

PRÉSIDENTE DU CONSEIL  
COMMISSARIAT A  
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

# Nouvelle méthode de mesure des flux de neutrons dans les réacteurs atomiques

par

L. KOCH, J. LABEYRIE et S. TARASSENKO

Rapport CEA n° **978**

**1958**

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

KOCH L., LABEYRIE J., TARASSENKO S.

Rapport CEA n° 978

**Nouvelle méthode de mesure des flux de neutrons dans les réacteurs atomiques.**

**Sommaire.** — On décrit un appareil permettant la mesure instantanée des flux de neutrons thermiques accompagnés de flux intenses de rayons  $\gamma$  et situés dans des enceintes pouvant être portées à des températures supérieures à 500 °C.

On utilise la radioactivité des atomes résultant de la fission des noyaux lourds ; ces atomes sont entraînés par un courant gazeux vers un détecteur de radioactivité qui enregistre leurs désintégrations  $\beta$  et  $\gamma$ . On peut mesurer des flux à partir de quelques neutrons thermiques par  $\text{cm}^2$  et par seconde. L'appareil permet de suivre la puissance d'un réacteur atomique, de tracer des cartes de densité de neutrons avec une très bonne définition (1 mm<sup>2</sup>) dans le cas de flux supérieurs à  $10^8 \text{ cm}^2/\text{s}$ . Le temps de réponse du système à une variation du flux de neutrons est limité, pour les flux importants, par le temps de transit du gaz entre l'émetteur de produits de fission et le détecteur : soit quelques dizaines de millisecondes par mètre à l'heure actuelle. Enfin, ce principe de mesure permet l'étude du spectre d'énergie des produits de fission d'âge supérieur à 0,1 seconde.

1958

16 pages

KOCH L., LABEYRIE J., TARASSENKO S.

Report CEA n° 978

**A new detector for the measurement of neutron flux in nuclear reactors.**

**Summary.** — The detector described is designed for the instantaneous measurement of thermal neutron fluxes, in the presence of high  $\gamma$  ray activity; this detector can withstand temperatures as high as 500 °C.

It is based on the following principle : radio-active atoms resulting from heavy-nucleus fission are carried by a gas flow to a detector recording their  $\beta$  and  $\gamma$  desintegration. Thermal neutron fluxes as low as few neutrons per  $\text{cm}^2$  per second can be measured.

This detector may be used to control a nuclear reactor, to plot the thermal flux distribution with an excellent definition (1 mm<sup>2</sup>) for fluxes higher than  $10^8 \text{ n/cm}^2/\text{s}$ . The time response of the system to a sharp variation of flux is limited, in the case of large fluxes, to the transit time of the gas flow between the fission product emitter and the detector ; of the order of one tenth of a sec per meter of piping.

The detector may also be applied for spectroscopy of fission products elder than 0,1 s.

1958

16 pages

NOUVELLE METHODE DE MESURE DES FLUX DE NEUTRONS  
DANS LES REACTEURS ATOMIQUES

par

L. KOCH - J. LABEYRIE - S. TARASSENKO

Commissariat à l'Energie Atomique, France

INTRODUCTION.-

Le but poursuivi est l'amélioration des mesures de flux de neutrons thermiques dans un réacteur atomique : la gamme de mesure doit être aussi grande que possible (8 décades au moins) et couvrir à la fois la période de démarrage et la marche normale du réacteur.

Lors du démarrage d'un réacteur atomique le rapport flux de rayons  $\gamma$  sur flux de neutrons est en général très grand, une sensibilité négligeable de l'appareil aux rayons  $\gamma$  est donc indispensable en même temps qu'une très bonne sensibilité aux neutrons. De plus la température de l'endroit où est faite la mesure de flux doit pouvoir varier notablement : nous avons prévu qu'elle pourrait varier de 50° C à 1.000° C (1) la précision de mesure restant de quelques unités pour cent.

I - PRINCIPE DE L'APPAREIL.-

Dans le cas des appareils classiques de mesure de flux de neutrons employés dans les réacteurs (chambres d'ionisation à courant continu ou à impulsions) on utilise l'ionisation produite dans un gaz par des particules chargées électriquement provenant d'une réaction nucléaire induite par les neutrons.

---

(1) Ce détecteur est prévu pour fonctionner même dans des piles "chaudes".

Le principe de l'appareil présenté ici est différent : on utilise la radioactivité des atomes et des ions résultant de la fission des noyaux lourds. Contrairement aux cas précédents, on peut donc se soustraire au rayonnement  $\gamma$  qui accompagne toujours les flux de neutrons à mesurer ; les produits de fission sont entraînés à grande vitesse dans un courant de gaz vers un compteur de radioactivité devant lequel ils passent à vitesse très réduite de façon à augmenter la probabilité d'enregistrement de leurs désintégrations  $\beta$  et  $\gamma$  (la section de passage est rendue environ 100 fois plus grande devant le compteur qu'entre l'émetteur de produits de fission et le compteur).

Les produits de fission des noyaux lourds comprennent des éléments gazeux et solides à la température ordinaire. La mesure de radioactivité ayant lieu loin de l'émetteur de produits de fission (la distance peut atteindre une dizaine de mètres) les atomes primaires de fission appartenant à des éléments solides resteront sur les parois et les gaz xénon et krypton parviendront pratiquement seuls devant le compteur. Leur contribution au taux de comptage obtenu sera d'autant plus grande que leur abondance est plus grande et leur période plus réduite. Les 2 tableaux suivants résument les caractéristiques connues des krypton et xénon.

Posons :

a : abondance de la chaîne à laquelle appartient l'atome considéré

$\alpha$  : abondance de cet atome dans la chaîne

A =  $a\alpha$  : abondance totale de l'atome

T : période de l'atome

$E_\beta$  et  $E_\gamma$  : les énergies en MeV des rayonnements émis

$R = \frac{A}{T} \times A$  : facteur définissant la contribution de l'atome considéré au taux de comptage.

On voit que les atomes qui présentent le plus d'intérêt pour la détection sont au nombre de 11 : krypton 89 à 94 et xénon 137 à 141; l'énergie des rayons  $\beta$  émis est dans tous les cas connus supérieure ou égale à 2 MeV, l'énergie des rayons  $\gamma$  n'est connue que dans un seul cas et elle est faible.

Les produits de fission gazeux en se désintégrant donnent naissance à des produits solides à la température ordinaire, ceux-ci, ainsi que les rares produits de fission solides primaires qui ont échappé à l'adsorption par les parois de l'appareil, peuvent contribuer à la mesure, nous verrons qu'on est toujours amené à les supprimer, le gain de sensibilité étant négligeable vis à vis de l'augmentation de temps de réponse qui en résulte pour l'appareil de mesure.

## II - DESCRIPTION DE L'APPAREIL.-

### Emetteur de produits de fission.-

C'est une enceinte en aluminium, en acier inoxydable ou en alliage spécial résistant à la corrosion (selon la nature du réacteur) dans laquelle est placé un dépôt de matériau fissile sur de l'aluminium (2) ou de l'acier inoxydable. Ce dépôt peut être obtenu par électrolyse [1] ou par peinture à l'aide d'une solution de nitrate d'uranyle enrichi ou non contenant du collodion, le dépôt est ensuite calciné à 700° C [2]. L'épaisseur choisie pour le dépôt, 2,3  $\mu$ , est comparable avec le parcours des produits de fission dans l'oxyde d'uranium qui est de 4  $\mu$  environ. La surface totale du dépôt dépend du flux minimum à mesurer et du volume disponible dans le réacteur ; dans un des montages réalisés (destiné à des flux très faibles), elle atteint 1 m<sup>2</sup>, la distance moyenne entre chaque plaque support étant de 1 cm, le volume du détecteur est ainsi seulement de 10 x 10 x 50 cm., équivalent à celui d'une chambre d'ionisation classique avec son préamplificateur. (Fig. 1)

### Fluide utilisable pour le transport des atomes de fission.-

Il doit être aussi peu activable que possible par les neutrons thermiques ; les neutrons rapides n'interviennent pas en général, l'appareil étant placé derrière le réflecteur. L'air filtré est utilisable lorsque le flux à mesurer n'est pas trop grand ; en effet l'argon, le néon, l'oxygène et l'azote sont les principaux composants de l'air susceptibles de s'activer. Rappelons les résultats du calcul déjà exposé par ailleurs [3] : pour un litre d'air séjournant 1 s dans un flux de neutrons thermiques de 10<sup>12</sup> cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> les activités respectives immédiatement après l'irradiation sont :

- 14.000 désintégrations par seconde pour l'argon 41
- 1.000 désintégrations par seconde pour l'azote 16
- 400 désintégrations par seconde pour le néon 23
- 100 désintégrations par seconde pour l'oxygène 19

Les énergies des rayons  $\beta$  et  $\gamma$  émis sont comprises entre 1 et 10 MeV et ne peuvent par conséquent pas être discriminées des énergies des atomes de fission. L'activité de l'air est gênante parce qu'elle donne la valeur moyenne du flux tout le long de la boucle et non pas seulement au point où est l'émetteur de produits de fission. Au delà d'un flux de neutrons thermiques de 10<sup>10</sup> cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, l'hélium est le fluide le plus avantageux, mais son prix élevé rend nécessaire sa récupération et on pense l'effectuer le plus simplement en le faisant circuler en boucle fermée, avec un réservoir de décroissance et un filtre à charbon actif.

---

(2) Pour le cas où la température ne dépasserait pas 600° C.

### Mesure de la radioactivité des gaz.-

On peut utiliser un compteur de Geiger-Müller placé directement dans la veine gazeuse, le taux de comptage obtenu, proportionnel à la radioactivité du gaz, est mesuré avec une chaîne électronique qui comporte l'alimentation haute-tension du compteur G.M., un intégrateur d'impulsions et un enregistreur. Le schéma d'ensemble est représenté sur la figure 1.

L'utilisation d'un détecteur à scintillation a l'avantage de permettre une meilleure élimination des rayons  $\beta$  et  $\gamma$  d'énergie faible.

### III - PERFORMANCES.-

Le taux de comptage dû aux produits de fission est proportionnel au flux de neutrons à mesurer et à la surface du dépôt fissile, il dépend peu du débit gazeux.

La figure 2 montre les variations du taux de comptage dû aux gaz de fission en fonction du débit de l'air. La courbe théorique a pour équation :

$$A = k \leq \frac{\lambda_i I N_0}{v} e^{-\frac{\lambda_i L}{v}}$$

où  $N_0$  est le nombre d'atomes radioactifs initiaux,  $v$  la vitesse de transit des particules radioactives,  $l$  la longueur du compteur,  $L$  la distance de l'émetteur de produits de fission au compteur,  $\lambda_i$  la constante radioactive,  $k$  dépend de la géométrie et du rendement du détecteur.

A mesure que le débit augmente le temps ( $L/v$ ) nécessaire aux produits de fission pour atteindre le compteur diminue mais en même temps leur temps de vol  $l/v$  devant le compteur décroît. Le maximum a lieu pour des débits très faibles, en dehors de cette région l'activité varie de quelques unités pour cent, lorsque le débit varie d'un facteur 2.

### Détermination du flux minimum de neutrons thermiques mesurable avec une surface de $1\text{m}^2$ d'oxyde d'uranium naturel.-

L'appareil est placé dans un flux étalonné de neutrons thermiques : pour 100 fissions par seconde produites au total dans le dépôt d'oxyde d'uranium on obtient un taux de comptage de 12,5 c.p.s. Le compteur G.M. (3) est protégé par 10 cm de plomb et entouré d'une couronne de 43 compteurs "cosmiques" en anticoincidence avec le compteur central ; il est entouré d'un filtre mécanique (4) qui a un rendement de 25 % environ pour l'arrêt des produits de fission de  $U_{235}$ ,

---

(3) Compteur cylindrique à paroi mince épaisseur 0,1 mm d'aluminium longueur utile 100 mm, seuil Geiger : 350 v, type L.C.T. 10B12.

(4) Type POELMAN SCHNEIDER, teinte bleue.

quelques secondes après leur formation. Dans ces conditions le mouvement propre du compteur G.M. est de 6 c.p.mn. (y compris 1,5 c.p.mn apportés par le radon et ses dérivés lorsqu'on aspire l'air filtré avec un débit de 120 litres/mn pendant 30 mn.) et un flux de 4 neutrons thermiques par cm<sup>2</sup> et par s. provoque une variation du taux de comptage égale au mouvement propre du compteur. Le temps de transit du gaz entre l'émetteur de produits de fission et le compteur est de 1s.

En absence de filtre mécanique autour du compteur la sensibilité est réduite d'un facteur 2 environ. Les résultats expérimentaux sont réunis dans le tableau ci-dessous :

Débit litres/mn	A <sub>1</sub> Taux de comptage en l'absence de filtre	A <sub>2</sub> Taux de comptage en présence de filtre	$\frac{A_2}{A_1}$
200	1.780 c.p.s.	3.200 c.p.s.	1,8
100	1.950 c.p.s.	3.480 c.p.s.	1,8
60	2.065 c.p.s.	3.570 c.p.s.	1,7

Lorsqu'on veut un faible temps de réponse on doit diminuer au maximum la pollution du compteur et du volume qui l'entoure par des produits solides à vie longue, on dispose alors un filtre mécanique immédiatement avant le compteur ; avec un filtre (5) dont le rendement pour l'arrêt des atomes de fission, quelques secondes après leur formation est de 87 %, la perte de taux de comptage est seulement de 10 % dans les conditions expérimentales définies plus haut (par rapport au montage sans aucun filtre).

Temps de réponse à une variation de flux de neutrons.-

Sa limite inférieure est égale au temps de transit des gaz entre l'émetteur de produits de fission et le détecteur. Dans les conditions actuelles, les pertes de charge limitent ce temps de transit à quelques dizaines de millisecondes par mètre de distance entre émetteur et détecteur.

Lorsqu'on accumule les produits solides sur un filtre le temps de réponse défini comme le temps nécessaire pour atteindre 90 % du taux de comptage correspondant au régime permanent est de 30 mn pour un débit de 180 l/mn. Au contraire, en éliminant au maximum les produits de fission solides et en utilisant un dépôt fissile aussi mince que possible le temps de réponse tend vers la valeur du temps de transit du gaz défini plus haut.

(5) Type POELMAN SCHNEIDER, teinte rose.

### Influence des rayons $\gamma$ : photofission de l'uranium.--

Nous avons indiqué que ce type de détecteur est utilisable dans les cas où les flux de neutrons à mesurer sont accompagnés de flux importants de rayons  $\gamma$ . Le seuil de photofission de l'uranium est voisin de 5,4 MeV et d'après MAIENSCHEN [4] le spectre des rayons  $\gamma$  au centre d'un réacteur atomique est sensiblement uniforme de 0 à 8 MeV. En prenant comme section efficace de photofission celle qui correspond à 8 MeV soit 0,004 barn [5] les probabilités de fission de l'uranium naturel par rayons  $\gamma$  et neutrons différent d'un facteur 1.000, on peut donc s'attendre à une influence négligeable des rayons  $\gamma$ . L'appareil réalisé placé dans un flux de neutrons thermiques de  $1,3 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  accompagné de  $2 \cdot 10^5 \text{ R/8h}$  de rayonnement (Pile EL.2, 6 jours après l'arrêt) donnait un contraste supérieur ou égal à 1.500 entre l'effet des neutrons et celui des rayons  $\gamma$ ; ce dernier effet est donc négligeable. Une chambre d'ionisation compensée produisant une atténuation de l'effet  $\gamma$  d'un facteur 100 environ, placée dans les mêmes conditions, aurait donné un courant dû au rayonnement  $\gamma$  2,5 fois plus important que le courant d'ionisation dû aux neutrons: toute mesure aurait donc été impossible avec cette chambre; seule une chambre à fission aurait été utilisable (jusqu'à  $10^6 \text{ R/8h}$  environ).

### Influence de la température.--

Des mesures de flux de neutrons à des températures de  $1.000^\circ \text{ C}$  sont possibles avec ce détecteur. Les fluctuations de sensibilité en fonction de la température, dues aux fluctuations des vitesses de diffusion des produits de fission dans l'émetteur ont été étudiées jusqu'à une température de  $750^\circ \text{ C}$ . Le dispositif expérimental est représenté sur la figure 3. Un dépôt d'uranium enrichi à 46 % en  $\text{U}_{235}$  est déposé sur un ruban fer-nickel-chrôme et chauffé par chauffage direct; l'épaisseur du dépôt d'oxyde d'uranium est de  $2,5 \mu$ . Un thermo-couple soudé électriquement au ruban permet la mesure des températures. Les résultats des mesures sont les suivants: à très faible débit (inférieur ou égal à  $30 \text{ l/mn}$ ) le taux de comptage augmente avec la température à partir de  $500^\circ \text{ C}$ , il passe de 250 désintégrations par minute à  $500^\circ \text{ C}$ , à 400 désintégrations par minute à  $750^\circ \text{ C}$ , et reprend sa valeur initiale quand la température décroît. Pour des débits plus élevés (quelques litres par seconde) les premières expériences effectuées n'ont montré aucune variation du taux de comptage entre  $25$  et  $300^\circ \text{ C}$ , des expériences complémentaires sont en cours pour atteindre  $1.000^\circ \text{ C}$ . L'allure du phénomène est représentée figure 4: le maximum des courbes taux de comptage - débit se déplace vers les faibles débits et augmente à mesure que la température croît, pour les débits élevés toutes les courbes sont pratiquement confondues. Tout se passe comme si la pseudo-constante



radioactif  $\lambda$  diminuait quand la température augmente, ce qui est dû à la diminution du temps de diffusion des atomes à travers la couche de gaz située au contact du dépôt fissile et peut être dans le dépôt fissile lui-même. Le fait que le phénomène ne présente pas de remanence permet un étalonnage de l'appareil même à faible débit.

Précision et gamme de flux mesurable avec un même détecteur.--

Une surface de  $1 \text{ m}^2$  de dépôt d'oxyde d'uranium enrichi à 70 % donne un taux de comptage de  $10^4$  désintégrations par seconde pour un flux de neutrons thermiques de  $10 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; le compteur à scintillations peut effectuer un comptage  $10^3$  fois plus rapide. On peut obtenir 2 décades supplémentaires en disposant un écran autour du compteur et 3 décades supplémentaires en utilisant un écran boraté mobile autour de l'émetteur de produits de fission. Cet écran a en outre l'avantage d'éviter la disparition rapide de l'uranium placé dans un flux élevé, ce qui amènerait une dérive de l'indication de puissance, par exemple pour un flux de  $10^{14} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  50 % de l'uranium 235 disparaît en 3 mois. De plus on évite ainsi de transporter des gaz de radioactivité prohibitive.

Dans ces conditions une gamme de mesure de 8 décades est possible, la précision obtenue étant de 3 % pour des flux supérieurs à  $100 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  et de 10 % pour  $100 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ; cette précision est liée aux fluctuations statistiques du taux de comptage et aux dérives de l'électronique (on suppose que le fluide gazeux est de l'air en boucle ouverte ou de l'He purifié cyclé - au cas où le flux dépasse  $10^{10} \text{ n/cm}^2 / \text{s}$  -). A titre d'exemple la figure 5 montre un enregistrement de puissance de la pile EL.2. La source de produits de fission était un dépôt d'oxyde d'uranium naturel de  $50 \text{ mm}^2$ , situé à 10 m d'un compteur Geiger à parois épaisses type L.C.T. 3 G 12 (6). On a effectué un enregistrement de longue durée du flux de neutrons dans le canal N6 de la pile EL.2 à 20cm de la cuve, et on a comparé l'enregistrement aux relevés de puissance du tableau de commande de EL.2, mesurés avec des chambres d'ionisation à neutrons lents placés derrière le réflecteur. On constate un bon accord sauf après la montée en puissance CD qui a eu lieu après un arrêt de 25 mn. Ce désaccord peut s'expliquer par la présence dans la pile d'une concentration de xénon en excès par rapport à l'équilibre, ceci provoque un aplatissement de la courbe de flux dans le milieu multiplicateur : à flux de neutrons thermiques égal derrière le réflecteur le flux au voisinage immédiat de la cuve est plus grand. Après un temps suffisant pour que l'équilibre en xénon soit rétabli les indications sont de nouveau en accord (partie IJ des enregistrements).

---

(6) Seuil G.M. 350 v, longueur utile 100 mm. épaisseur de paroi : 1mm de verre et 0,1 mm d'acier.

## IV - CONCLUSIONS.

Cet appareil permet de faire des mesures précises de flux de neutrons thermiques accompagnés de flux très importants de rayons  $\gamma$  ce qui est le cas des réacteurs atomiques; particulièrement dans la période de démarrage.

La tenue en température est excellente et l'électronique qui lui est associée est particulièrement simple.

Selon la nature et la grandeur des flux de neutrons à mesurer la nature du matériau fissile et la quantité utilisée peuvent

varier. Par exemple : dans un flux de  $10^{12}$  neutrons thermiques ( $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) une surface de  $1/10 \text{ mm}^2$  d'oxyde d'uranium naturel est suffisante (elle donne 100 coups par seconde avec le dispositif cité

plus haut). On peut donc tracer des cartes de densité de neutrons avec une précision nettement meilleure que celle que l'on peut avoir avec

les plus petites chambres d'ionisation qu'il est possible de faire.

D'autre part, la quantité de matériau fissile introduite à l'endroit où l'on veut mesurer le flux est ainsi très faible : 1 microgramme pour le détecteur de  $1/10 \text{ mm}^2$ , et perturbé ainsi très peu le flux.

La spectrographie des rayons par scintillation doit permettre d'éliminer les radioactivités parasites liées aux corps à longue période mais la complexité du spectre émis par les produits à période courte et surtout le fait que les énergies des rayons  $\gamma$  qu'ils émettent ne sont pas connus rend ce problème très difficile (STUBBS et WALTON) [6]. L'utilisation du détecteur de neutrons décrit en circuit fermé nécessite cependant cette séparation; des enregistrements effectués par GOUPIL [7] sur une boucle à  $\text{CO}_2$  cycle contenant une surface d'uranium de  $160 \text{ mm}^2$  observée à l'aide d'un compteur à scintillation et d'un sélecteur à 256 canaux ont donné les résultats suivants : pics photoélectriques nombreux dans la région des basses énergies (50 à 200 KeV), un pic à 1,5 MeV caractéristique de l'argon 41 et du fer irradié, enfin un spectre Compton étendu de 3 à 6 MeV et de période 8 s. (Le temps de transit du gaz était de 1 s entre émetteur et compteur). Cela doit donc permettre d'obtenir un temps de réponse faible et une bonne précision dans le cas où la réutilisation du fluide servant au transport des gaz de fission s'avérerait nécessaire.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - KOCH L. - Dépôt de bioxyde d'uranium sur l'aluminium par électrolyse •  
Journal of Nuclear Energy 2, (1955).
  - 2 - GRAVES A.C. - FROMAN K. Miscellaneous Physical et Chemical techniques  
of the Los Alamos project, NNES V3, Mac Graw Hill (1952).
  - 3 - LABEYRIE J. - ROGUIN A. Rapport C.E.A. n° 430 (1955).
  - 4 - MAIENSCHEN F. - LOVE T. Gamma ray spectrum of the bulk shielding  
reactor. Nucleonics 12, 5, 6, (1954)
  - 5 - FRISCH O. R. - Progress in nuclear physics 2 p. 132
  - 6 - STUBBS F. J. - WALTON G. N. - Emission de gaz rares radioactifs par  
les matières fissiles au cours d'irradiation par des neutrons lents.  
Genève P/435 (1955)
  - 7 - GOUPIL J. Rapport S.E.P. n° 92 (non publié)
- CORYELL C.D. - SUGARMAN N. Radiochemical studies : the fission  
products, Mac Graw Hill (1951).
- SCHULTZ M.A. - Control of nuclear reactors and power plants, Mac  
Graw Hill (1955).
- KOCH L. - LABEYRIE J. - Brevet français n° PV 712.272, Brevet pris  
dans divers autres pays.
- KOCH L. - Nouveau détecteur de neutrons à courant gazeux, Journal  
of nuclear Energy 5 3/4 357 (1957)

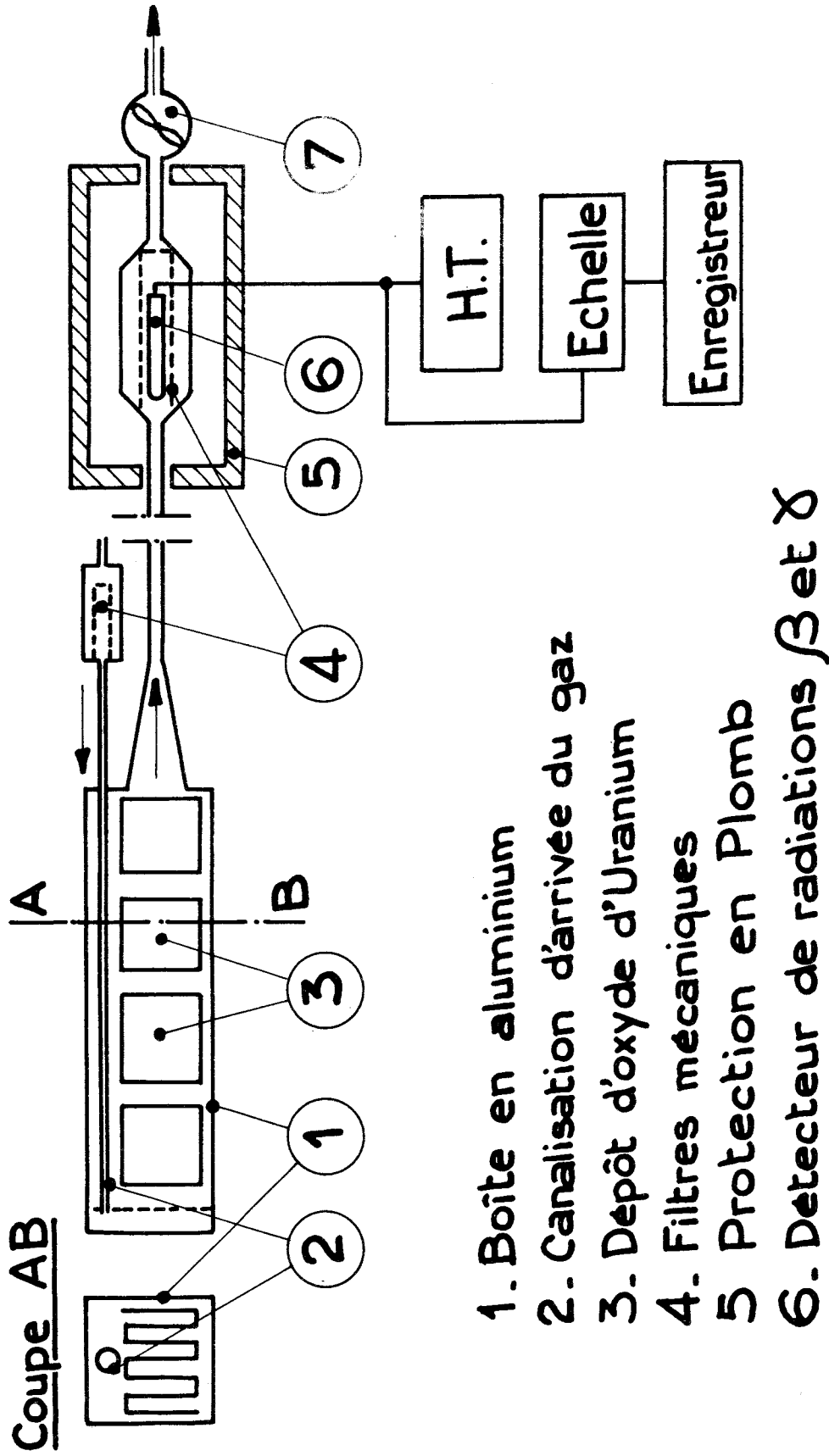


Fig:1 - Schema d'ensemble de l'appareillage

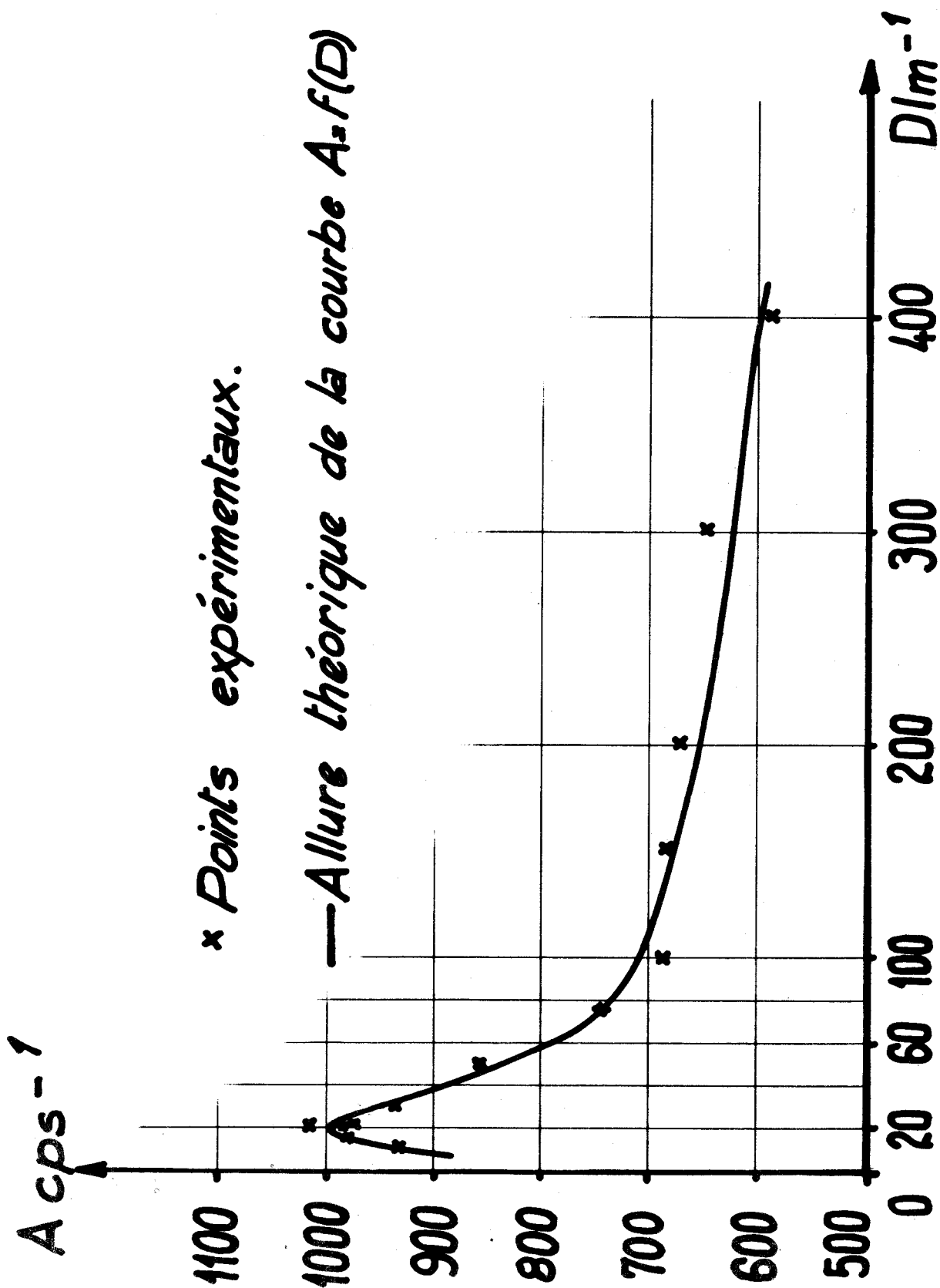


Fig.2 Radioactivité des gaz de fission en fonction du débit d'air D

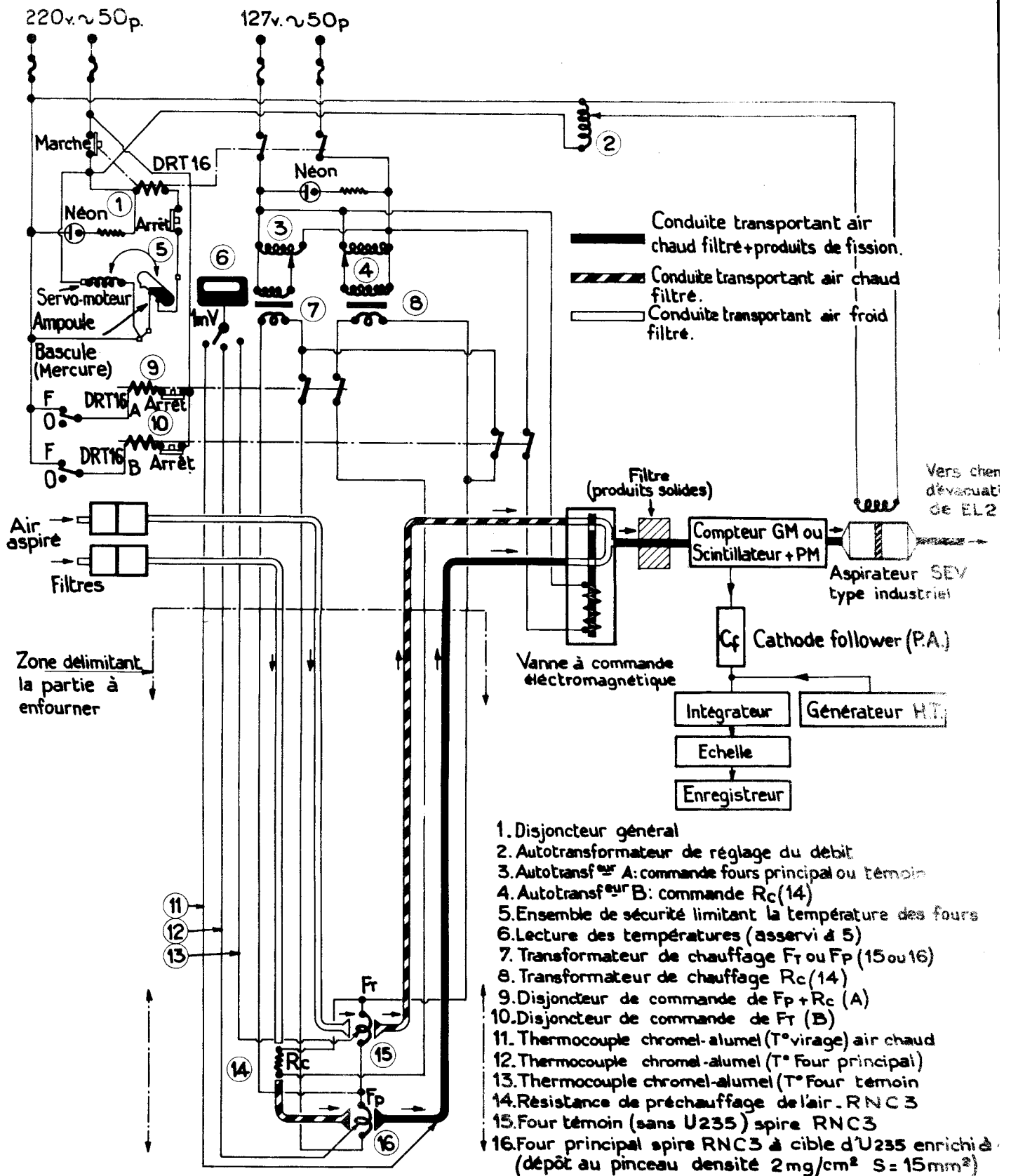
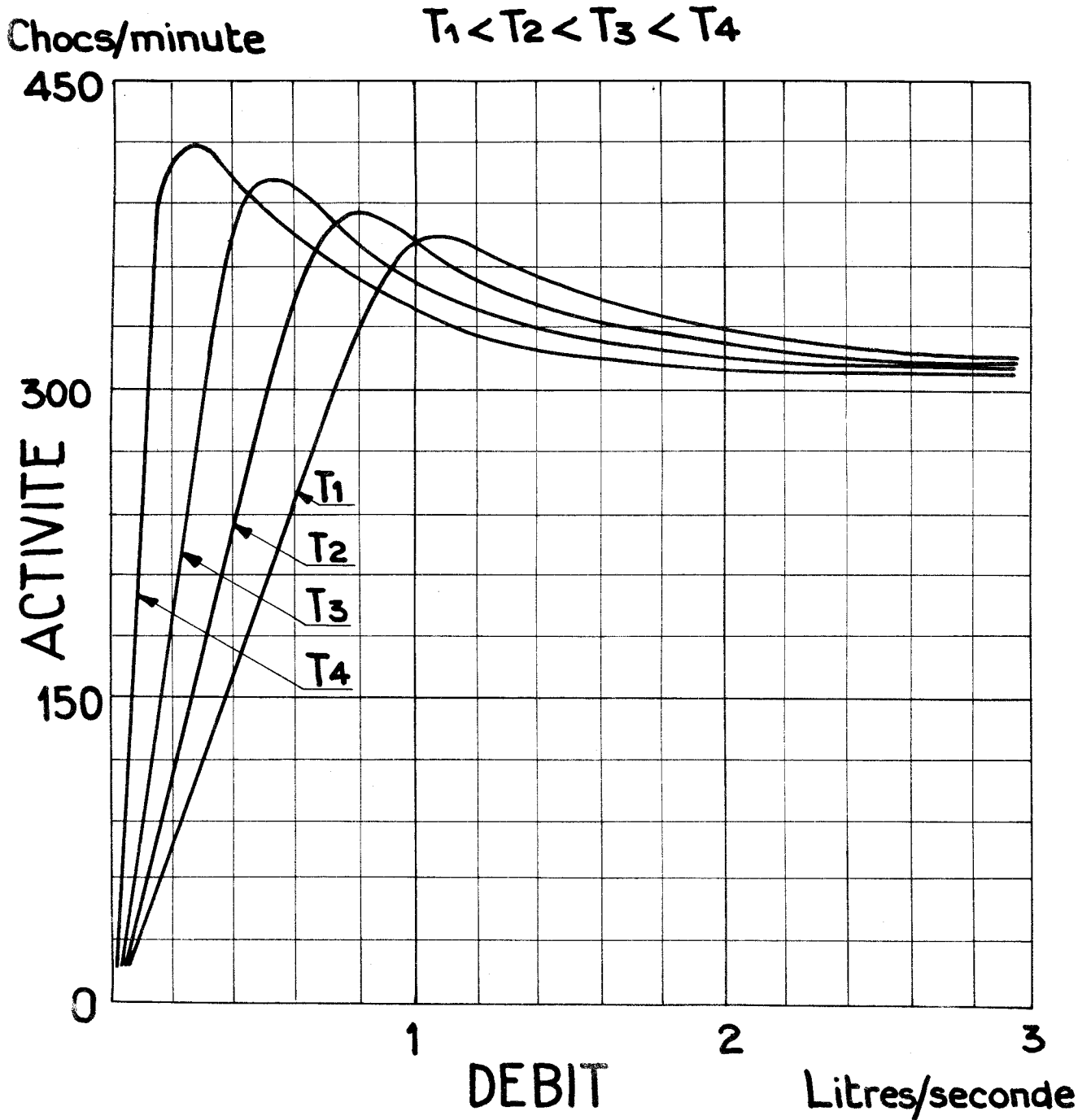


Fig:3 . Schéma d'ensemble

Fig. 4 Allure de la variation isotherme de l'activité en fonction du débit



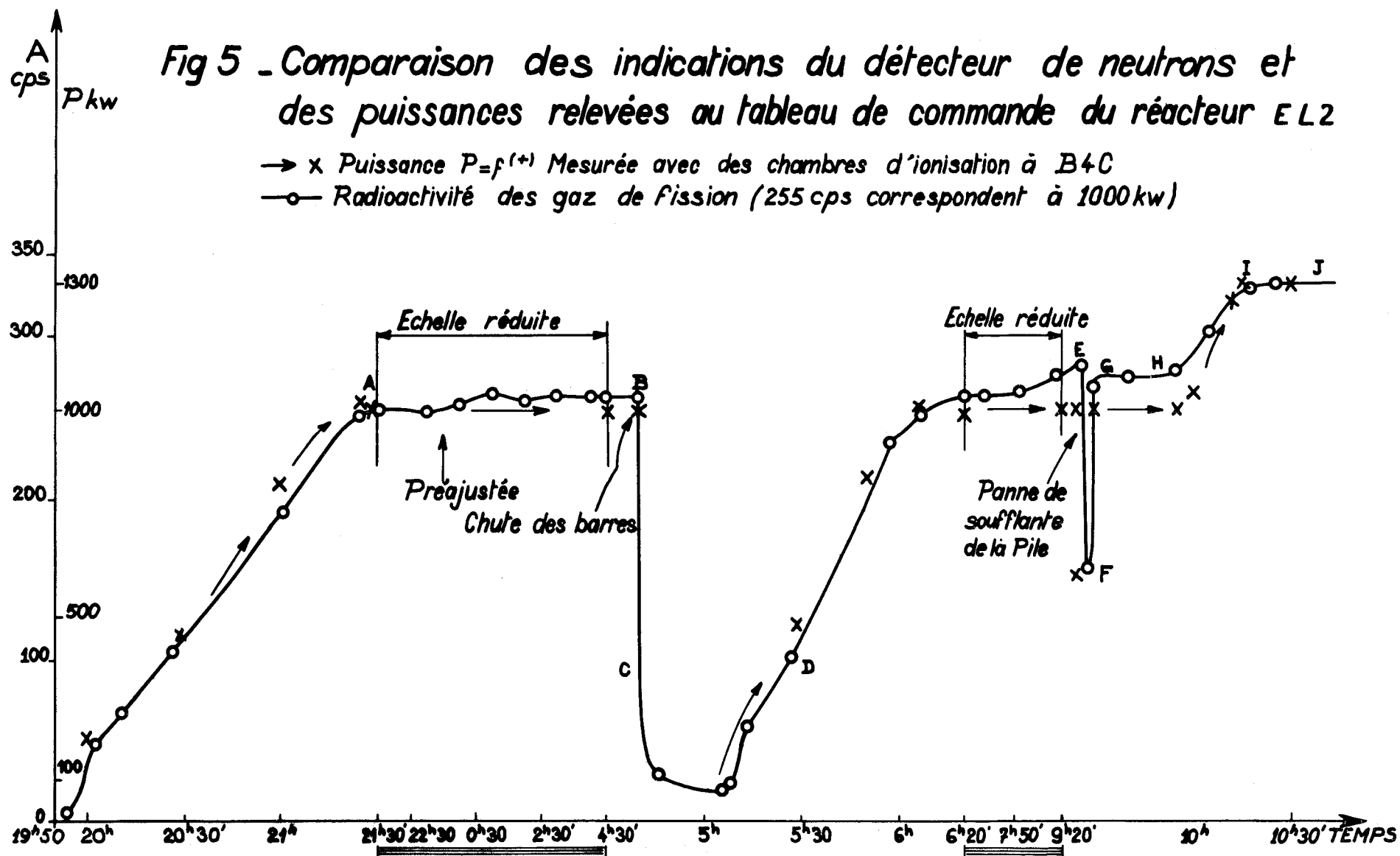




TABLE DES FIGURES

- Figure 1 - Schéma d'ensemble de l'appareillage.
- Figure 2 - Radioactivité des gaz de fission en fonction du débit d'air D.
- Figure 3 - Schéma d'ensemble.
- Figure 4 - Allure de la variation isotherme de l'activité en fonction du débit.
- Figure 5 - Comparaison des indications du détecteur de neutrons et des puissances relevées au tableau de commande du réacteur EL.2

T A B L E A U I

54 Xénon	a %	λ	Λ	T	E <sub>β</sub> M V	E <sub>γ</sub> M V	1/2 Δx
133	4,5	6	27.10 <sup>-4</sup>	2,2 j 5,3 j	0,34	0,24 0,08	1
135	5,9	5	30.10 <sup>-4</sup>	13 mn 9,2 h	0,55(3%) 0,9(97%)	0,52 0,25 0,37 0,6	« 1 « 1
137	6	30	180.10 <sup>-4</sup>	3,9 mn	3,5		0,7
138	6	40	240.10 <sup>-4</sup>	17 mn	2,4	0,42 0,5	0,2
139	6	40	240.10 <sup>-4</sup>	41 s.	2,1		6
140	7	23	160.10 <sup>-4</sup>	16 s.			10
141	6	1,5	9.10 <sup>-4</sup>	3 s.			4,5
143	5	0,05	0,25.10 <sup>-4</sup>	1 s.			0,2
144	5	0,05	0,25.10 <sup>-4</sup>	1 s.			0,2

T A B L E A U II

36 Krypton	a %	λ	Λ	T	E <sub>β</sub>	E <sub>γ</sub>	1/2 Δx
83	0,5	0,6	0,3.10 <sup>-4</sup>	113 mn			« 1
85	1	0,3	0,3.10 <sup>-4</sup>	4,5 h	0,7(84%) 1(96%)	0,15 0,3	« 1
87	2	3	6.10 <sup>-4</sup>	74 mn	1,3 3,7	0,4 1,9 2,3	« 1
88	3	30	90.10 <sup>-4</sup>	2,8 h	0,5 0,9 2,7	0,03	« 1
89	4	52	200.10 <sup>-4</sup>	3,1 mn	2(35%) 4(65%)		1,1
90	5	30	150.10 <sup>-4</sup>	33 s.	3,2		5
91	6	15	90.10 <sup>-4</sup>	9,8 s.	3,6		9
92	6	3	18.10 <sup>-4</sup>	2,3 s.			8
93	6	2	12.10 <sup>-4</sup>	2 s.			6
94	6	1	6.10 <sup>-4</sup>	1,4 s.			4,5
95	6	0,5	3.10 <sup>-4</sup>				
97	6	0,15	0,9.10 <sup>-4</sup>	1,2 s.			0,75