,51	3	1	74		75			
27	32,29	3	1	77		78			
28	33,07	1	1		79				
29	34,13	3	1	81		82			
30	34,91	3	1	84		85			
31	35,69	3	1	87		88			
32	36,47	1	1		89				
33	37,53	3	1	91		92			
34	38,31	3	1	94		95			
35	39,09	3	1	97		98			
36	39,87	1	1		99				
37	40,93	3	1	101		102			
38	41,71	3	1	104		105			
39	42,49	3	1	107		108			
40	43,27	1	1		109				
41	44,33	3	1	111		112			
42	45,11	3	1	114		115			
43	45,89	3	1	117		118			
44	46,67	3	1	120		121			
45	47,73	3	1	123		124			

Entrées T.O.F. 7 à 21 réservées aux sommes
 - Entrée 1 : + Moniteur 1
 - Entrée 2 : + Moniteur 2
 - Entrée 3 : + Moniteur 3
 - Entrée 4 : + Temps en 1/10 s
 - Entrée 5 :
 - Entrée 6 :
 - Entrée 7 : voies 22 à 32
 - Entrée 8 : voies 33 à 48
 - Entrée 9 : voies 49 à 64
 - Entrée 10 : voies 65 à 80
 - Entrée 11 : voies 81 à 96
 - Entrée 12 : voies 97 à 112
 - Entrée 13 : voies 113 à 128
 - Entrée 14 : voies 129 à 144
 - Entrée 15 : voies 145 à 160
 - Entrée 16 : voies 161 à 176
 - Entrée 17 : voies 177 à 192
 - Entrée 18 : voies 193 à 208
 - Entrée 19 : voies 209 à 224
 - Entrée 20 : voies 225 à 240
 - Entrée 21 : voies 241 à 256

35,70
39,80

Précision du positionnement

La distance de vol qui est de 2 466 mm est définie à ± 2 mm près. L'erreur sur cette distance due à la longueur du détecteur (300 mm pour la partie utile) est de $+ 0$ à $+ 4$ mm. L'erreur due à l'épaisseur du détecteur est de ± 8 mm. L'erreur due au fait que les détecteurs dans un même boîtier sont montés dans un plan et non sur un cylindre est de $+ 0$ à $+ 0,8$ mm. Toutes ces erreurs conduisent à une incertitude totale sur la distance de vol de $- 10$ mm à $+ 14,8$ mm, soit environ $- 0,4$ % à $+ 0,6$ %.

La précision du positionnement angulaire de chaque boîtier est de l'ordre de $\pm 0,05^\circ$. L'erreur angulaire maximum (au plus petit angle) due à la longueur du détecteur est de $+ 0^\circ$ à $+ 0,5^\circ$. La largeur du détecteur (31 mm intérieur) donne une erreur de $\pm 0,24^\circ$, soit au total une incertitude de $- 0,3$ à $+ 0,8^\circ$ aux petits angles (10°) et $\pm 0,3^\circ$ à 90° .

Moniteurs

Ce sont 3 détecteurs particuliers insérés directement dans le faisceau principal. Ils permettent de mesurer le flux de neutrons à 3 endroits précis :

- Moniteur 1 : immédiatement avant l'échantillon pour connaître les variations de flux incident entre les différentes expériences.
- Moniteur 2 : immédiatement après pour mesurer la transmission de l'échantillon.
- Moniteur 3 : au niveau des détecteurs pour vérifier la longueur d'onde des neutrons du flux incident.

Leur efficacité (rapport entre le nombre de neutrons détectés et le nombre réel de neutrons) a été ajustée suivant leur fonction. Elle est de $1,5 \times 10^{-5}$ pour le moniteur 1 ; 6×10^{-4} pour le moniteur 2 ; et de $1,5 \times 10^{-3}$ pour le moniteur 3.

X - PROTECTION

Elle a deux fonctions :

- 1° Biologique pour le personnel.
- 2° Contre le bruit de fond pour les mesures.

En fait la protection contre le bruit de fond sur les détecteurs impose les conditions les plus sévères.

1. Protection biologique

Cette protection doit arrêter ou limiter les rayonnements dangereux pour l'organisme humain dans toutes les zones où le personnel est amené à séjourner lors de son travail sur le spectromètre.

Les différents points émetteurs de rayonnements dangereux sont :

- L'interruption du guide H15 (pour interposer le monochromateur) ; en effet les deux fenêtres en aluminium qui assurent la fermeture des tronçons du guide sont soumises à un rayonnement intense de neutrons, donc émettrices de rayons γ et de neutrons.
- Les structures du monochromateur sont protégées par du gadolinium (émission de rayons gamma).
- Tout l'appareillage se trouvant à proximité du monochromateur le long du faisceau, soit primaire soit secondaire, est émetteur de rayons (neutrons, gamma, etc.) : obturateur primaire, obturateur secondaire, diaphragme.
- Le filtre de béryllium traversé par le faisceau est émetteur de neutrons.
- Les deux choppers avec leurs collimateurs constitués de feuilles de gadolinium sont émetteurs de neutrons et de rayons gamma.

Constitution de la protection

Elle a été réalisée en deux parties :

- La première englobant l'interruption de guide, le monochromateur, les obturateurs primaire et secondaire et le diaphragme.
- La seconde pour :
le filtre au béryllium, les deux choppers et le collimateur.

a) Partie_1 (Fig. 3 et 4)

Elle est constituée d'un caisson en acier dans lequel on a coulé du béton lourd (béton et ferraille) le tout sur une épaisseur de 400 mm. La surface intérieure (côté émetteur de rayonnements) a été recouverte de 5 mm d'un mélange de poudre de carbure de bore (B₄C) liée par de la résine époxy. La forme de ce caisson est telle qu'il assure la continuité de la protection générale du guide H15 au niveau de son interruption, et permet la sortie du faisceau en 4 points correspondant aux 4 longueurs d'onde utilisées par le spectromètre. Les 4 sorties sont constituées par 4 trous de 100 mm de large et 200 mm de haut. Ces trous sont obturés par des volets amovibles commandés par des vérins pneumatiques. La commande électrique de ces vérins ne permet d'ouvrir qu'une seule de ces 4 sorties, et seulement celle en face de laquelle se trouve le spectromètre. D'autre part, en cas de panne d'électricité ou d'air comprimé, les 4 volets, de par leur poids, ferment les 4 sorties de faisceau. Chacun des 4 volets mobiles est constitué par 100 mm de polyéthylène, 1 mm de cadmium et 130 mm de plomb. Un trou sur la partie supérieure de la protection (obturée par un bouchon amovible) permet de sortir le monochromateur sans démonter la protection.

b) Partie_2

Le collimateur, le filtre au béryllium et les deux choppers sont montés dans une enceinte en fonte à l'intérieur de laquelle est maintenu un vide primaire. Cette enceinte assure la protection mécanique vis-à-vis des choppers. Cet ensemble se trouve à l'intérieur d'un caisson constitué par du plomb d'une épaisseur de 5 cm. Les neutrons émis par le filtre au béryllium sont arrêtés par 5 mm de carbure de bore.

2. Protection contre le bruit de fond

Elle doit être aussi hermétique que possible aux neutrons parasites. Pour cela, l'échantillon, les moniteurs et les détecteurs doivent être uniformément protégés contre tous les neutrons ne provenant pas, soit du faisceau, soit de l'échantillon.

Ces neutrons étant susceptibles d'avoir une énergie quelconque, la protection devra être efficace dans tous les cas. Elle est en général composée d'un ralentisseur : soit 100 mm de polyéthylène, soit 100 mm de parafine, et d'un absorbeur : soit 1 mm de cadmium, soit 5 mm d'un matériau composite (poudre de carbure de bore liée par de la résine époxy).

Cette protection est réalisée en plusieurs morceaux, à cause de sa forme compliquée et de ses parties mobiles permettant l'accès à l'appareillage. Tous ces morceaux ont été réalisés et ajustés avec soin. Pour éviter les lignes de fuites (passage direct), tous les assemblages ont été faits sur deux plans (Fig. 20).

La protection de l'enceinte de vol est constituée de panneaux métalliques creux remplis de parafine et dont la face intérieure est tapissée de carbure de bore. Cette construction a permis l'installation d'une plateforme sur laquelle est installé tout l'appareillage nécessaire à l'environnement immédiat de l'échantillon et servant de zone de travail pendant les mesures. L'accès de cette plateforme, qui se trouve à 2,5 m du sol, est assuré par un escalier mobile qui est déplacé en fonction de la position du spectromètre.

XI - MONTAGE MECANIQUE GENERAL

La possibilité d'utiliser 4 valeurs d'énergie pour les neutrons incidents a imposé 4 positions de fonctionnement de l'ensemble du spectromètre. Seul le monochromateur est fixe, ses cristaux étant réglés indépendamment.

La position relative des divers éléments du spectromètre étant fixe, c'est donc l'ensemble qui se déplace. Pour cela tout a été monté sur

une même plateforme mobile en rotation autour d'un axe passant par le centre du monochromateur. Le déplacement est assuré par trois galets métalliques roulant sur un rail circulaire en acier. L'entraînement est fait par un galet en caoutchouc en contact avec le sol sur une piste spéciale. Ce galet d'entraînement est actionné par un moteur électrique accouplé à un réducteur. Le repérage des 4 positions de fonctionnement est réalisé par une pige métallique solidaire de la plateforme et venant s'introduire dans l'une des 4 douilles calibrées scellées dans le sol. Le retrait de la pige coupe automatiquement l'alimentation des 4 vérins hydrauliques obturant ainsi les trous de sortie de la protection.

La commande du déplacement de la plateforme se fait à partir d'une boîte à boutons fixée au bout d'un câble suffisamment long pour permettre de surveiller l'environnement du spectromètre pendant son mouvement.

L'obturateur secondaire et le diaphragme ajustable se trouvent à l'intérieur de la protection lourde et se déplacent avec la plateforme. Pour cela, ils sont fixés sur un bras solidaire de l'axe de rotation de la plateforme.

XII - ELECTRONIQUE

La partie principale de l'électronique assure l'acquisition des données. La majorité du matériel électronique est regroupée sur 4 baies installées dans un local climatisé à l'exception de la partie où se trouvent les 3 terminaux de conduite de l'expérience.

1. Acquisition des données

L'électronique d'acquisition est décrite en détail dans les rapports [3] et [4]. Elle se compose principalement de :

- a) Une unité de temps de vol ayant 256 voies en entrée et en sortie, chaque voie pouvant compter jusqu'à 1 024 canaux de temps. La largeur des canaux est réglable par valeur de $0,5 \mu$ /seconde ainsi que le délai entre le signal de synchronisation en provenance du chopper et le déclenchement de l'ouverture du premier canal.

- b) Un système de stockage des données dans deux modules mémoire d'une capacité de 256 K/16 bits chacun.
- c) Un ordinateur DEC PDP 11/34 de 64 K mots de mémoire associé à 2 unités de 2 disques, l'un fixe et l'autre amovible, de capacité 2,5 Mega bytes chacun. Avec les programmes développés par R. GHOSH [5] [6] à partir du système DEC RT11 il permet les fonctions simultanées suivantes :
- Saisir les données alternativement dans les deux modules mémoire et stockage sur disque après mise en forme pour traitement ultérieur.
 - Dialogue avec le ordinateur central pour le transfert automatique des données.
 - Contrôle de l'ensemble des modules électroniques du système.
 - Visualisation de ces données directement ou avec traitement.
 - Contrôle d'un certain nombre de dispositifs tels que : changeur d'échantillon, unité de pilotage des choppers, voltmètre digital.
- d) Trois terminaux permettant le dialogue avec le ordinateur :
- Un terminal à imprimante DECWRITER utilisé pour le contrôle et la conduite des expériences.
 - Un terminal alphanumérique PT 100 pour le traitement des données et la programmation.
 - Un terminal type TEKTRONIX 4010 pour visualiser les graphiques.
- e) Un système à microprocesseur permettant la visualisation directe des données présentes ou en cours d'acquisition dans le module mémoire.
- f) Electronique liée aux détecteurs :
- Alimentations basse et haute tension pour moniteurs et détecteurs.
 - Préamplificateurs montés directement sur les boîtiers détecteurs.
 - Amplificateurs de liaison.
 - Système de regroupement et de mise en forme des signaux avant l'entrée dans l'unité de temps de vol.
 - Préamplificateurs des 3 moniteurs.
 - Un module de mesure du taux de comptage du moniteur.

2. Electronique générale

a) Commandes de l'orientation des cristaux du monochromateur.

Ce sont 4 modules identiques (1 par moteur d'entraînement des 3 groupes de cristaux et 1 module de rechange).

Chaque module alimente le moteur pas à pas et permet de présélectionner le nombre de pas à faire et le sens de rotation. Il délivre un courant (réglable) plus faible pendant l'arrêt du moteur pour le maintenir dans une position fixe. Les 3 modules en service sont montés dans un rack de standard NIM sur lequel se trouvent différentes tensions d'alimentation ainsi que les connexions aux microswitchs équipant les butées de sécurité du monochromateur.

b) Commande des choppers

Les deux modules sont identiques, l'un servant de secours. Ils ont été développés et fabriqués dans le service électronique du centre GFK de Karlsruhe par Monsieur NÜCKER [2].

Chaque module permet de commander 2 choppers.

La régulation de vitesse et de phase est réalisée en commande logique. La période de base, générée à partir d'un signal stabilisé par quartz, pour la commande du chopper de Fermi, est réglable par palier de 10 μ S. La période du chopper suppresseur est fonction de cette période de base dans un rapport réglable de 1 à 4. La phase entre ces deux fréquences peut être ajustée entre 1 et 9 999 μ S. Le chopper suppresseur peut également être arrêté électriquement en position ouvert. Toutes ces commandes, période, facteur de division, phase, arrêt chopper, peuvent être exécutées soit manuellement, soit par l'intermédiaire d'un calculateur relié à ce module. Un affichage digital permet de lire différents paramètres pour chacun des 2 choppers : période, phase, courant moteur, tension moteur. Un certain nombre de signaux sont délivrés par ce module :

- Pour chaque chopper un signal de synchronisation (2 impulsions par tour).

- Un signal erreur de phase : changement de niveau chaque fois que la phase du chopper sort des limites dont la valeur peut être réglée entre 0 et 99 μ s.
- Un signal synchronisation TOF généré à partir du signal de synchronisation du chopper de Fermi mais à la fréquence de deux impulsions par tour du chopper suppresseur. C'est ce signal qui détermine la période de fonctionnement de l'unité de temps de vol.
- Un signal dont le niveau est fonction de l'arrêt ou du fonctionnement du chopper suppresseur.

c) Positionnement d'échantillon

C'est un tiroir permettant la télécommande du changement de position, dans le sens de la hauteur, du porte-échantillon. Ce changement peut être commandé soit manuellement, soit par ordinateur. Pendant le changement un signal permet d'inhiber le comptage.

d) Tiroir de sécurité

C'est un tiroir sur lequel sont regroupées toutes les alarmes et permettant de choisir un certain nombre d'actions en fonction du nombre et du type d'alarme se produisant. Actuellement les alarmes suivantes sont branchées :

- Température du liquide de refroidissement des choppers.
- Mesure du vide de l'enceinte des choppers.
- Niveau d'azote liquide du filtre béryllium.

e) Deux unités CAMAC développées par le Service Electronique permettent de mesurer la vitesse de rotation des deux choppers.

f) Commande des blocs de plomb de sortie de la protection.

C'est un tiroir construit par le S.C.M. Il a les fonctions suivantes :

- Signalisation de la position des 4 blocs (haute ouverte ou basse fermée).

- Montée ou descente d'un seul bloc (seul le bloc obturant la sortie concernant la longueur d'onde choisie peut se déplacer et seulement lorsque le spectromètre se trouve dans la bonne position).
- Il délivre les signaux nécessaires à l'indication à distance de la position du spectromètre, donc de la longueur d'onde utilisée.

XIII - CARACTERISTIQUES OBTENUES

1. Flux sur l'échantillon sans chopper

A une longueur d'onde de $5,1 \text{ \AA}$ on a mesuré $3,3 \times 10^7 \text{ n/cm}^2/\text{s}$.

2. Flux sur l'échantillon avec chopper de Fermi tournant à la vitesse de focalisation élastique et chopper suppresseur arrêté :

A une longueur d'onde de $4,1 \text{ \AA}$ on a mesuré un flux de $5,1 \times 10^4 \text{ n/cm}^2/\text{s}$ et pour une longueur d'onde de $5,9 \text{ \AA}$, un flux de $2 \times 10^4 \text{ n/cm}^2/\text{s}$.

3. Résolution

a) Le chopper de Fermi étant à la vitesse de focalisation élastique, avec un échantillon plat de vanadium, la largeur moyenne à mi-hauteur a donné les valeurs suivantes (dépendant de l'orientation de l'échantillon par rapport à l'axe du faisceau incident, et de l'angle de diffusion) :

$\lambda(\text{\AA})$	4,1	4,6	5,1	5,9
Largeur (μeV)	170	140	100	70

b) La largeur à mi-hauteur d'un spectre de vanadium, pour un angle de diffusion d'environ 40° , en fonction de la vitesse du chopper de Fermi est donnée par la Fig. 21.

4. Bruit de fond

a) Electronique (réacteur à l'arrêt)

Moyen par détecteur : 3,7 coups par heure.
Moyen total : 0,35 coups par seconde.

b) Total (réacteur en fonctionnement)

Moyen par détecteur : 7,3 coups par heure.
Moyen total : 0,68 coups par seconde.

Remerciements

Nous devons remercier :

- Le bureau des projets pour son travail de préparation du projet et le suivi du financement.
- Le Service de construction mécanique qui a assuré l'étude, la réalisation et le montage en étroite collaboration avec l'équipe d'exploitation de l'appareil.
- Le Service électronique informatique qui a mis au point l'appareillage électronique et les programmes d'acquisition et de contrôle.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Another time of flight spectrometer or IN5 bis - Rapport ILL 76S235
R. Scherm, C. Carlile, J. Dianoux, J. Suck and J. White
- [2] A compact Control and Power Unit to drive up to three Choppers in
Phase - Rapport IAK I - Karlsruhe (octobre 1981).
N. Nücker and G. Pätzold.
- [3] IN6 Electronics - Rapport I.L.L. 81 KL 30 T
R. Klesse
- [4] Système d'acquisition de données modulaire et standard CAMAC
J. Munnier - Rapport I.L.L. 81 PU 43 T
- [5] Control of IN6
R. Ghosh - Rapport I.L.L. 82 GH 15 T
- [6] IN6 - Foreground Control Program
R. Ghosh - Rapport I.L.L. CS 82/201-R6
- [7] Efficacité des détecteurs d'IN6 - Note interne ILL.
J. Jacobe

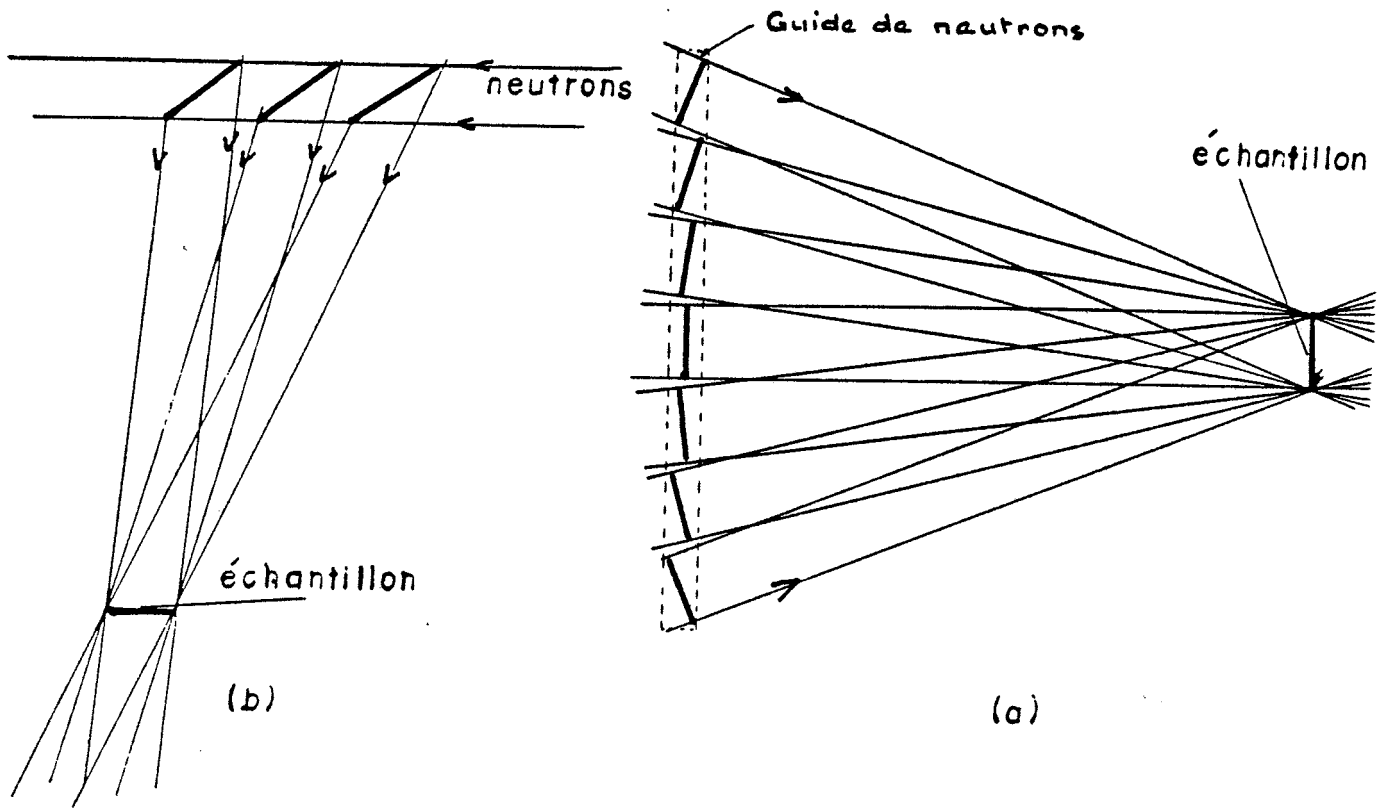


FIG 1
Position des cristaux du monochromateur

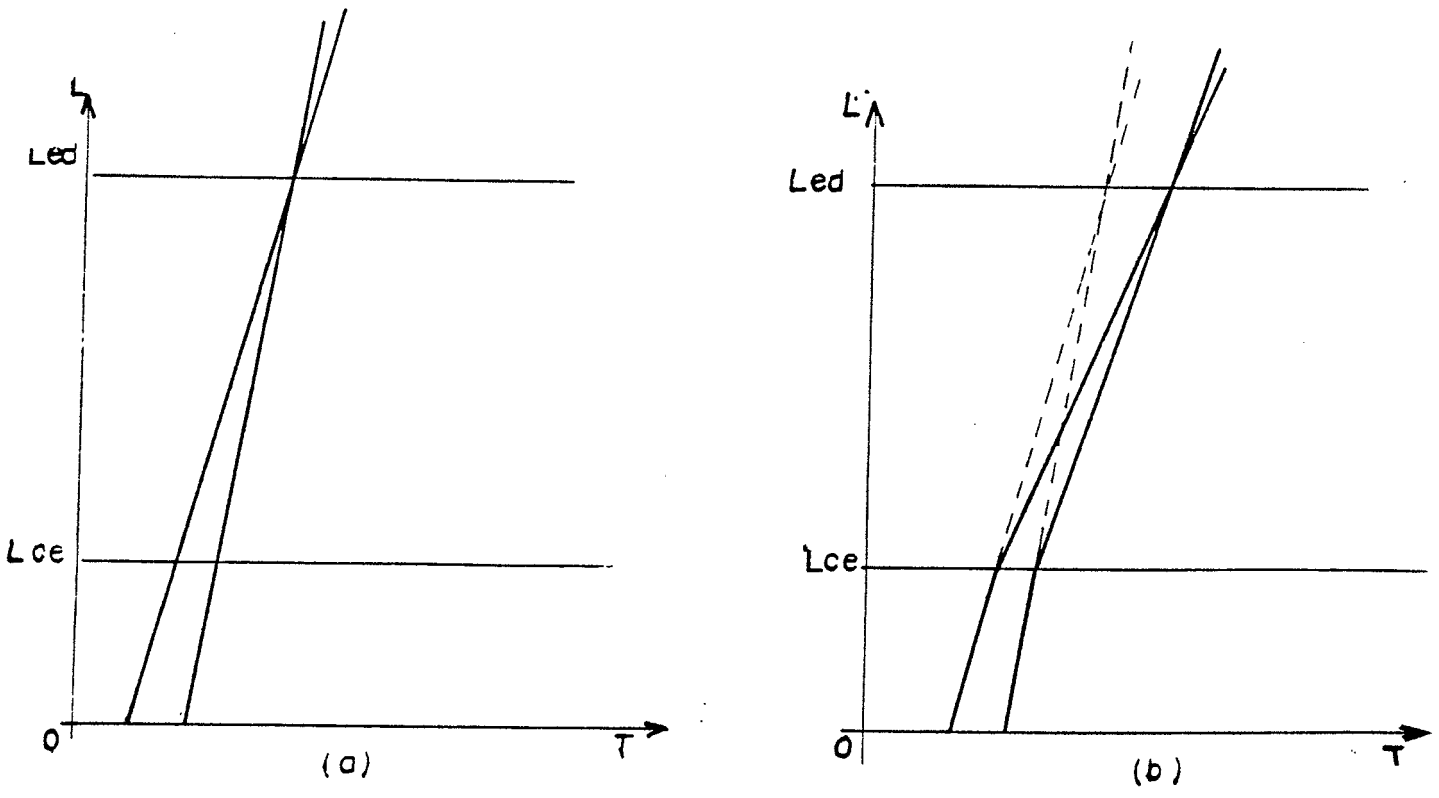


FIG 2
Focalisation en temps (principe)

1005 ← 700 → 843
 180 69 756 115 200 185 200 122 273
 2483 2460

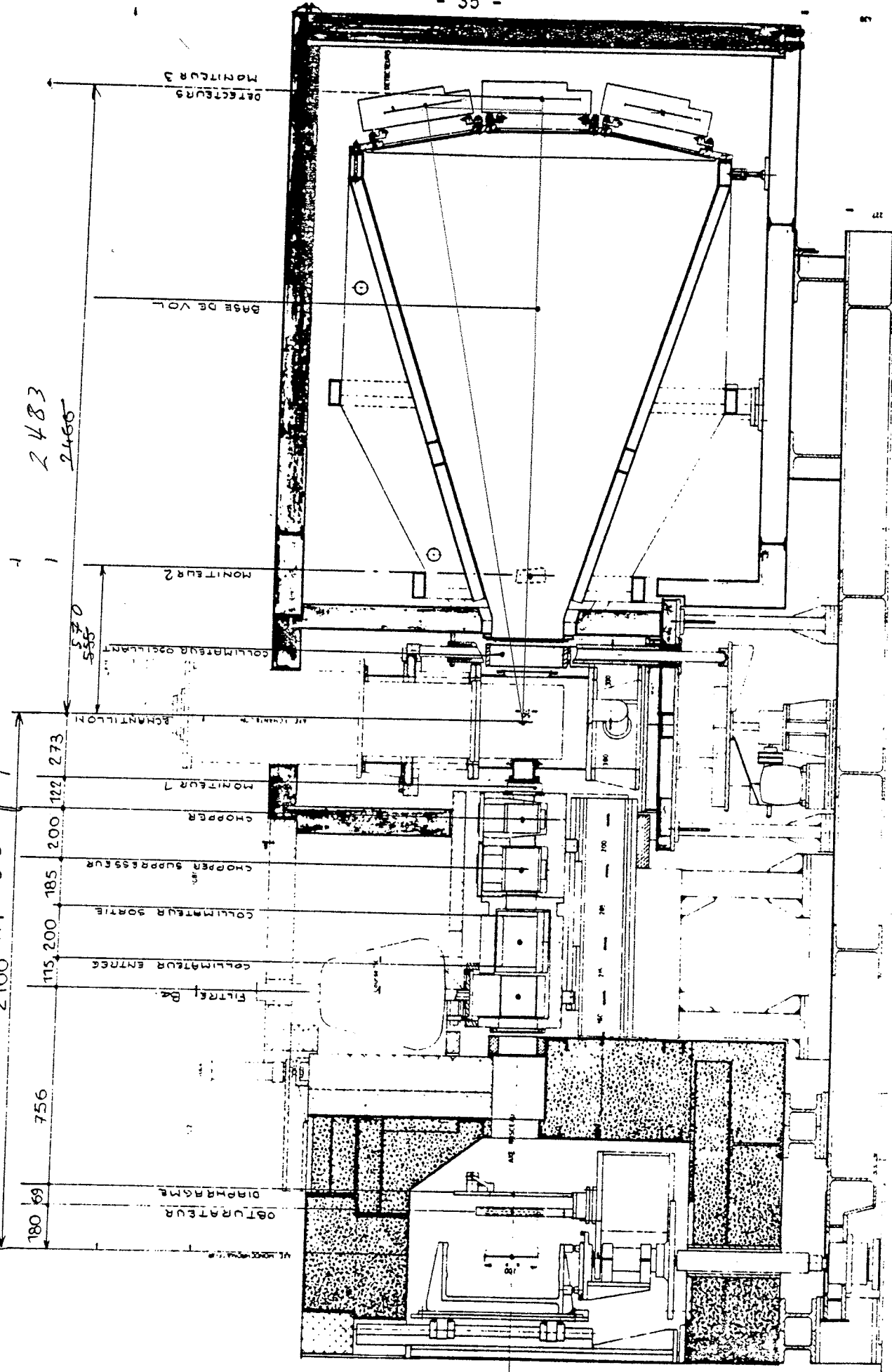


FIG 3

IN6 Coupe verticale

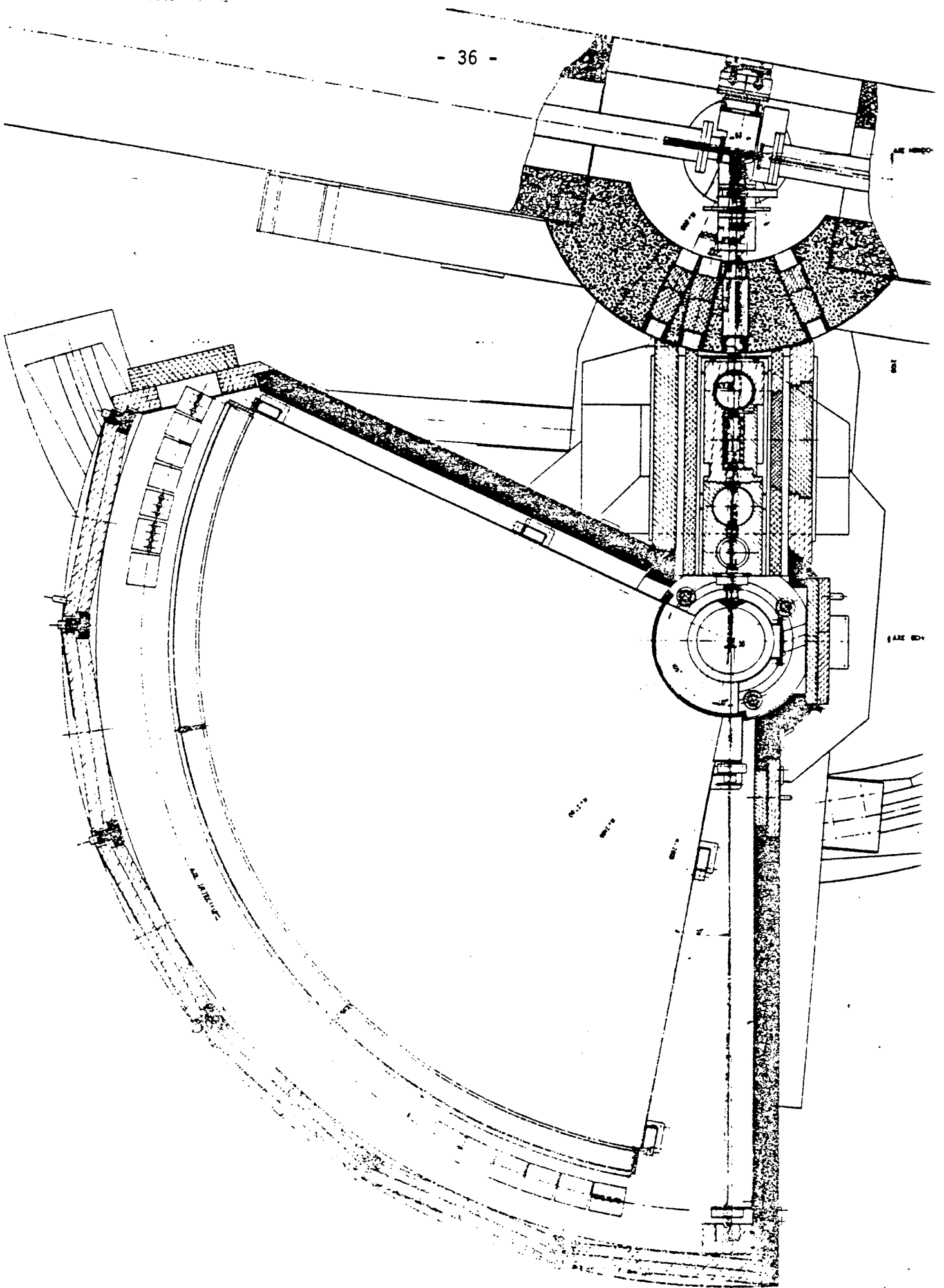


FIG 4
1N6 Coupe horizontale

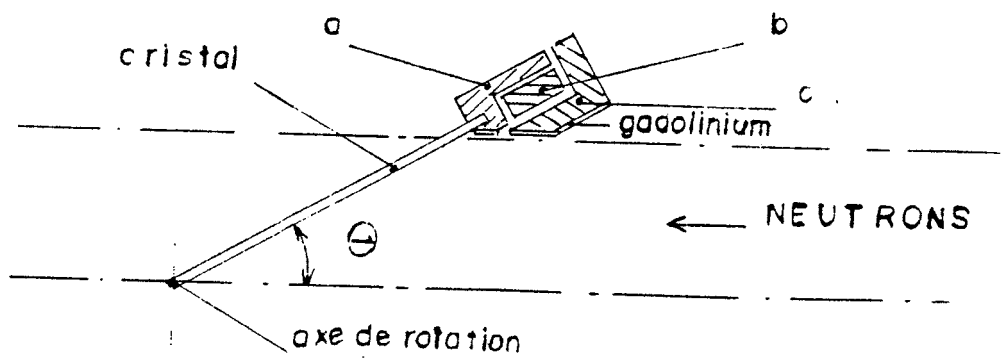
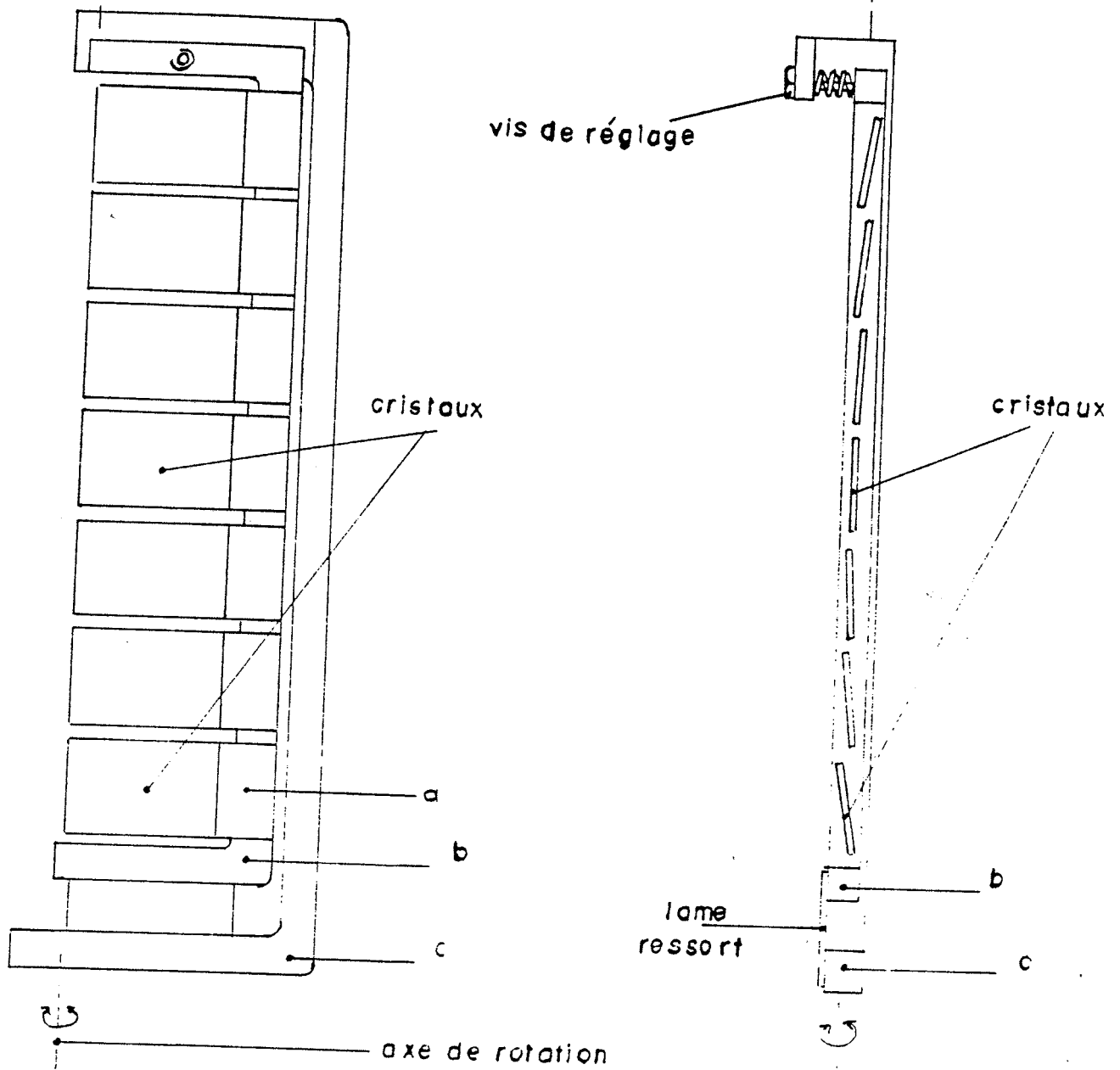


FIG 5
MONOCHROMATEUR . Montage des cristaux

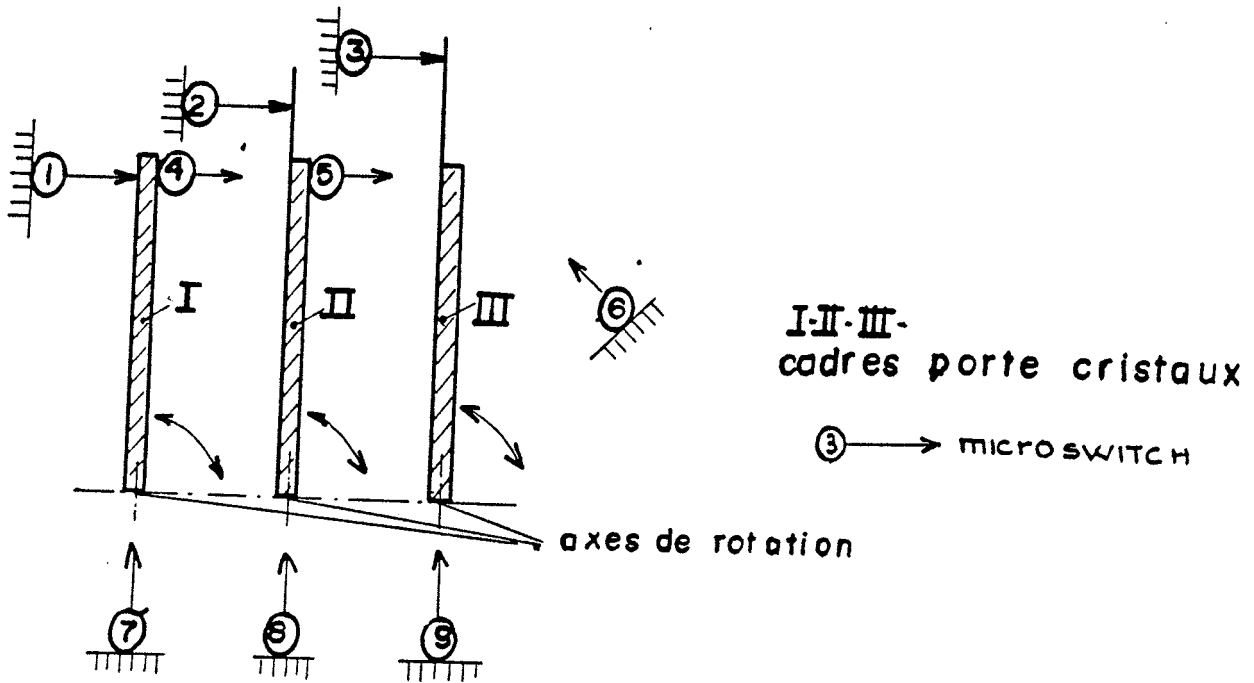


FIG 6 Organisation des butées du monochromateur

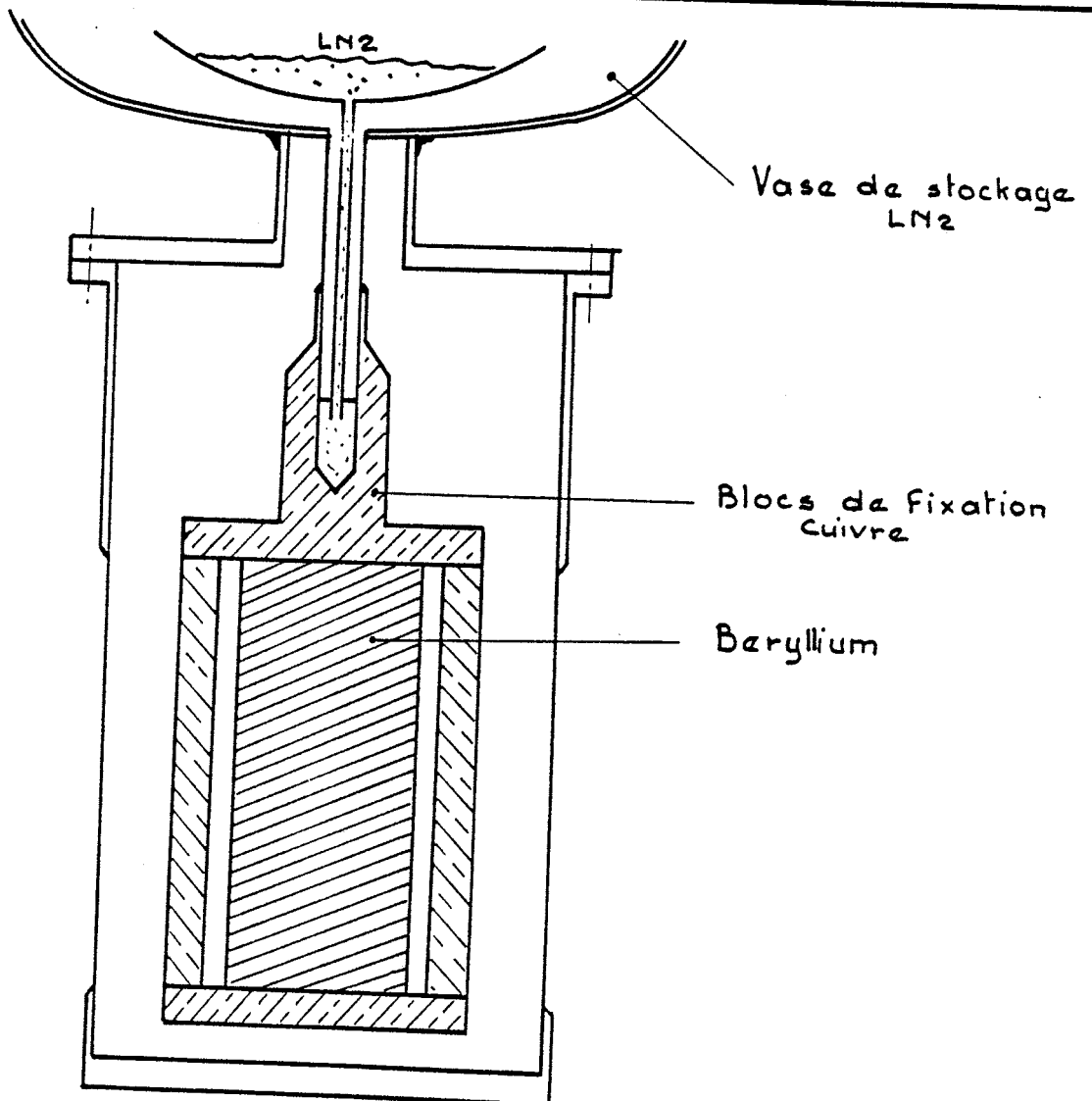
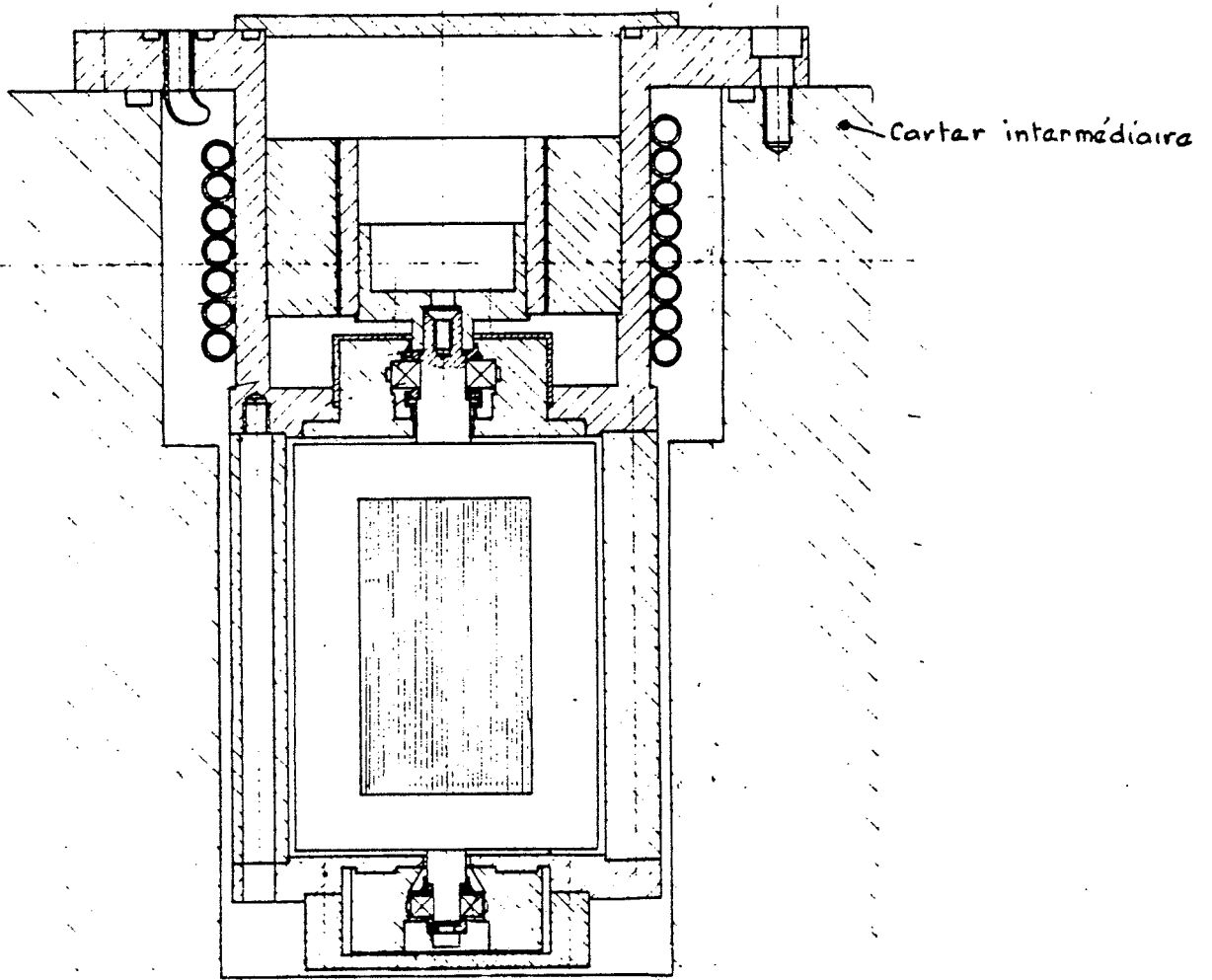


FIG 7
Filtre de Beryllium



CHOPPER DE FERMI

FIG 8

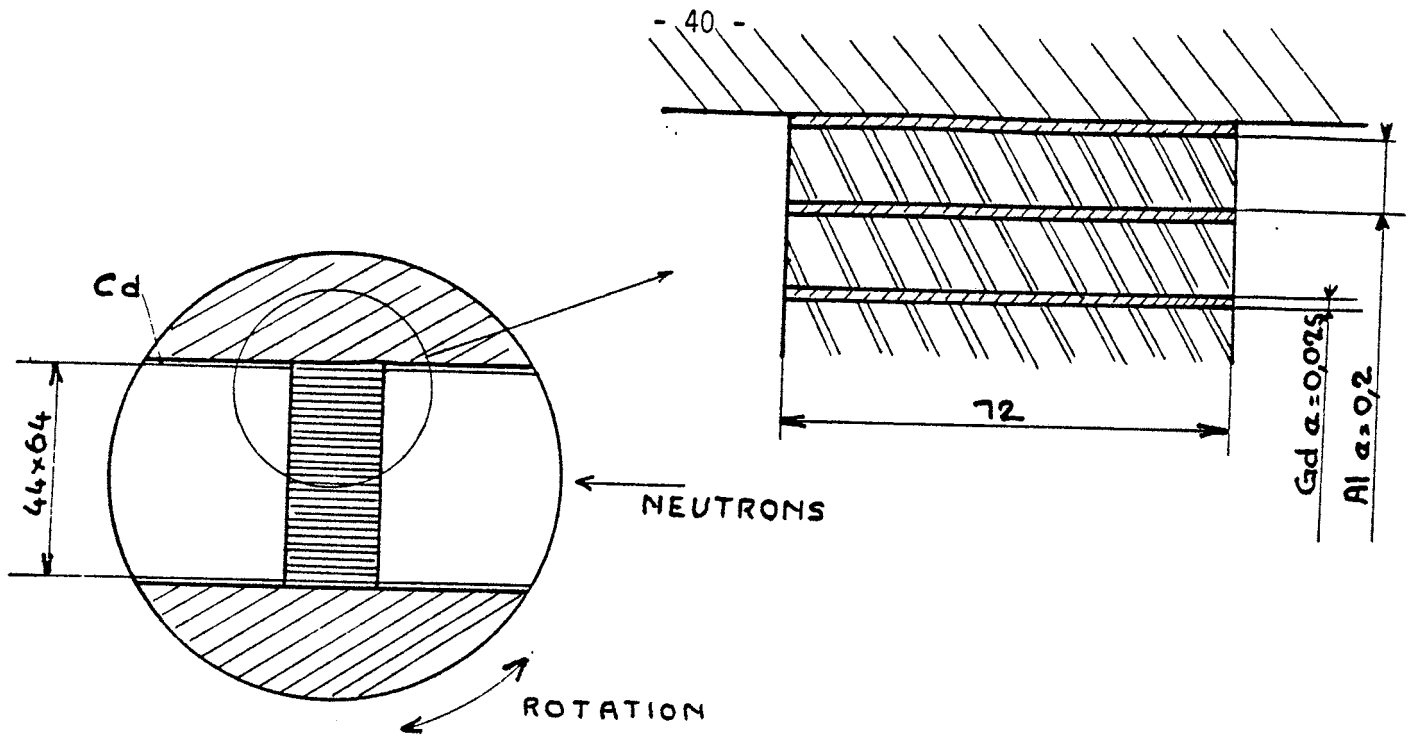


FIG 9 Collimateur droit du chopper de Fermi

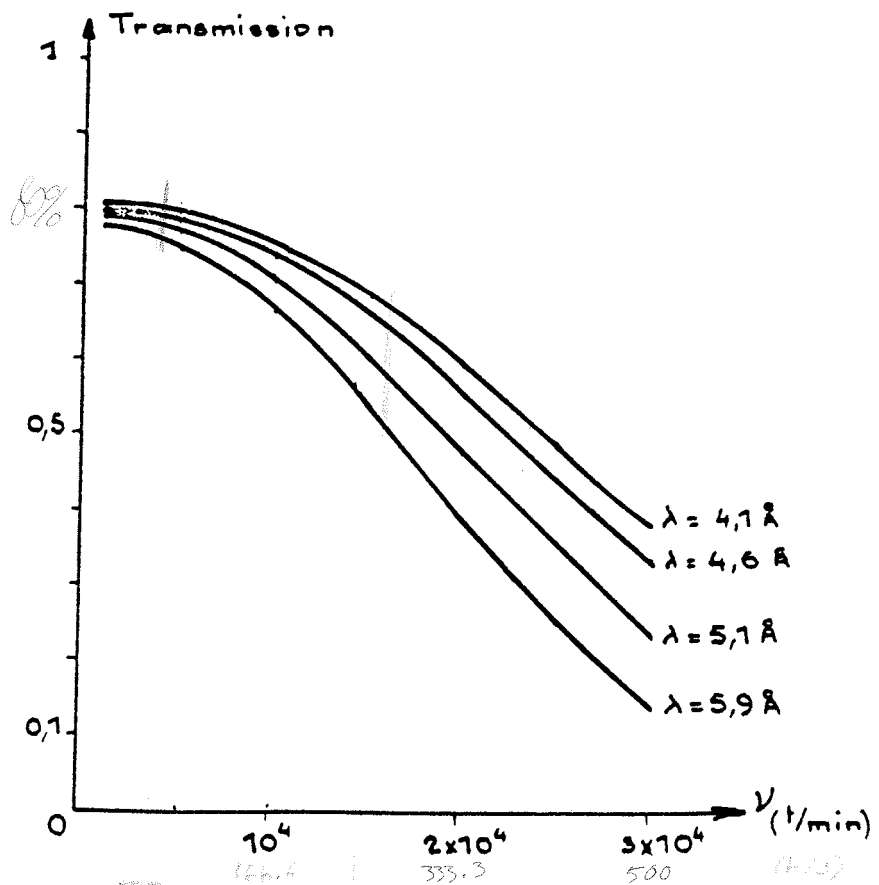


FIG 10 Transmission théorique du chopper de Fermi

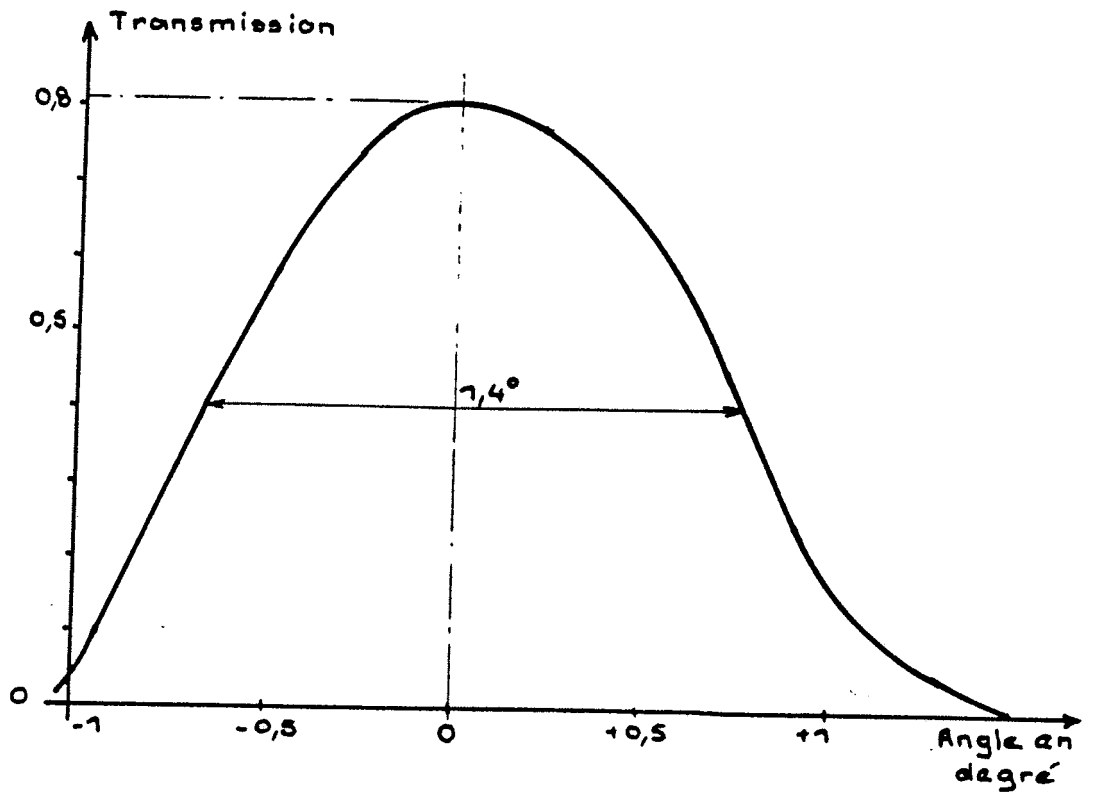


FIG 11

Transmission statique mesurée du chopper de Fermi

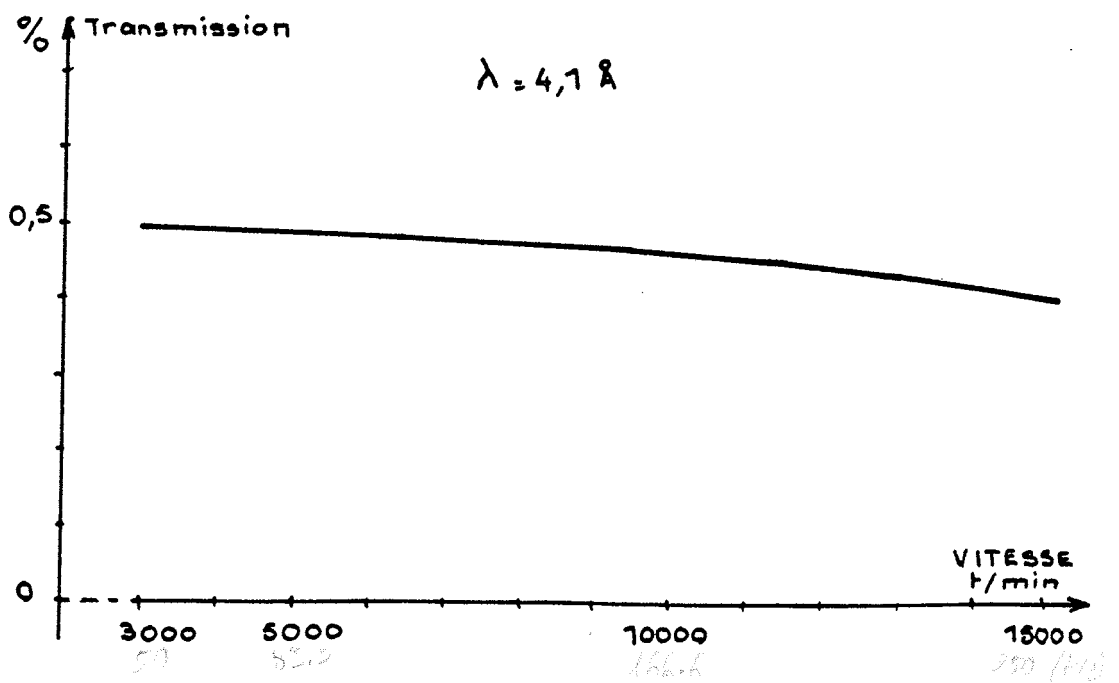


FIG 12

Transmission dynamique mesurée du chopper de Fermi

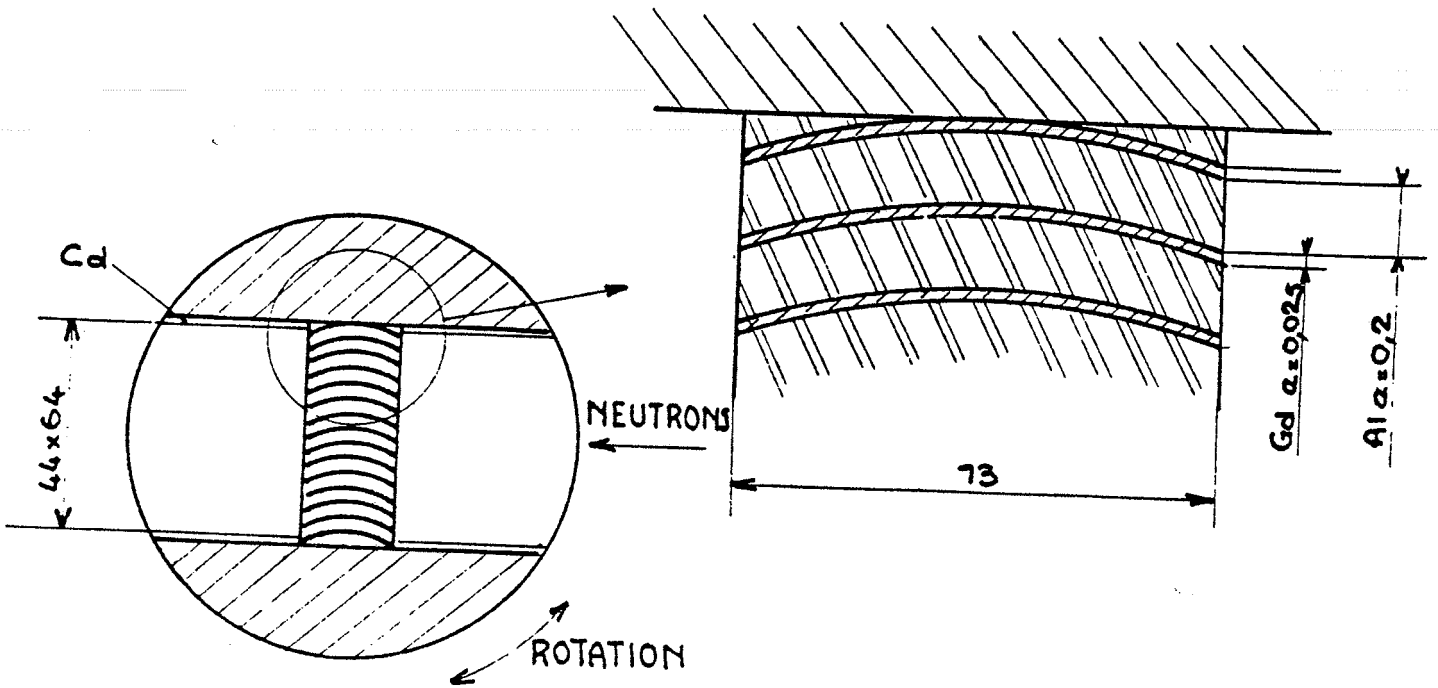
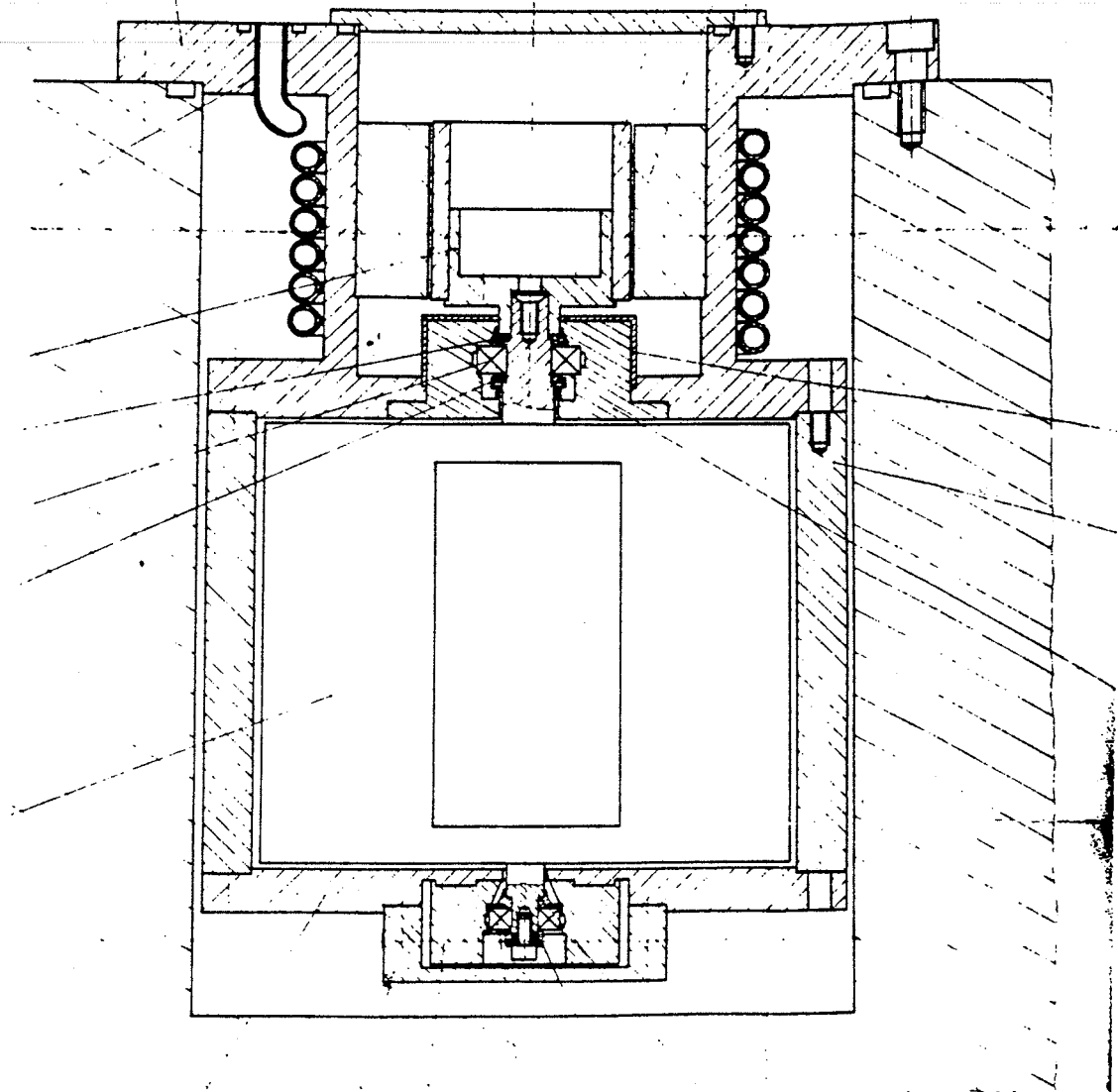


FIG 13

collimateur courbe (chopper de Fermi)



CHOPPER D'ARRET

FIG 14

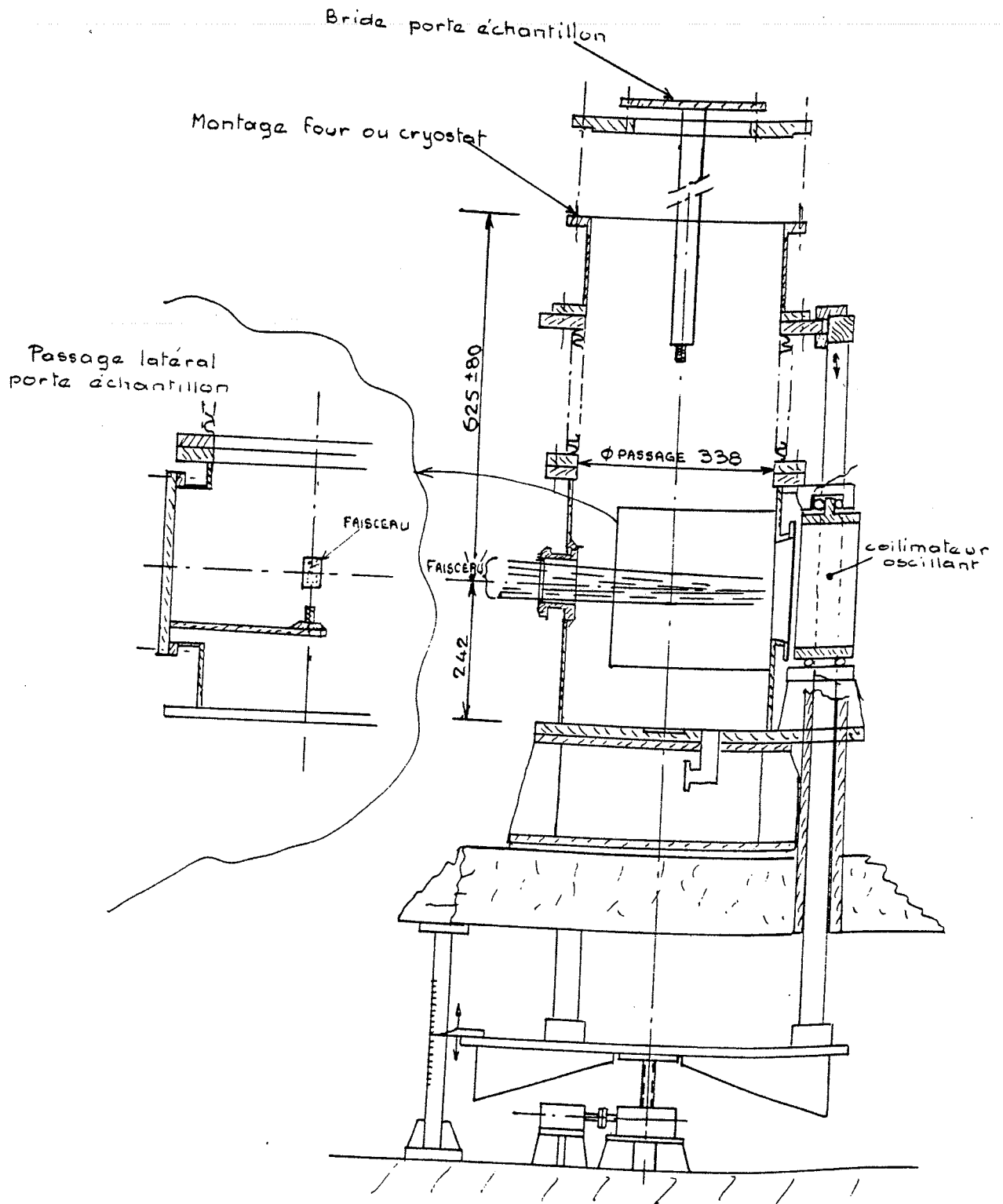


FIG 15

IN6 ENCEINTE ECHANTILLON

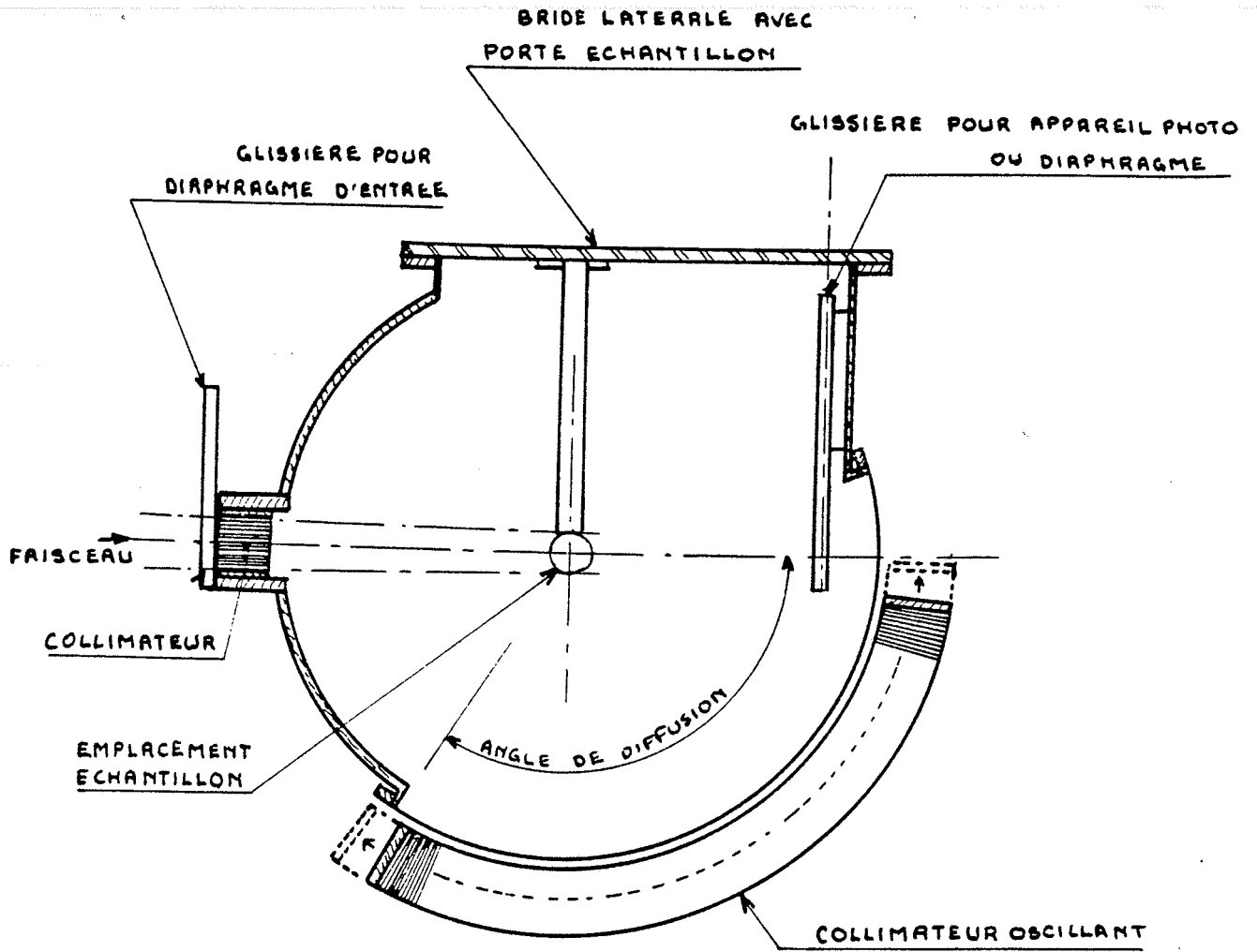


FIG 16

ENCEINTE ECHANTILLON (coupe horizontale)

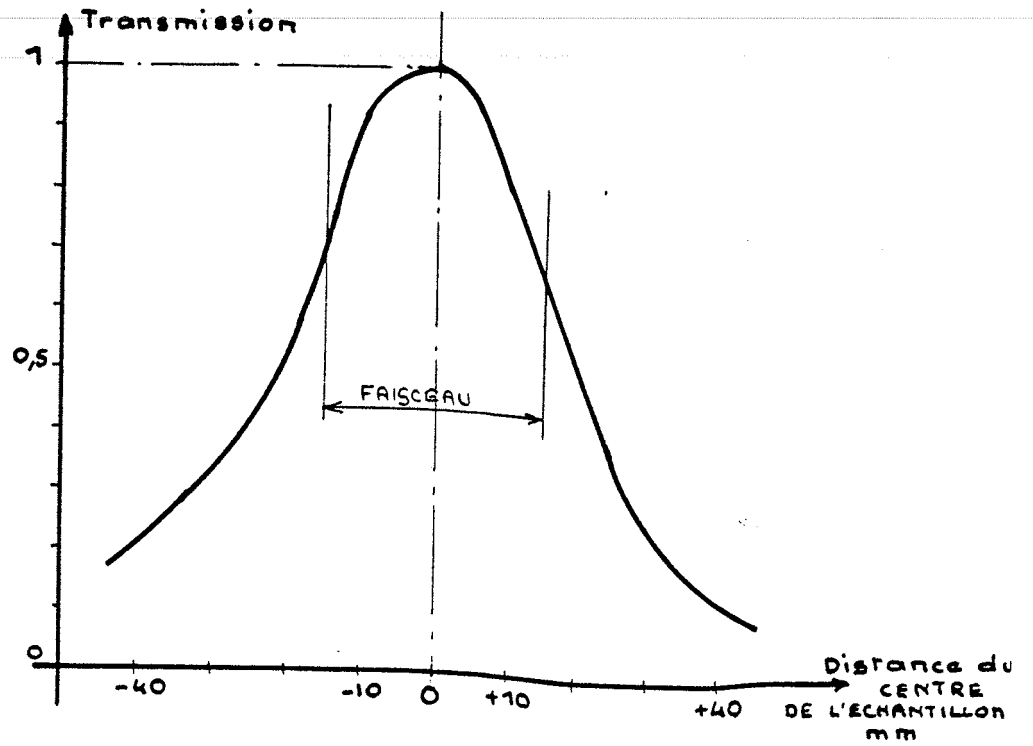
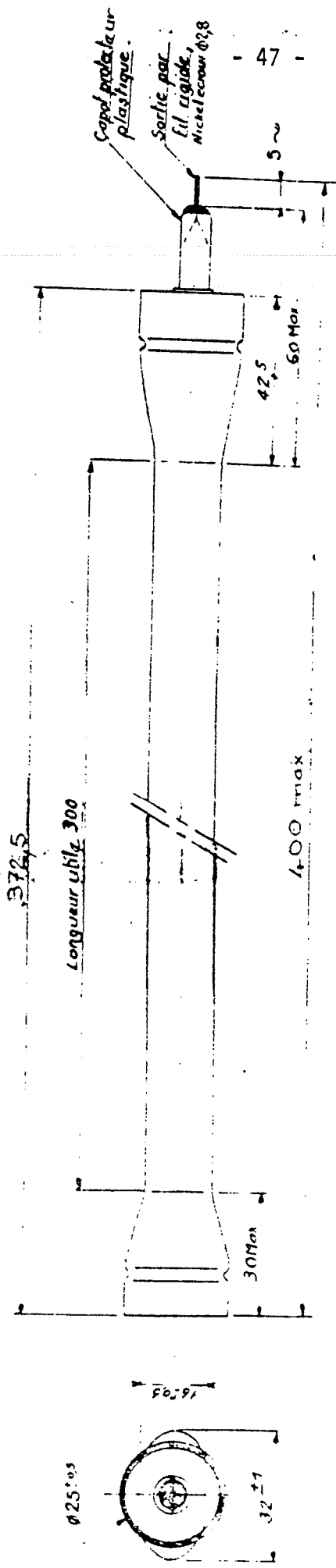


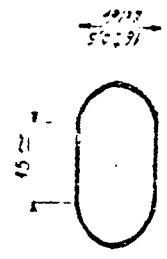
FIG 17

TRANSMISSION DU COLLIMATEUR OSCILLANT



Nota: La cote 300 sera marquée par l'outil au moment de la formation de la cathode

Pression 3bars He3



Forme de la section (Raccourci au des 2 courbes)
Mat. Z2CN18 10 ép 0,5

FIG 18
Détecteur L.M.T. 42HN30P

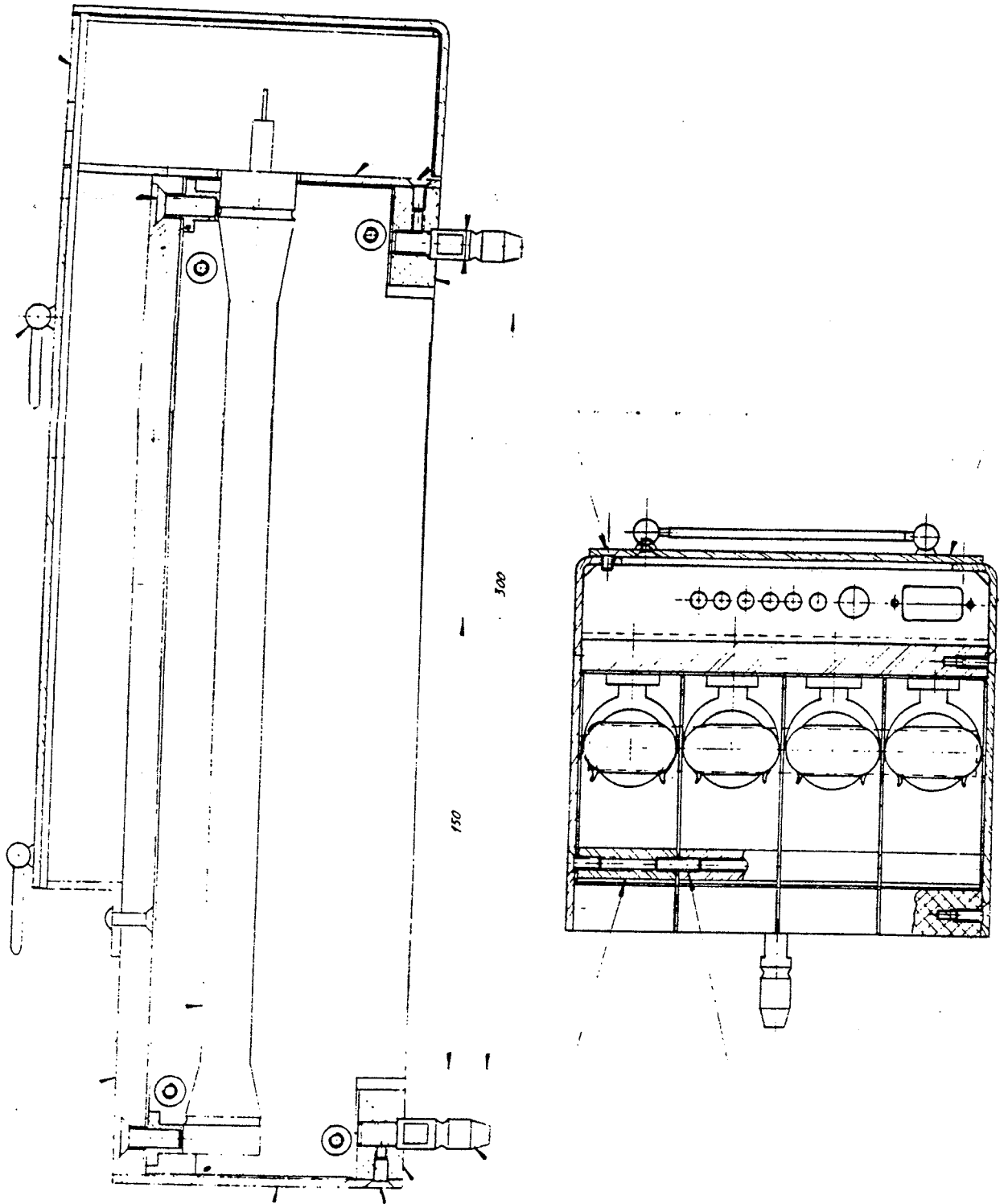


FIG 19

MONTAGE DES DETECTEURS

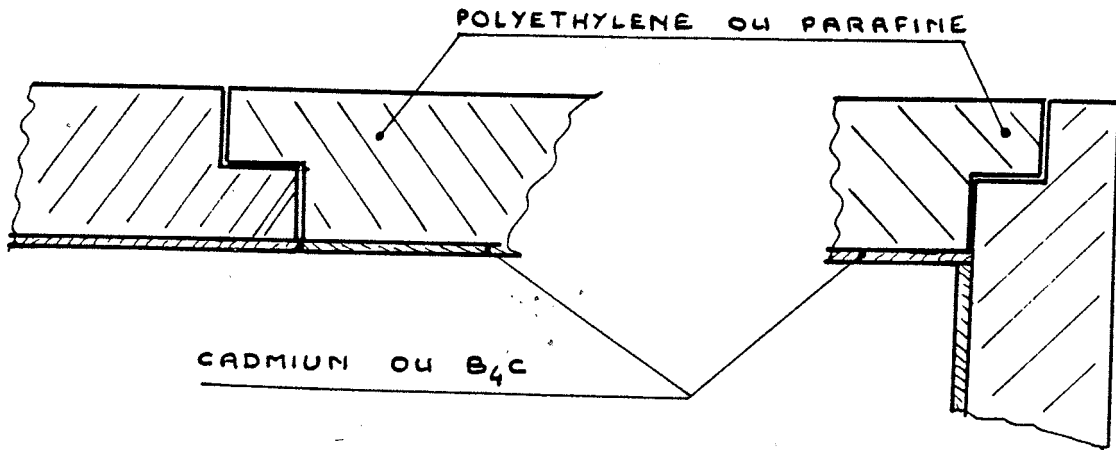


FIG 20

ASSEMBLAGE PROTECTION

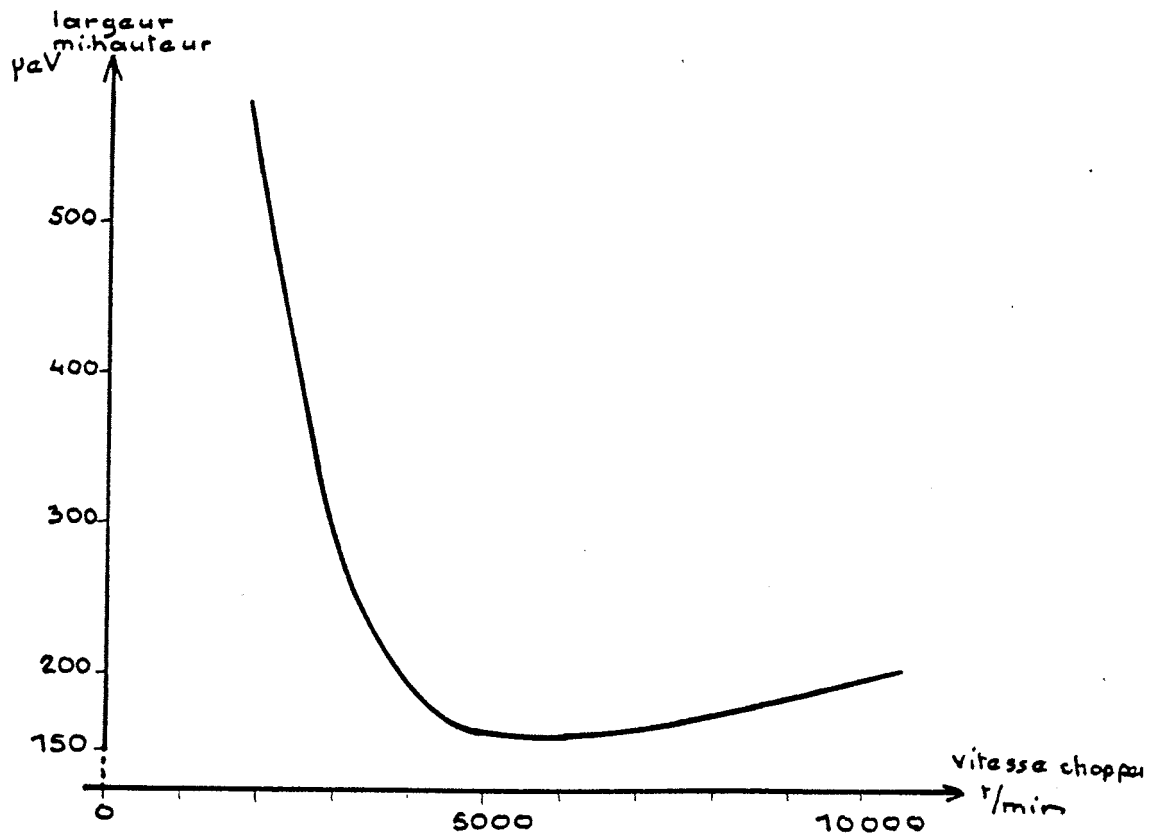


FIG 21

largeur à mi hauteur d'un pic de vanadium à un angle de diffusion de 47° environ ($\lambda_0 = 4,7 \text{ \AA}$)