

UTILIZATION D'UN ECLAIR LUMINEUX POUR LA STABILIZATION D'UN SPECTROMETRE DE SCINTILLATION

MANOEL AMÉRICO NOGUEIRA DE ABREU

PUBLICAÇÃO IEA N.º **122**

Dezembro — 1965

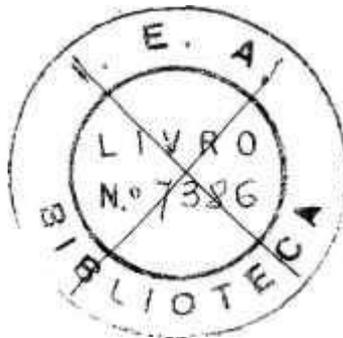


INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"
SÃO PAULO — BRASIL

UTILIZATION D'UN ECLAIR LUMINEUX POUR LA STABILISATION D'UN
SPECTROMETRE DE SCINTILLATION

Manoel Américo Nogueira de Abreu

Divisão de Física Nuclear
Instituto de Energia Atômica
São Paulo - Brasil



Publicação IEA nº 122

Dezembro - 1965

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Presidente: Prof.Dr. Luiz Cintra do Prado

Universidade de São Paulo

Reitor: Prof.Dr. Luis Antonio da Gama e Silva

Instituto de Energia Atômica

Diretor: Prof.Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

Conselho Técnico-Científico do IEA

Prof.Dr. José Moura Gonçalves	}	pela USP
Prof.Dr. Walter Borsani		
Prof.Dr. Rui Ribeiro Franco	}	pela CNEN
Prof.Dr. Theodoro H.I. de Arruda Souto		

Divisões Didático-Científicas

Divisão de Física Nuclear -

Chefe: Prof.Dr. Marcello D.S. Santos

Divisão de Radioquímica -

Chefe: Prof.Dr. Fausto Walter de Lima

Divisão de Radiobiologia -

Chefe: Prof.Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

Divisão de Metalurgia Nuclear -

Chefe: Prof.Dr. Tharcísio D.S. Santos

Divisão de Engenharia Química -

Chefe: Lic. Alcídio Abrão

Divisão de Engenharia Nuclear -

Chefe: Eng^o Pedro Bento de Camargo

Divisão de Operação e Manutenção de Reatores -

Chefe: Eng^o Azor Camargo Penteado Filho

Divisão de Ensino e Formação -

Chefe: Prof.Dr. Luiz Cintra do Prado (Licenciado)

UTILIZATION D'UN ECLAIR LUMINEUX POUR LA STABILISATION D'UN
SPECTROMETRE DE SCINTILLATION

par

Manoel Américo Nogueira de Abreu

RESUMO

A estabilização com o tempo do ganho total de espectrômetros de cintilação, pode ser obtida tomando-se como parâmetro de referência a posição de uma raia artificial conseguida mercê de pulsos luminosos, de intensidade e de frequência pré-fixadas, oriundos de uma fonte luminosa (Z70U). Esta técnica pode ser utilizada em qualquer intervalo de energia e a reprodutibilidade da posição da raia é bastante satisfatória. Não foi observada, em um dia, deriva maior que o erro experimental.

Uma análise comparativa das técnicas propostas para o controle da estabilidade de espectrômetros de cintilação é também apresentada.

RESUMÉ

La stabilité, dans le temps, du gain total d'un spectromètre à scintillation peut être obtenue en prenant comme paramètre de référence la position d'une raie artificielle due à des éclairs lumineux, d'intensité et de fréquence prédéterminées, provenant d'une source de lumière (Z70U). Cette méthode est possible dans n'importe quel intervalle d'énergie et la reproductibilité de la position de la raie est très satisfaisante. En vingt et quatre heures nous avons observé une dérive inférieure à l'erreur expérimental.

On présente une analyse comparative des différentes méthodes décrites dans la littérature pour le contrôle de la stabilité des spectromètres de scintillation.

ABSTRACT

The time stability of the total gain in a scintillation spectrometer can be obtained taking the position of an artificial line as referential parameter. This line was produced by a source (Z70U) giving light flashes of predetermined frequency and intensity. This technique can be used in any range of energy. The reproducibility is also very good. The drift in a day was smaller than the experimental error.

A comparative analysis with the techniques proposed in the literature is presented.

I. INTRODUCTION

L'étude et la détection des fragments de fission en utilisant les méthodes de scintillation présentent toujours deux problèmes qui sont:

- a) l'existence d'un bruit de fond des radiations, surtout alpha, en flux importants.
- b) une perte spécifique d'énergie très grande.

Le premier problème exige un scintillateur assez rapide pour éviter les empilements des impulsions dans les circuits électroniques et le deuxième exige un scintillateur dans lequel le nombre de photons émis soit proportionnel à l'énergie cédée par la particule quelque soit la perte spécifique d'énergie de celle-ci. Des études antérieures ont montré que le Xe présente ces propriétés et également un bon rendement de luminescence⁽¹⁾. Pendant la mise au point d'un scintillateur gazeux rempli avec Xe on a remarqué deux phénomènes:

- diminution du rendement de luminescence avec le temps et
- variation de ce rendement avec le type de pompe à vide utilisée - vapeur d'huile ou vapeur de mercure.

Pour étudier ces phénomènes il faut avoir un gain très stable, avec le temps, de l'ensemble détecteur; problème qui se pose toujours quand on utilise un détecteur.

Pour obtenir cette stabilité on a choisi, entre les différents méthodes décrites dans la littérature celle qui consiste à créer une raie dans le spectre détecté par un scintillateur en utilisant une lampe à éclairs.

Une synthèse de la méthode choisie et de ses performances est exposée ci-après.

II. METHODES DE REGULATION DU GAIN

La méthode de spectrométrie à scintillation donne un bon rapport efficacité - résolution en énergie, mais quelquefois il faut un temps de comptage très long d'où la nécessité d'avoir une très bonne stabilité du gain de l'ensemble.

Un très grand nombre de méthodes ont été présentées dans la littérature⁽²⁾ desquelles nous allons rappeler les différents principes.

II.A/ Principe de fonctionnement

On suppose l'existence d'une raie suffisamment intense et nettement marquée à l'intérieur du spectre à étudier, et dont l'intensité ne doit pas varier pendant tout le temps que dure la mesure. La position de cette raie détermine les variations que l'on doit introduire dans le gain pour compenser ces variations. Toutes les méthodes proposées sont des artifices que l'on utilise

pour maintenir au même endroit l'emplacement de cette raie, qui peut être créée par une source auxiliaire que l'on incorpore au système de détection, parce que dans beaucoup de cas les raies présentées par le spectre n'ont pas les caractéristiques demandées. Cette solution présente l'avantage de permettre le choix d'une raie nette et suffisamment intense, mais demande un changement de la source lorsque l'on veut travailler dans un interval d'énergie différent et apporte des changements parfois indésirables au spectre que l'on veut étudier. Il existe une variante à cette deuxième solution, qui est l'introduction d'une raie artificielle dans le spectre à l'aide d'une source d'impulsions lumineuses.

Ce procédé présente les avantages suivants:

- On peut faire varier facilement la position de la raie par rapport au spectre et adapter ainsi la raie à n'importe quel spectre en jouant sur l'ouverture d'un diaphragme.
- La largeur d'une telle raie spectrale est très petite et son intensité peut être choisie arbitrairement.

D'autre côté il y a toujours un bruit de fond indésirable introduit par le courant d'amorçage, mais on peut atténuer cet effet en ne faisant la régulation que de temps en temps.

II.B/ Description

Pour utiliser cette méthode on a besoin d'un générateur d'impulsions lumineuses qui sera composé d'une lampe à éclairs et d'un appareillage d'amorçage.

II.B-1/ Lampe à éclairs

Le type de lampe choisi doit fournir une impulsion lumineuse ayant les caractéristiques suivantes:

- avoir un spectre le plus proche possible de celui du rayonnement fluorescent de la substance scintillante.
- avoir une fréquence constante.
- avoir un nombre de photons, par impulsions, à peu près constant.
- enfin, pour la commodité de montage, la lampe doit être de dimensions assez réduites.

II.B-2/ Types de générateurs d'impulsions lumineuses

Plusieurs types sont utilisés dans cette méthode. On peut citer parmi eux:

a) générateurs d'éclairs à triode

Ce sont des triodes avec un écran qui émet des éclairs lumineux lorsqu'il reçoit l'impact d'un faisceau d'électrons. Ce faisceau est contrôlé par une grille qui se trouve normalement à un potentiel inférieur au "cuttoff", lequel reçoit des impulsions positives produites par la décharge d'une ligne à travers un relais à mercure. Ce générateur présente les avantages d'avoir une impulsion lumineuse d'un temps de montée de 1 ns, une descente exponentielle ayant la constante de temps de la substance phosphorescente (35 ns). La largeur d'impulsion peut varier (jusqu'à 1 μ s) et aussi la fréquence. La triode présente les inconvénients d'être de dimensions très grande (cylindre ϕ 2,5 cm ; longueur 10 cm) et d'un prix très élevé.

b) des tubes à rayons cathodiques

Les éclairs sont produits par la phosphorescence d'un écran balayé par un faisceau d'électrons. Ce type présente les mêmes inconvénients que celui décrit ci-dessus.

c) des disques troués tournant devant une lampe allumée

Ces générateurs présentent des problèmes de montage mécanique et des manipulation.

d) des tubes à décharge gazeuse

Le tube s'allume toutes le fois que la tension appliquée à ses bornes dépasse la tension d'amorçage. Cette tension d'amorçage peut être fortement diminuée par une faible décharge auxiliaire entre une électrode principale et une électrode auxiliaire. Cet ensemble présente les avantages suivants:

- d'être très petit (cylindre ϕ 1 cm, longueur 2,5 cm)
- de pouvoir fonctionner à une fréquence variable jusqu'à 5 KH
- de présenter un éclairage intense qui permet de travailler dans un grand intervalle d'énergie.

Malheureusement il faut tenir compte du temps de désionisation très grand (100 μ s) et du spectre d'émission qui est nettement différent de celui du rayonnement fluorescent de la substance scintillante. Malgré ces inconvénients on utilisera ce dernier type de générateur car il est le plus pratique au point de vue du montage mécanique, le moins cher, de caractéristiques de stabilité très satisfaisantes et on peut diminuer beaucoup la durée des éclairs⁽⁵⁾.

II.B-3/ Appareillage d'amorçage

La lampe à éclairs choisie est la Z70U, qui a une haute sensibilité à l'entrée, mais un temps de désionisation très grand. Pour cela il faut éviter que des amorçages non voulus puissent se produire et il faut obtenir une extinction rapide de la décharge. Le circuit doit donc fournir, pendant le repos aux bornes de la lampe, une tension bien au dessous de la tension d'amorçage. Pour se produire l'éclair l'impulsion doit avoir un temps de montée et de descente très court.

On a obtenu des impulsions lumineuses de $1,2 \mu\text{s}$ de temps de montée, avec le circuit proposé par Haun⁽²⁾. Ce circuit se compose essentiellement de deux monovibrateurs et d'une lampe à éclairs. La tension d'amorçage de la Z70U est d'environ 110 V.

Dans l'état stable, la tension appliquée aux bornes de la lampe est de 80V et entre la cathode et l'électrode auxiliaire elle est au dessus de la tension de travail. Un générateur d'impulsions positives déclenche le premier monovibrateur en produisant une diminution du potentiel de la cathode de la lampe à éclair. Ainsi la tension d'amorçage est dépassée de beaucoup, en une micro-seconde, et la décharge auxiliaire est intensifiée. Quand le premier monovibrateur arrive à l'état métastable il commence à retourner à l'état stable et cela déclenche le deuxième monovibrateur ce qui conduit à diminuer fortement la constante de temps du premier, faisant ainsi monter très vite la tension de la cathode de la lampe à éclair et éteindre la décharge dans le gaz.

II.B-4/ Montée

Nous avons essayé le circuit dans un montage décrit dans la figure 1. Un photo-multiplicateur 54 AVP est monté sur un cristal NaI(Tl) dans lequel la lumière entre par une fenêtre latérale. La quantité de lumière qui entre dans le cristal est réglée par un diaphragme.

III. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Après quelques essais nous sommes arrivés à des résultats satisfaisants pour la manipulation envisagée, résultats que nous allons décrire ci-après.

III.A/ Impulsions d'amorçage

Nous avons étudié les impulsions d'amorçage, c'est-à-di-

re celles qui amorcent la décharge dans la lampe à éclairs, en faisant varier les tensions de polarisation (positive et négative) et quelques composants du circuit.

Nous avons eu pour but d'obtenir une impulsion plus rapide et exempté de parasites; nous avons besoin de surveiller la stabilité de l'emplacement de la raie spectrale artificielle par observation de l'impulsion de sortie du photomultiplicateur. La figure 2 montre les impulsions de déclenchement, de sortie du circuit d'amorçage et de sortie du photomultiplicateur. On peut avoir deux impulsions d'amorçage, mais en faisant varier les polarisations du circuit d'amorçage on a éliminé la deuxième impulsion. Il est à noter que si nous conservons les deux impulsions et en employant l'une ou l'autre nous pourrions éviter l'emploi du diaphragme. Enfin il faut remarquer que malgré les essais sur le circuit d'amorçage la durée de l'impulsion de la sortie du photomultiplicateur n'a jamais été inférieure à 60 μ s.

III.B/ Spectre de la raie lumineuse

Pour étudier le fonctionnement de l'ensemble nous avons analysé le spectre émis d'une part avec la lampe à éclairs et d'autre part avec des sources de radiation gamma, Cs¹³⁷ et Po-Be.

III.B-1/ Bruit de fond

La figure 4 montre le spectre du bruit de fond introduit seulement par la lampe à éclairs. On peut voir que celle-ci produit de petits éclairs même quand on n'a pas d'impulsion de déclenchement, mais qui s'éteignent si on coupe la haute tension du circuit d'amorçage.

III.B-2/ Résolution

D'après la figure 5 on peut voir que les deux raies lumineuses ont une résolution de 8%. Nous avons essayé d'améliorer la

résolution en jouant sur les tensions de polarisation et la forme de l'impulsion d'entrée, mais le résultat de 8% suffit actuellement pour la manipulation envisagée.

III.B-3/ Emplacement

Pour comparer la raie lumineuse avec les raies dues aux sources de radiation gamma nous avons fait varier l'ouverture du diaphragme. La figure 6 montre deux emplacements différents de la raie lumineuse que nous avons réussie à obtenir à peu près de la même amplitude que celles dues au Cs¹³⁷ et Po-Be.

III.B-4/ Fréquence

D'après l'étude du circuit d'amorçage on peut voir que la fréquence des éclairs est commandée par la fréquence de l'impulsion qui déclenche le circuit d'amorçage. Comme celle-ci est donnée par un générateur on peut faire varier le taux de comptage de la raie lumineuse en faisant varier la fréquence. Dans la figure 6 on peut voir que les taux de comptage de la raie lumineuse et des raies dues à la radiation gamma sont à peu près égaux.

III.B-5/ Stabilité

Les études faites sur les lampes à éclairs par MM. Pascal et Breuze ont montré que la stabilité de la raie lumineuse est d'environ 0,5%. Après une série de cinq essais faits pendant une journée nous avons trouvé que les raies lumineuses ont eu une dérive de $(0,6 \pm 0,3)\%$ par rapport aux raies du Cs¹³⁷ et du Po-Be (tableau I).

IV. CONCLUSION

La méthode ici proposée permet d'obtenir une ligne de référence dans le spectre analysé qui a les avantages suivants: un nombre de photons par impulsion à peu près constant; une fréquen-

ce ajustable au taux désiré et un changement négligeable du spectre original. Par contre elle présente: une durée des éclairs lumineux très grande, caractéristique qu'on pourra améliorer en changeant la Z70U par une source lumineuse plus rapide; et une résolution de la même grandeur que celle présentée par les raies du cristal.

TABLEAU I

<u>Essai</u>	<u>"Energie" de la Raie Lumineuse</u>	
	(KeV)	
	<u>Raie 1</u>	<u>Raie 2</u>
1	420 ± 95	3460 ± 20
2	400 ± 95	3470 ± 20
3	404 ± 95	3480 ± 20
4	446 ± 90	3500 ± 20
5	390 ± 80	3440 ± 20
moyène	410 ± 50	3470 ± 10

REMERCIEMENTS

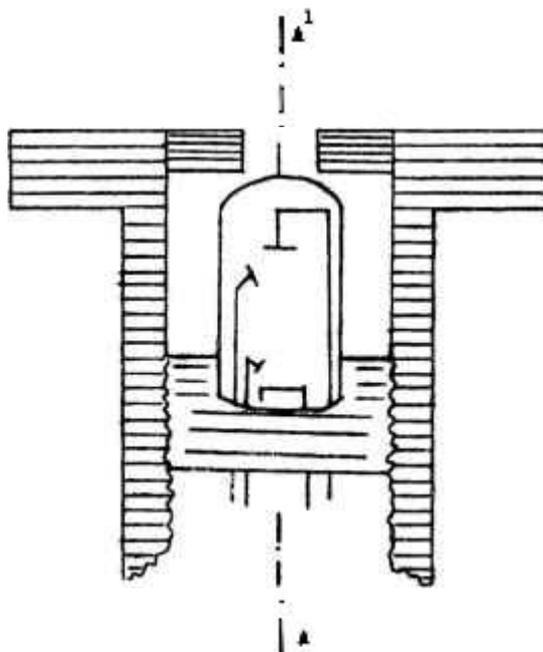
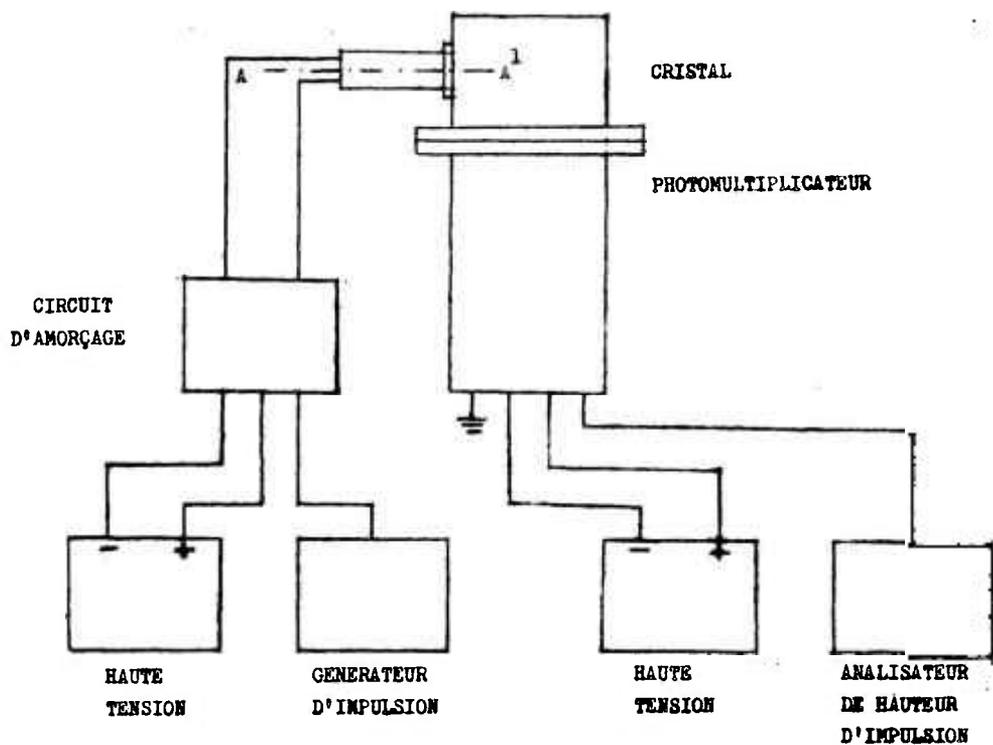
Nous remercions messieurs H. Nifenecker et R. Joly pour l'orientation donnée à l'élaboration de ce travail et Monsieur J. Fagot pour son aide apportée à la rédaction.

Nous remercions aussi le C.E.A. du gouvernement français et la C.N.E.N. du gouvernement brésilien d'avoir rendu possible ce séjour au C.E.N. de Saclay.

REFERENCES

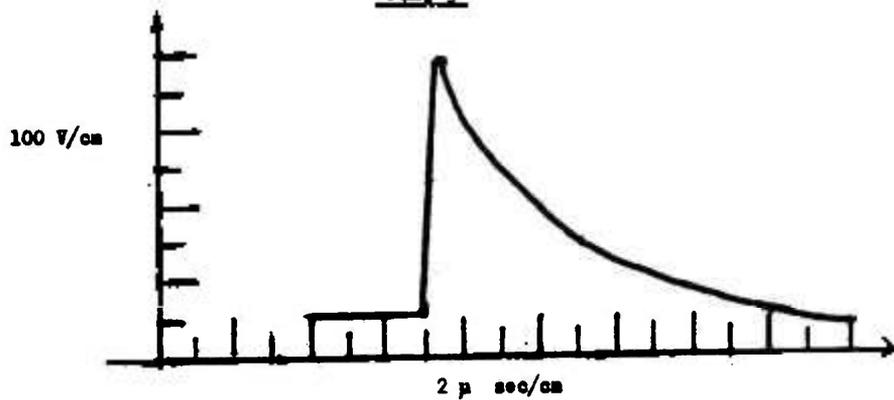
1. Lydie Koch - Rapport C.E.A. n° 1532
2. G. Haun; D. Kambe - Nuclear Instrument and Methods 8(60)331
3. H.J. Rijks - Nucl. Instr. and Meth. 14(61)76
4. I.R.E. Transactions Nuclear Science N.S.9(62)151
5. S.A. Pollack - Journal of Applied Physics - Vol. 36 n° 11
nov. 1965 - 3459

FIG. 2

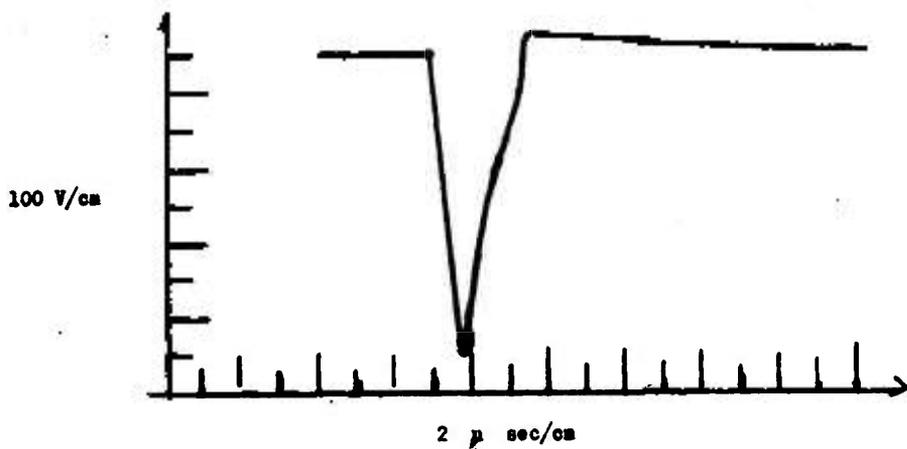


SOURCE DE LUMIÈRE

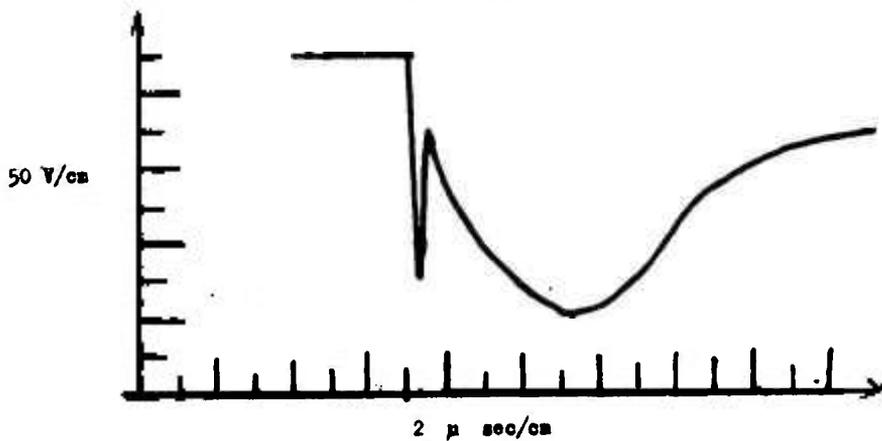
FIG. 3



Impulsion de declenchement



Impulsion d'amorçage



Impulsion de Sortie du Photomultiplicateur

FIG. 4

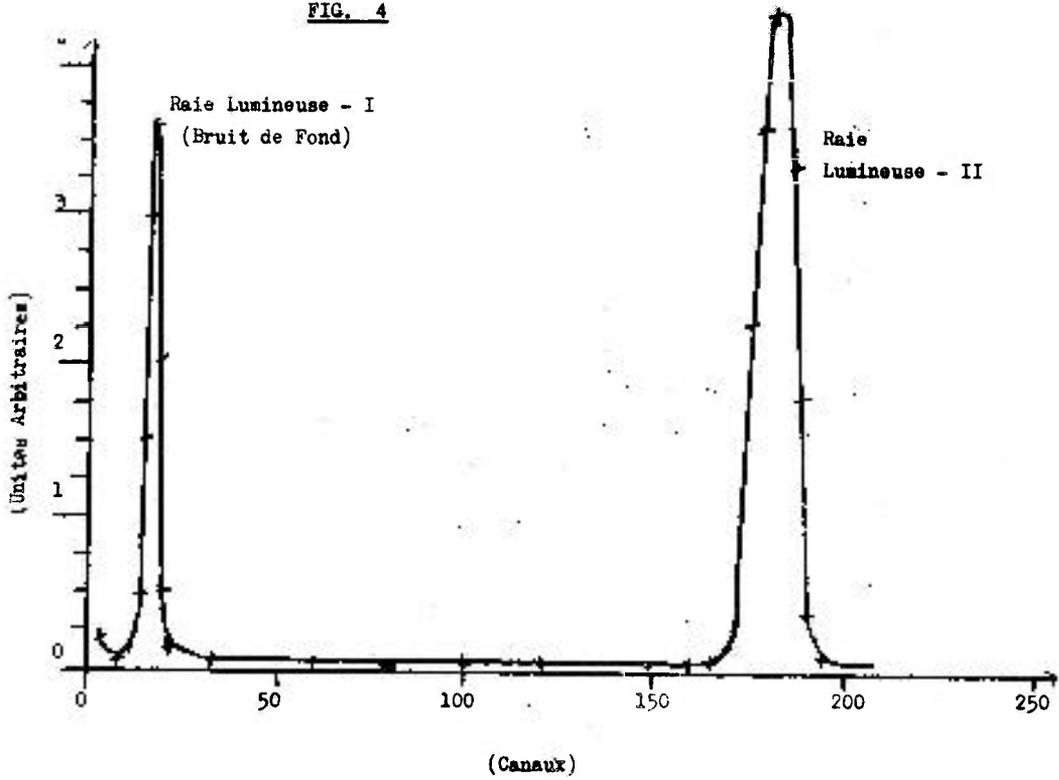


FIG. 5

