

CEA 1431 - Van ZURE R.

CIRCUIT DE COINCIDENCE DIFFERENTIEL DANS LE DOMAINE DE  $10^{-10}$  SECONDE (1960).

Resume. - Un circuit de coincidence differentiel du type de Bay, utilise en selecteur en temps a canal mobile, a ete construit pour la mesure des periodes  $\gamma$  et des periodes d'annihilation du positon dans differents materiaux.

Il comporte trois tubes 6BM6 disposes en structure chronotron. On a utilise les nouveaux photomultiplicateurs 56 AVP avec scintillateur plastique.

Avec les coincidences  $\gamma$ - $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$ , on obtient  $3T = 4,6 \cdot 10^{-10}$  s avec une efficacite de 40 pour cent et  $2T = 7,2 \cdot 10^{-10}$  s avec une efficacite de 85 pour cent.

CEA 1431 - Van ZURE R.

DIFFERENTIAL COINCIDENCE CIRCUIT IN THE  $10^{-10}$  SECOND REGION (1960).

Summary. - A coincidence circuit of low resolution time using the differential coincidence Bay principle is described. It uses three 6BM6 tubes ordered to chronotron structure.

Results with Radiotechnique 56 AVP photomultipliers and for  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ - $\gamma$  coincidences are  $4,6 \cdot 10^{-10}$  s (full width at half maximum) if the efficiency is  $\epsilon = 40$  per cent and also  $7,2 \cdot 10^{-10}$  s if  $\epsilon = 85$  per cent.

Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble  
et Université de Grenoble  
Laboratoire de Physique Nucléaire

CIRCUIT DE COINCIDENCE DIFFERENTIEL DANS LE DOMAINE  
DE  $10^{-10}$  SECONDE

par

R. VAN ZURK

PREMIER MINISTRE  
COMMISSARIAT A  
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**CIRCUIT DE COINCIDENCE DIFFERENTIEL  
DANS LE DOMAINE DE  $10^{-10}$  SECONDE**

**par**

**R. VAN ZURK**

**Rapport CEA N° 1431**

**1960**

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

## CIRCUIT DE COINCIDENCE DIFFERENTIEL

### DANS LE DOMAINE DE $10^{-10}$ SECONDE

#### 1 - INTRODUCTION

Ce circuit de coïncidence a été réalisé pour utiliser au mieux les possibilités du nouveau photomultiplicateur radio-technique 56 AVP. Rappelons que MEUNIER et TEIGER (1959) ont récemment obtenu avec ces photomultiplicateurs montés sur deux compteurs de Cerenkov indépendants, un temps de résolution  $2T = 8.10^{-10}$  s avec une efficacité supérieure à 85 pour cent (avec le faisceau  $\pi^+$  de 1 BeV/C du synchrotron de Saclay). Dans les mêmes conditions d'efficacité nous avons trouvé un temps de résolution  $2T = 7,2.10^{-10}$  s, avec deux scintillateurs plastiques, pour les coïncidences  $\gamma$ - $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$ .

Au cours de ce travail le meilleur temps de résolution obtenu, dans le cas d'un seul cristal scintillant vu par deux photomultiplicateurs 56 AVP, a été de  $4.10^{-10}$  s, indiquant que la fluctuation de temps de transit pour un seul photomultiplicateur 56 AVP est environ  $2,6.10^{-10}$  s, si l'on tient compte des fluctuations introduites par le circuit électronique lui-même (environ  $1,5.10^{-10}$  s) et si l'on néglige les fluctuations dans le cristal (un seul cristal).

Cette étude a été effectuée pour déterminer les limites

actuelles de mesure de périodes  $\gamma$  par les méthodes électroniques. Dans les conditions physiques avec deux cristaux plastiques (polystyrènes avec quelques pour cent de terphényl) la largeur totale à mi-hauteur de la courbe de coïncidence, de l'ordre de  $7,2 \cdot 10^{-10}$  s (avec un rendement en coïncidence de 85 pour cent) montre que l'on peut déceler les différences de temps en quelques  $10^{-11}$  s par déplacement de son centre de gravité (Cottini 1956). Nous avons réalisé un premier appareil utilisé actuellement pour la mesure de la vie moyenne du positronium dans les solides.

## 2 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Ce circuit est fondé sur le principe des coïncidences différentielles de BAY (1956), et comme les chronotrons de O'NEIL (1955) ou de DUCLOS (1958, 1960), il utilise le tube 6BN6. Malgré sa faible sensibilité, ce tube a été choisi en raison de son assez bon rejet des impulsions isolées, ce qui évite l'encombrement des circuits suivants qui peuvent travailler dans le domaine de la microseconde. La figure 1 schématise l'ensemble de l'appareil.

Pour deux impulsions, en coïncidence dans le circuit, il apparaît à la sortie de chaque 6BN6 (A,B,C) une impulsion d'amplitude  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$ , proportionnelle au "degré de coïncidence" des impulsions d'entrée sur ses propres grilles. Ce circuit différentiel délivre un signal de coïncidence quand on a simultanément

$$V_A \simeq V_C \quad \text{et} \quad V_B \gg S'$$

s' étant le seuil de déclenchement du monovibrateur de sortie vu de la plaque de la 6BN6 quand  $V_A \cong V_C$ .

Les impulsions  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  mises en forme (F) à 1  $\mu$ s n'exigeant pas des circuits suivants d'avoir une grande bande passante, un gain élevé peut être obtenu avec un nombre limité de tubes électroniques.

Pour mettre en évidence  $V_A \cong V_C$  on est amené à constater électroniquement que leur différence est voisine de zéro. Ceci est accompli par la voie latérale. Les impulsions  $V_A$  et  $V_C$  sont dirigées à travers à travers leur cathode suivieuse vers l'amplificateur différentiel  $AD_1$ , leur différence est de nouveau amplifiée par  $AD_2$  et à la sortie de celui-ci on retrouve deux impulsions égales mais de signe opposé dont l'amplitude est

$$G_1 \cdot G_2 | V_A - V_C |$$

$G_1$  et  $G_2$  étant le gain respectif des amplificateurs  $AD_1$  et  $AD_2$ . Le rôle du redresseur R de gain  $G_R$  est de ne transmettre à l'amplificateur différentiel  $AD_3$  que les impulsions positives. Nous avons donc à la sortie du redresseur une impulsion d'amplitude  $G_L (V_A - V_C)$ ;  $G_L$  étant le gain de l'ensemble de la voie latérale ( $G_L \equiv G_1 \cdot G_2 \cdot G_R$ ).

Simultanément sur la voie centrale, l'impulsion  $V_B$  est retardée (pour compenser le retard sur la voie latérale dû à "l'intégration" qu'apportent les amplificateurs  $AD_1$  et  $AD_2$  ne comportant pas de correction HF), puis inversée. En ce point, un limiteur est placé pour empêcher le temps de résolution de croître avec l'amplitude des impulsions en coïncidence. Cette impulsion d'amplitude  $V_0$  est dirigée ensuite vers l'amplificateur à différence  $AD_3$  de gain  $G_3$ .

Si  $V_0 > G_L \cdot |V_A - V_C|$  nous avons à une sortie de cet amplificateur à différence une impulsion positive d'amplitude  $G_3 (V_0 - G_L \cdot |V_A - V_C|)$ . Enfin cette impulsion amplifiée par l'amplificateur A, de gain  $G_4$ , est appliquée à un discriminateur de seuil S qui délivre à l'échelle une impulsion de coïncidence si

$$G_4 \cdot G_3 (V_0 - G_L \cdot |V_A - V_C|) > S$$

Pour avoir un contrôle permanent du fonctionnement des 6BN6, les impulsions  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  sont envoyées à travers leur cathode suivante dans une ligne à retard H H 2500 suivant la technique utilisée par MEUNIER (1957). La figure 2 montre les oscillogrammes obtenus en ce point.

### 3 - CARACTERISTIQUES OBTENUES AVEC UN GENERATEUR RAPIDE

Ces essais ont été effectués avec des paires d'impulsions rectangulaires mises en forme à  $5 \cdot 10^{-9}$  s provenant d'un générateur à contacts mouillés au mercure. On se place dans le cas particulier où les impulsions d'entrée ont une amplitude égale. L'étalonnage en temps est obtenu avec une ligne coaxiale coulissante, dont le diélectrique est l'air.

#### 3.1 - Sensibilité

La sensibilité à l'entrée du sélecteur est de 3,5 volts. Les paires d'impulsions d'amplitude inférieure ne sont pas comptées car les impulsions  $V_B$  qu'elles engendrent sont alors inférieures au seuil S'.

### 3.2 - Temps de résolution

Nous avons relevé les courbes de coïncidence obtenues avec des paires d'impulsions d'amplitude égale mais variable. Les résultats sont indiqués figure 3 (a). On voit que la position en temps des courbes de coïncidence varie avec l'amplitude des impulsions d'entrée; ceci contribue à donner pour la courbe de coïncidence électronique, obtenue avec des impulsions artificielles comprises entre 3,5 et 15 volts, une largeur totale à la base de  $2,4 \cdot 10^{-10}$  s. Les courbes (b) et (c) (fig.3) sont obtenues dans les mêmes conditions mais avec des 6BN6 latérales non sélectionnées. On peut voir que le choix des 6BN6 est un facteur prépondérant pour obtenir un bon temps de résolution avec des impulsions d'amplitude variable. Il est difficile de définir un critère de sélection car, en fait, on ne demande pas aux tubes d'avoir des caractéristiques exactement semblables mais au contraire de corriger dans une certaine mesure un mode de fonctionnement parasite dans le cas de leur utilisation en tube de coïncidence (couplage  $G_1 \rightarrow G_3$  par charge d'espace (Oehmichen 1954). Cet effet s'additionne sur la ligne  $G_3$  dans le sens de propagation des impulsions sur la ligne  $G_1$  - Variation du temps de transit  $G_1 \rightarrow G_3$  suivant l'amplitude des impulsions appliquées aux grilles  $G_1$ ).

C'est donc la distribution des courbes de résolution particulières à chaque amplitude des impulsions d'entrée qui limitera principalement le temps de résolution électronique du circuit.

Le temps de résolution électronique peut être réglé en variant le gain de la voie latérale (en prenant par exemple une fraction de l'amplitude des impulsions à la sortie du redresseur) ou en faisant varier le seuil S du discriminateur,



mais dans ce cas, on fait aussi varier la sensibilité du circuit.

### 3.3 - Efficacité électronique

Si l'on fixe à 15 volts l'amplitude maximum des impulsions d'entrée (fig. 3), l'efficacité sera 100 pour cent pour une largeur de canal égale à  $2,4 \cdot 10^{-10}$  s obtenue en ne prenant qu'une partie de la tension à la sortie du redresseur R par le contacteur ATR (fig. 12).

On peut donc adapter la largeur du "canal" du circuit électronique à la distribution des impulsions d'entrée en fonction du choix du photomultiplicateur et du scintillateur.

### 3.4 - Temps mort

Le temps mort est déterminé par une mise en forme à 1  $\mu$ s et par la bande passante des amplificateurs. En négligeant "l'intégration" qu'apportent les amplificateurs  $AD_3$  et A, on peut dire que c'est le temps pendant lequel se maintient, à la sortie du redresseur R, un signal d'amplitude suffisante, pour interdire à tout signal de la voie centrale d'être enregistré. Ce temps mort a deux origines principales :

a) des impulsions uniques sur l'entrée correspondant aux grilles  $G_1$  des 6BN6, qui peuvent par couplage  $G_1 G_3$  débloquent légèrement les 6BN6 ; ce qui introduit un temps mort de 1,5 à 2  $\mu$ s.

b) pour des impulsions en coïncidence, le temps mort est maximum, lorsque le centre de la coïncidence est au voisinage d'une 6BN6 latérale, la différence ( $V_A - V_B$ ) est alors maximum ; le temps mort est dans ce cas 2,5  $\mu$ s.

Les oscillogrammes (fig. 4 et 5) illustrent ces deux conditions. Indiquons que l'appareil a fonctionné correctement avec un taux de comptage de  $1,5 \cdot 10^6$  et  $5 \cdot 10^6$  impulsions par minute, sur les voies  $G_1$  et  $G_3$  respectivement.

### 3.5 - Rejet des impulsions isolées

On caractérise le comportement d'un circuit de coïncidence pour les impulsions isolées par le rapport de l'amplitude de ces impulsions simples déclenchant le système de coïncidence à la sensibilité d'entrée du circuit à deux impulsions en coïncidence ; c'est le facteur de rejet.

Pour une sensibilité d'entrée de 3,5 volts sur l'entrée  $G_1$  le facteur de rejet est environ 7, il est au moins 20 pour 4 volts. Sur l'entrée  $G_3$  (sensibilité 3,5 volts) ce facteur est au moins égal à 30 (aucune mesure pour des impulsions au-delà de 100 volts n'a été faite).

Un tel facteur (correspondant à des impulsions d'au moins 100 volts à la sortie des photomultiplicateurs) est largement suffisant pour éviter les fausses coïncidences.

### 3.6 - Stabilité

La stabilité dépend d'une manière importante de la tension de chauffage des tubes 6BN6. Pour une variation de cette tension de  $\pm 5$  pour cent, la dérive en temps du circuit a été trouvée égale à  $3,3 \cdot 10^{-10}$  s et l'amplitude du signal appliqué au discriminateur varie de -45 pour cent à + 26 pour cent.

Cependant le circuit et le générateur d'impulsions

étant alimentés à partir d'un secteur régulé, nous avons trouvé, après une mise sous tension de vingt minutes et pour une période de fonctionnement de 10 heures une dérive de  $2.10^{-11}$  s .

#### 4 - ESSAIS AVEC DIFFERENTS PHOTOMULTIPLICATEURS

Dans tous les cas (fig. 6,7,9,10) on a utilisé des scintillateurs plastiques (polystyrène + terphényl + PoPoP) de 2,5 cm de diamètre et de 5 mm d'épaisseur. Au contraire (fig. 8) on a utilisé un scintillateur plastique (2,5 pour cent de terphényl) mais sans PoPoP. Les impulsions sont mises en forme à  $5.10^{-9}$  s . par câble court-circuité sur la dernière dynode des photomultiplicateurs.

##### 4.1 - Photomultiplicateurs Radiotechnique 51 AVP

Les photomultiplicateurs 51 AVP sont alors suivis d'amplificateurs distribués CRC-AMP<sub>95</sub>. Lorsqu'un seul scintillateur est utilisé avec deux photomultiplicateurs, le temps de résolution obtenu est de  $2T \simeq 8.10^{-10}$  s (fig. 7a'). Si l'on effectue les coïncidences  $\gamma$ - $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$  le temps de résolution devient environ  $1,5.10^{-9}$  s (fig. 7 b').

##### 4.2 - Photomultiplicateurs Radiotechnique 56 AVP

La répartition des tensions d'alimentation de ce photomultiplicateur est celle proposée par KOEHLIN (1958). On a réglé les potentiels des électrodes de focalisation et de déflexion de manière à avoir le maximum d'amplitude à l'entrée du circuit (oscilloscope Tektronix 517). On obtient avec deux photomultiplicateurs et une seule source de lumière (fig. 7a)  $2T \simeq 4,2.10^{-10}$  s,

et avec deux scintillations indépendantes (coïncidences  $\gamma$ - $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$ )  $2T \approx 4,6 \cdot 10^{-10}$  s (fig. 7b).

Dans ce dernier cas l'efficacité est d'environ 20 pour cent pour des impulsions en coïncidence dépassant le seuil propre du circuit ; le principe de la mesure de l'efficacité est alors le suivant : après avoir relevé la courbe de coïncidence avec le circuit complet, on déconnecte la voie latérale et l'on dispose d'un circuit de coïncidence à une seule 6BN6 dont le temps de résolution  $2T \approx 8 \cdot 10^{-9}$  s est grand par rapport à la distribution due aux 56 AVP et on a évidemment dans ce cas une efficacité de 100 pour cent.

## 5 - REALISATION PRATIQUE

L'appareil a été construit en tiroir standard C.E.A. de façon à pouvoir effectuer ultérieurement des essais électroniques en ne changeant qu'une partie des circuits. Cela a nécessité un certain nombre de cathodes suiveuses pour effectuer, par câbles coaxiaux, les interconnexions.

Quand cela n'était pas incompatible avec l'obtention d'une bonne stabilité, nous nous sommes efforcés d'effectuer des liaisons "continues" entre les différents circuits.

### 5.1 - "Tiroir de coïncidence" (fig. 11)

Pour diminuer l'effet d'addition sur la ligne  $G_3$  des impulsions dues au couplage parasite  $G_1 G_3$ , les retards entre les grilles ont été choisis différents sur les lignes  $G_1$  et  $G_3$  et les impédances caractéristiques sont respectivement de  $200 \Omega$  et  $120 \Omega$ .

Les polarisations des grilles  $G_1$  et  $G_3$  sont réglables par les potentiomètres  $P_1$  et  $P_2$  et sont de 3,8 et 5 volts. Les potentiomètres  $P_A$ ,  $P_B$ ,  $P_C$  permettent de régler les tensions écran des 6BN6; les variations de débit qu'engendre leur réglage n'influencent pas les tensions de polarisation grille puisque le régulateur  $OB_2$  maintient le potentiel des cathodes constant.

Les selfs de mise en forme de 3 mH sont constituées de 73 spires de fil de cuivre de 5/100 mm, bobinées au pas de 9/100 sur un pot de ferroxcube sans entrefer (qualité 3B).

Le potentiomètre  $P_3$  sert à équilibrer les tensions continues à la sortie des cathodes suiveuses A et C; enfin le potentiomètre  $P_4$  permet de régler le seuil propre de la 6BN6 centrale à une valeur légèrement supérieure à celle des 6BN6 latérales. Les sorties A, B, C, sont reliées au " tiroir de différence " , et les sorties A', B', C', sont destinées à la sortie des impulsions sur la voie de contrôle.

## 5.2 - "Tiroir de différence" (fig. 12)

Les entrées A et C sont en liaison directe avec le premier amplificateur de la voie latérale.

Le redresseur R est constitué par deux cathodes suiveuses dont les cathodes sont réglées. On utilise la propriété qu'à la tension de sortie de ce montage de suivre la grille la plus positive.

La liaison entre le redresseur et l'amplificateur différentiel  $AD_3$  doit être obligatoirement continue. En effet, dans le cas d'une liaison CR, pour des taux de comptage élevé,

les déplacements du niveau de référence peuvent amener le comptage de fausses coïncidences. Le contacteur ATR permet de régler le gain de la voie latérale.

Les diodes  $X_2$  et  $X_3$  ont pour but de limiter les impulsions négatives apparaissant dans le cas où  $V_0 < G_L \cdot |V_A - V_C|$ , ceci afin de ne pas saturer l'amplificateur suivant.

Sur la voie centrale le câble de liaison H H 2500 n'est pas adapté ce qui procure une mise en forme des impulsions  $V_B$ . Celles-ci, à la sortie de l'inverseuse sont limitées, si elles ont l'amplitude suffisante pour aller dans la zone de grande pente de la caractéristique  $I_D = f(V_D)$  de la diode DPO (SFR). Un des potentiels continus de cette diode est fixé en haute impédance; ceci ne nous a pas gêné pour des taux de comptage d'environ 20 000 coïncidences par minute.

### 5.3 - Tiroir amplificateur (fig. 13)

C'est un amplificateur classique à couplage RC; son gain en tension est environ de 15. Une cathode suivieuse de sortie permet la liaison au discriminateur avec un câble assez long.

### 5.4 - Tiroir discriminateur (fig. 14)

Le seuil est défini par la polarisation réglable de la grille  $G_1$  de la 6BN6 d'entrée. L'impulsion négative apparaissant sur la plaque à chaque dépassement du seuil est mise en forme pour un fonctionnement correct du monovibrateur qui délivre un signal négatif de 1  $\mu$ s environ.

## REMARQUES

Nous remarquons la trop grande dépendance des caractéristiques du circuit vis-à-vis de celles des 6BN6. Par ailleurs avec des tubes de coïncidence qui seraient dépourvus de couplages parasites, il serait possible de supprimer le tube central correspondant à la 6BN6 et le signal  $V_B$  pourrait être dérivé d'un des tubes latéraux.

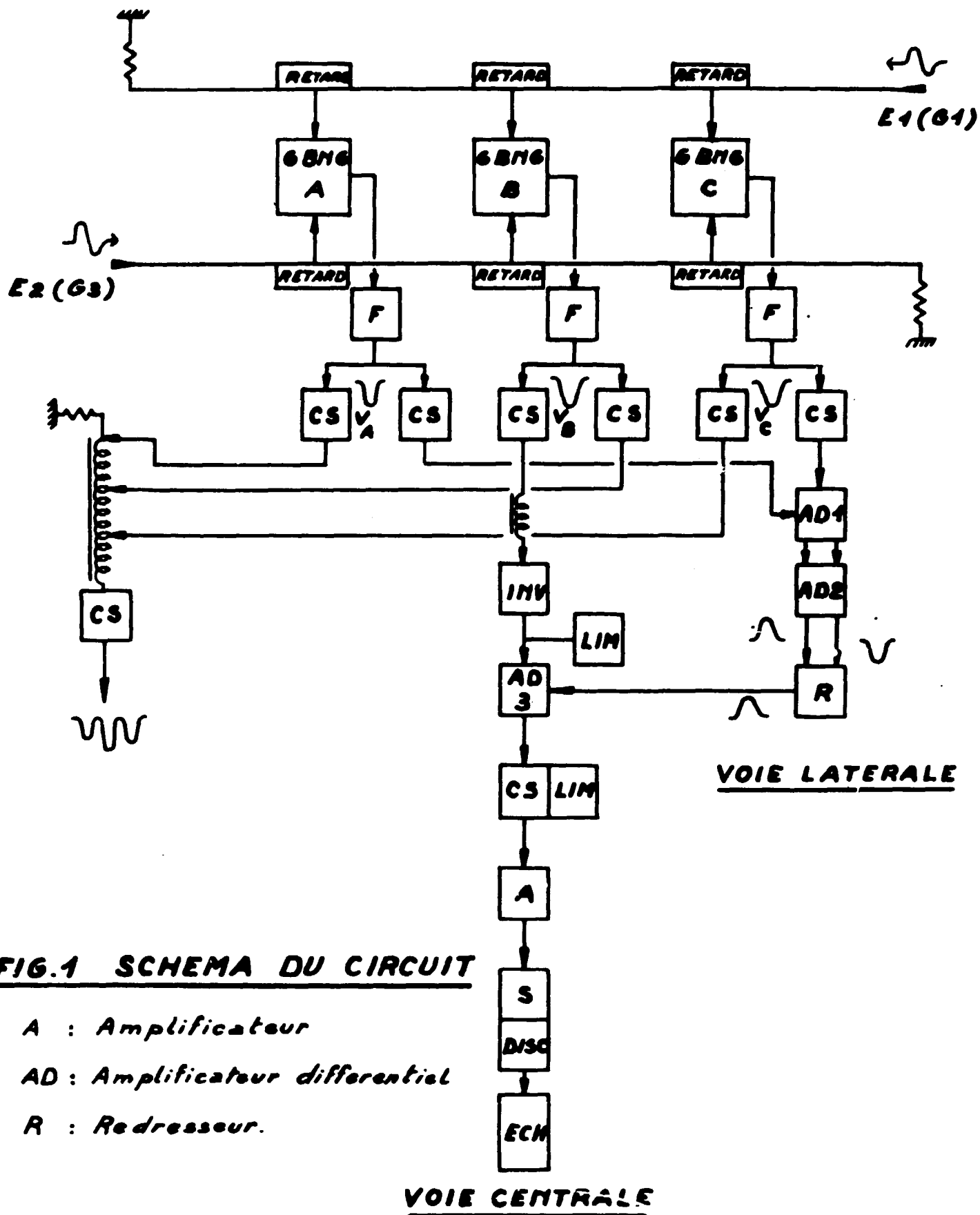
Le nombre total de tubes utilisés pourra être notablement diminué en renonçant à la construction en tiroir standard et par utilisation de tubes à grande pente (E180F - E88CC).

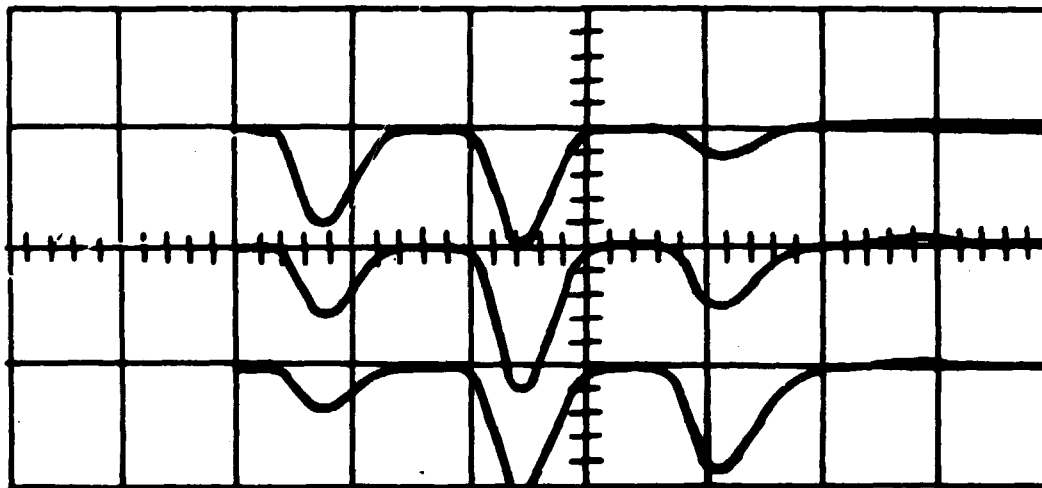
Manuscrit reçu le 21 janvier 1960

BIBLIOGRAPHIE

- [1 ] BAY Z.  
Nucleonics, 1956, 14, 57
- [2 ] COTTINI C, GATTI E.  
Nuovo Cimento, 1956, 4, 1550
- [3 ] DUCLOS J.  
Thèse n° 101. Réalisation d'un chronotron pour spectromètre  
à neutrons rapides par temps de vol, 1958
- [4 ] DUCLOS J., FLEURY J.  
Etalonnage d'un chronotron à l'aide d'un générateur d'im-  
pulsions du type Rosenblum,  
J. Phys. Rad. 1958, 19, 48 A
- [5 ] DUCLOS J.  
J. Phys. Rad. (à paraître) 1960
- [6 ] KOECHLIN Y.  
Mesure de la rapidité de réponse du photomultiplicateur LEP  
type 204. Bulletin Inf. Sci. Tech. C.E.A. 1958, 23, 2
- [7 ] MEUNIER R., TIEGER J.  
Nuclear Inst. 1959, 3, 148
- [8 ] MEUNIER R., DAVIDSON G.  
Rev. Sci. Inst. 1957, 28, 1010
- [9 ] OEHMICHEN J.P.  
Circuits électroniques (Société des Editions Radio) 1954
- [10] O'NEIL G.  
Rev. Sci. Inst. 1955, 26, 285







- Fig. 2 -

Oscillogramme supérieur : retard artificiel de  $10^{-9}$  s sur entrée  $G_3$ .

Oscillogramme central : retards égaux sur entrées  $G_1$  et  $G_3$ .

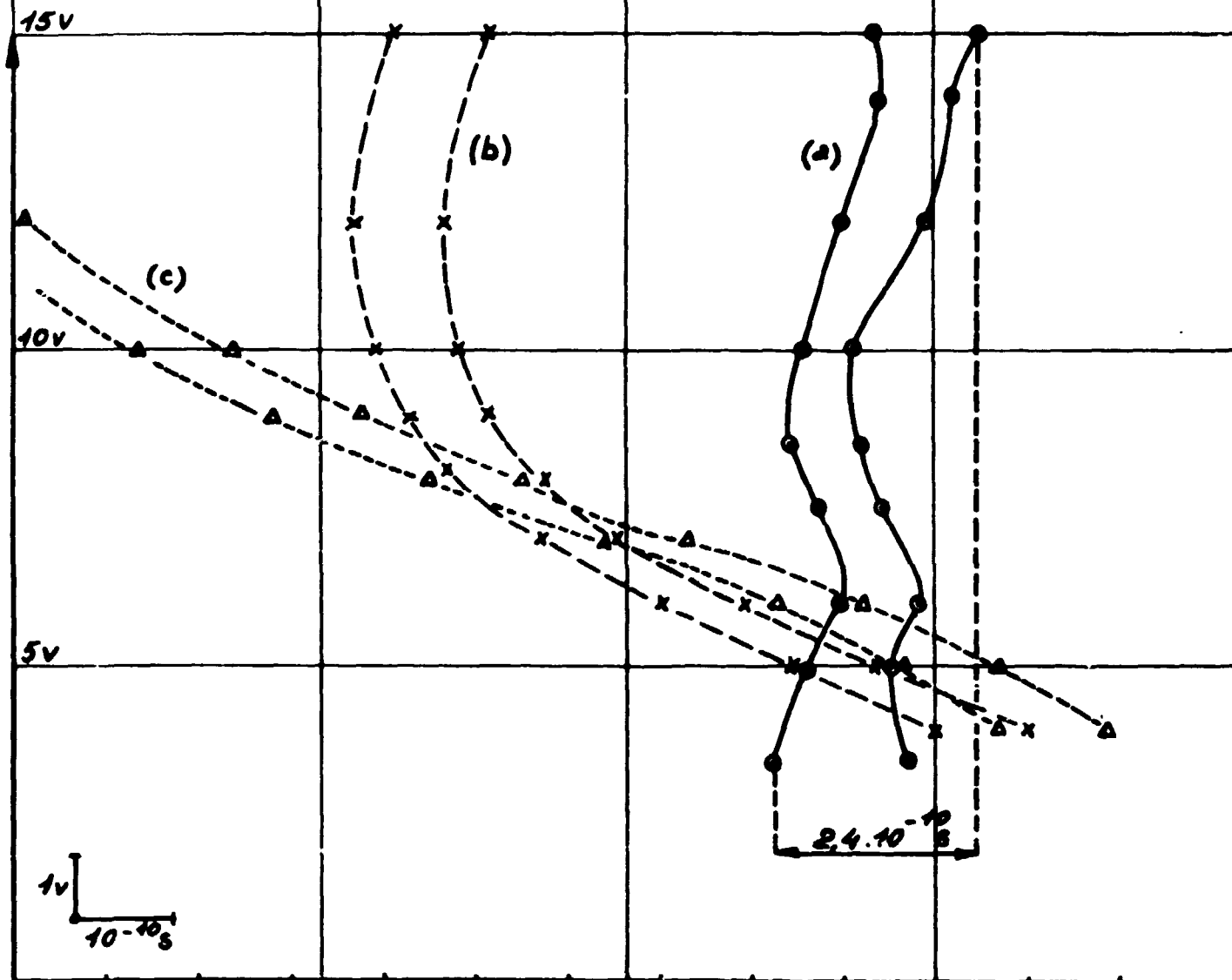
Oscillogramme inférieur : retard artificiel de  $10^{-9}$  s sur entrée  $G_1$ .

(impulsions d'entrée 4 volts -  $5 \cdot 10^{-9}$  s)

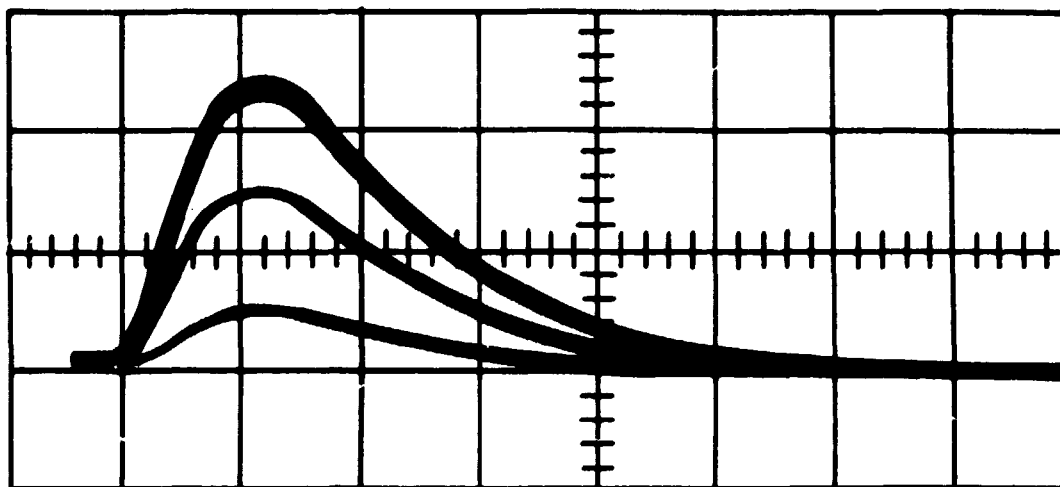
hor. 1 cm = 1  $\mu$ s ; vert : 1 cm = 0,05 V

**FIG 3 POSITIONS EN TEMPS DE LA BASE DES "COURBES DE COINCIDENCE" OBTENUES EN FONCTION DE L'AMPLITUDE DE PAIRES D'IMPULSIONS RECTANGULAIRES ( $5 \cdot 10^{-8}$ s)**

(a) Pour deux 6BM6 Latérales sélectionnées  
 x (b) } " " " non sélectionnées  
 (c) } " " " "

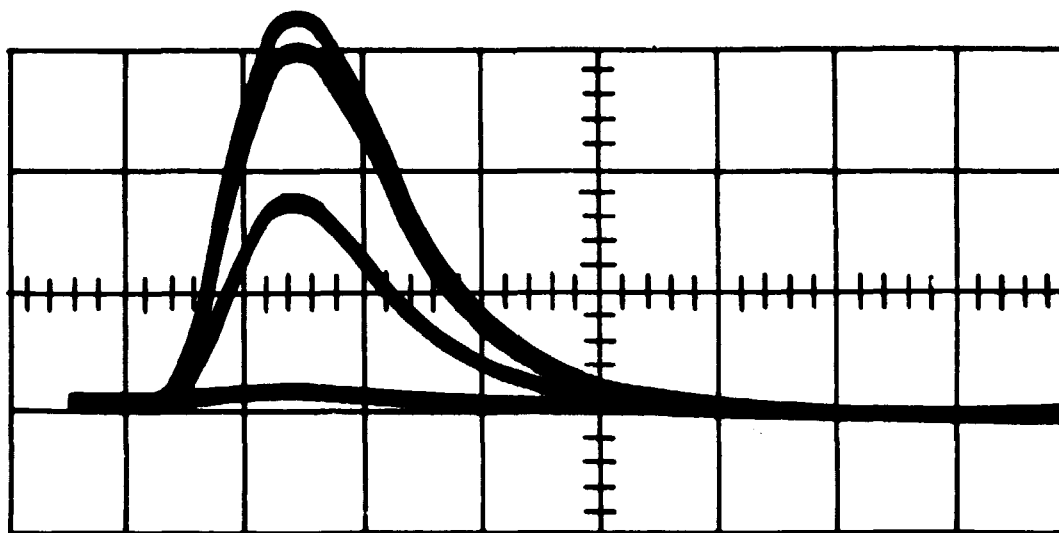


**RETARD ARTIFICIEL (S)**



- Fig. 4 -

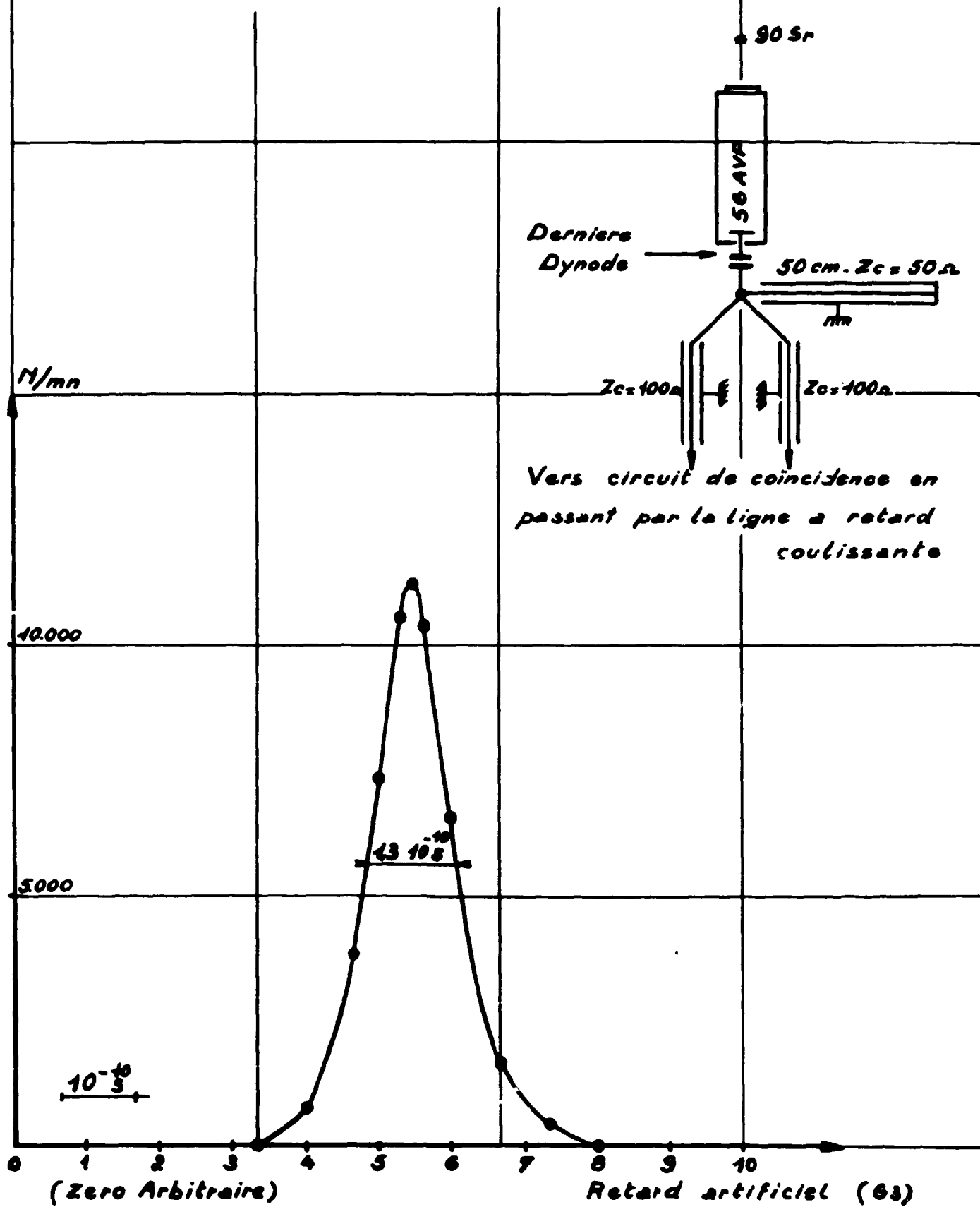
Oscillogrammes pris à la sortie du redresseur R pour des impulsions uniques sur l'entrée correspondant aux grilles  $G_1$ . Les amplitudes d'entrée étaient respectivement (de bas en haut) 7,5 V - 10 V - 13,5 V et 15 V ; les oscillogrammes correspondant à 13,5 V et 15 V sont confondus (vert : 1 V/cm - hor :  $5 \cdot 10^{-7}$  s/cm).



- Fig. 5 -

Oscillogrammes pris à la sortie du redresseur R quand la différence  $V_A - V_B$  est maximum pour des impulsions d'entrée de 3,5 V - 5 V - 7,5 V (vert : 20 V/cm - hor  $5 \cdot 10^{-7}$  s/cm).

**FIG 6 " COURBE DE COINCIDENCES" ENTRE LES  
IMPULSIONS ISSUES D'UN MEME 56AVP**



**FIG:7 COMPARAISON DES PHOTOMULTIPLICATEURS RADIO-<sup>60</sup>Co: 56AVP-51AVP**

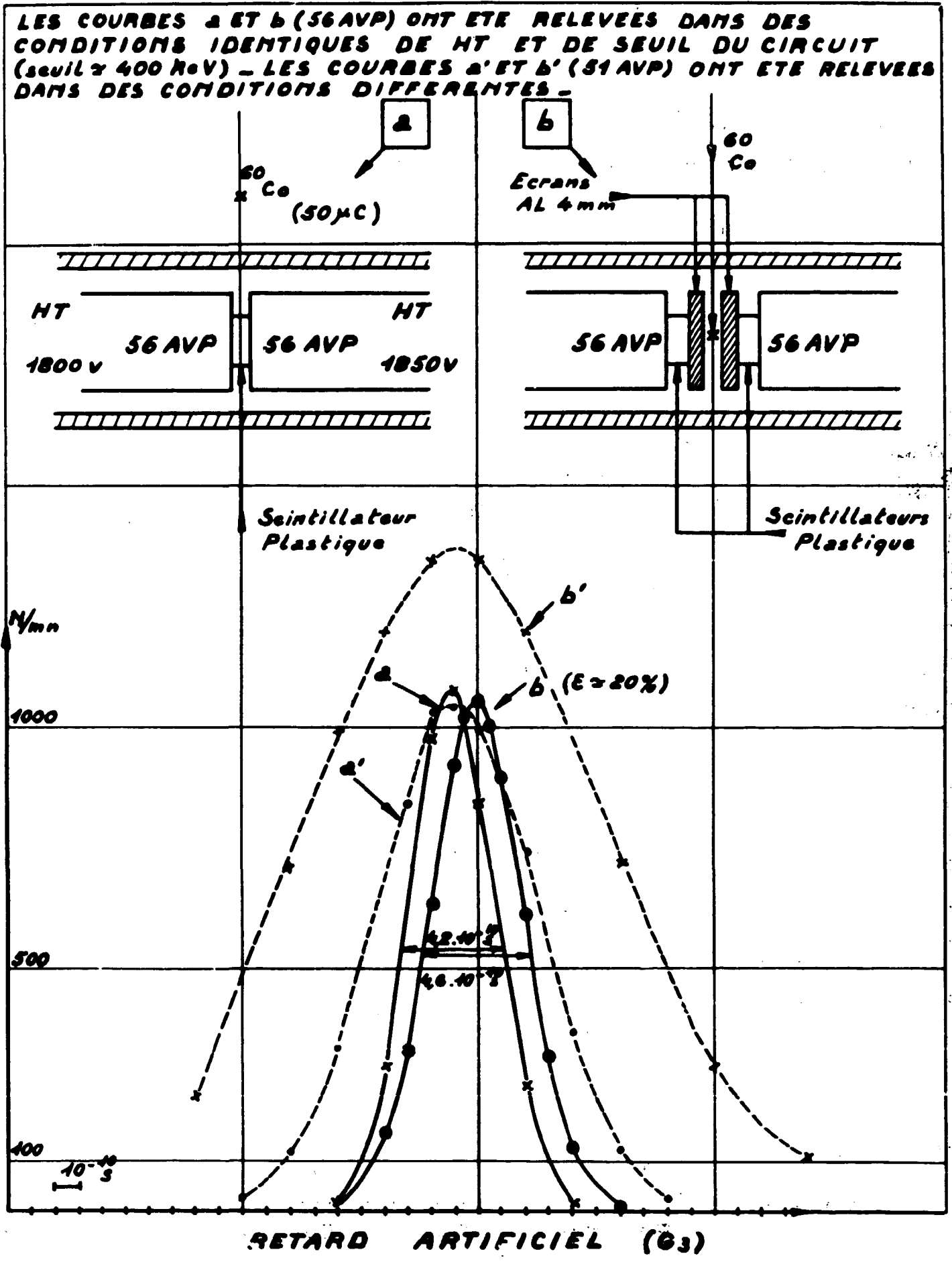


FIG: 8 COURBE DE COINCIDENCES  $\gamma\gamma$  ( $^{60}\text{Co}$ )  
SCINTILLATEURS PLASTIQUE (Polystyrène + 2,5% p. terphenyl)

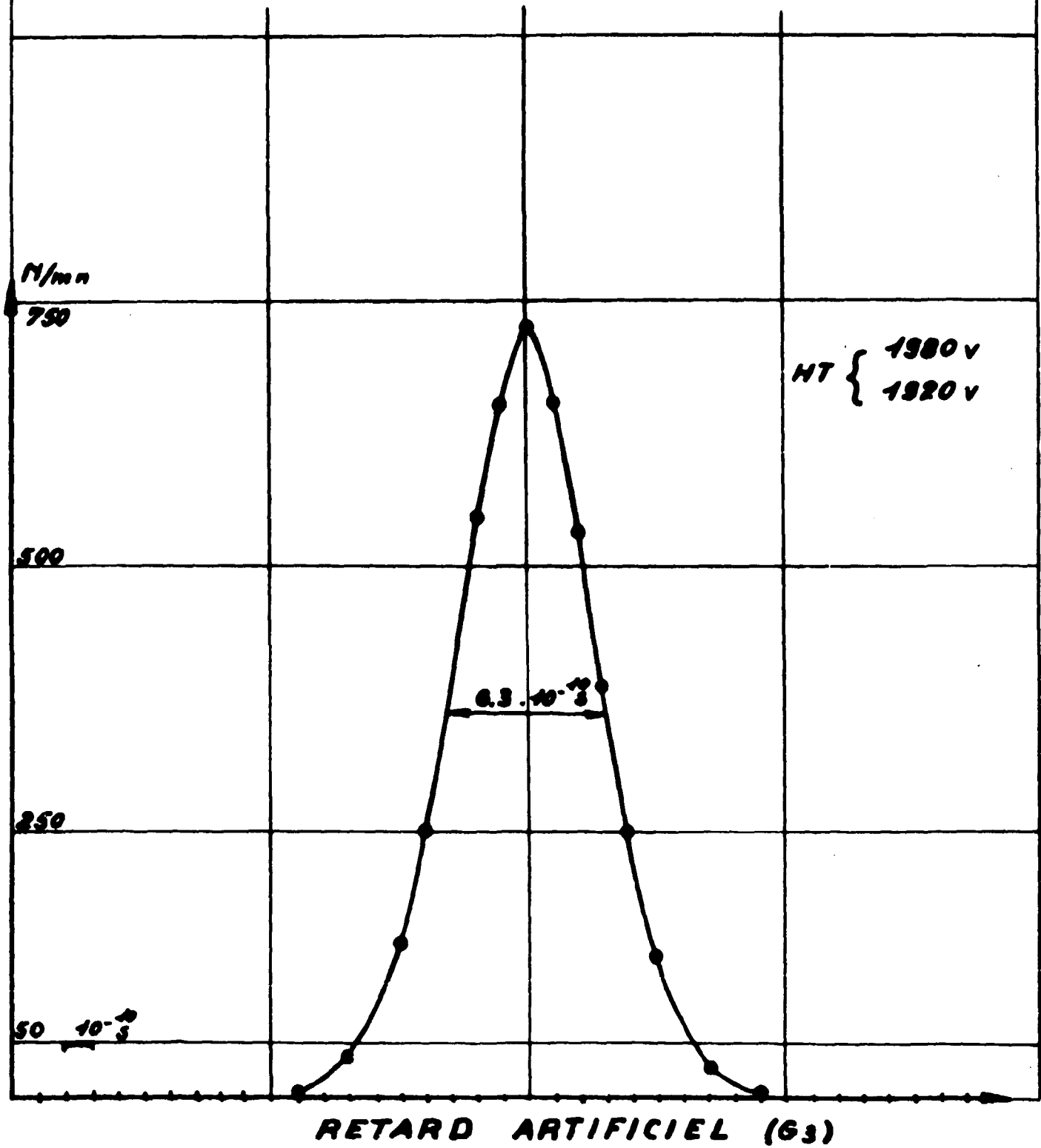
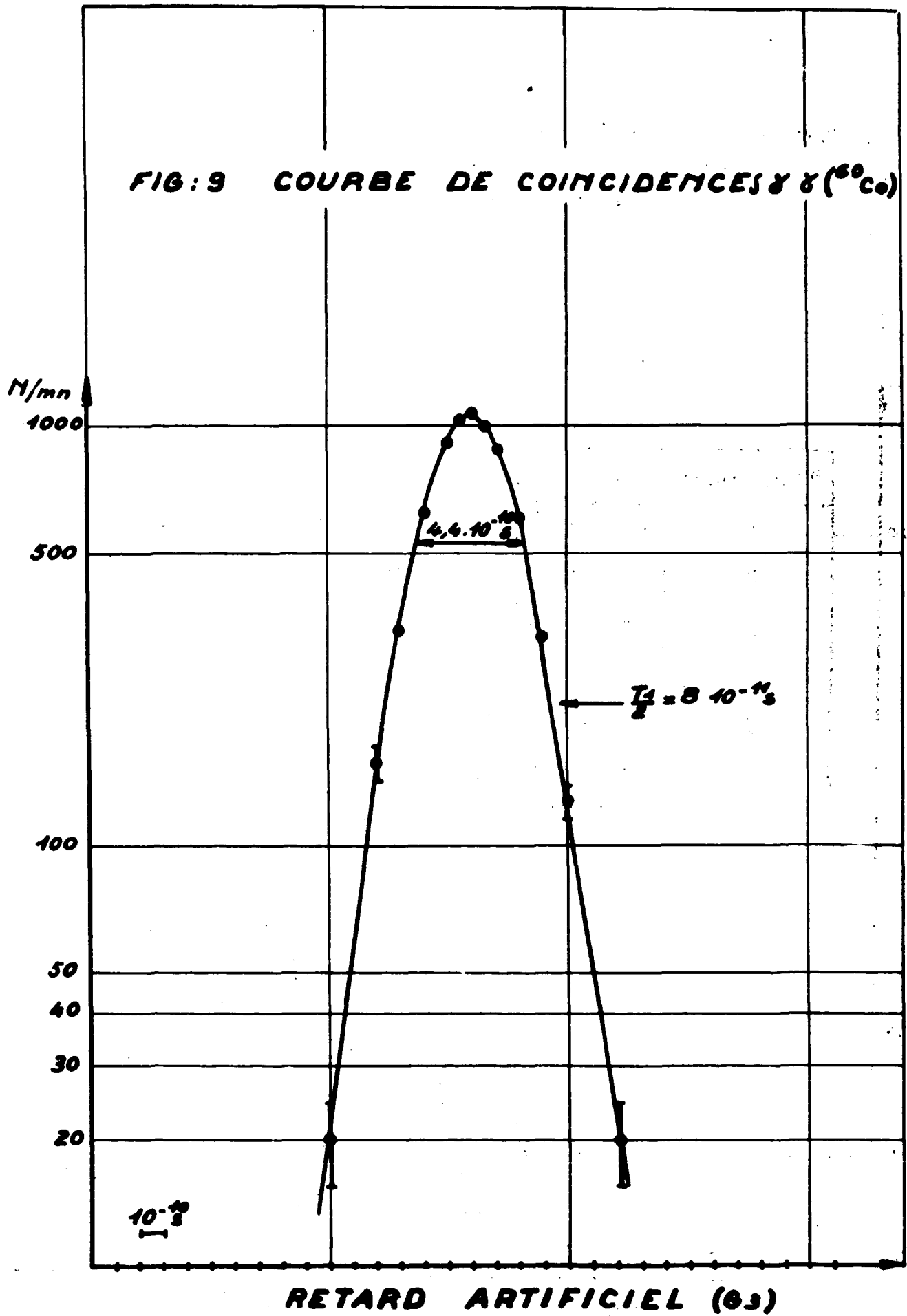
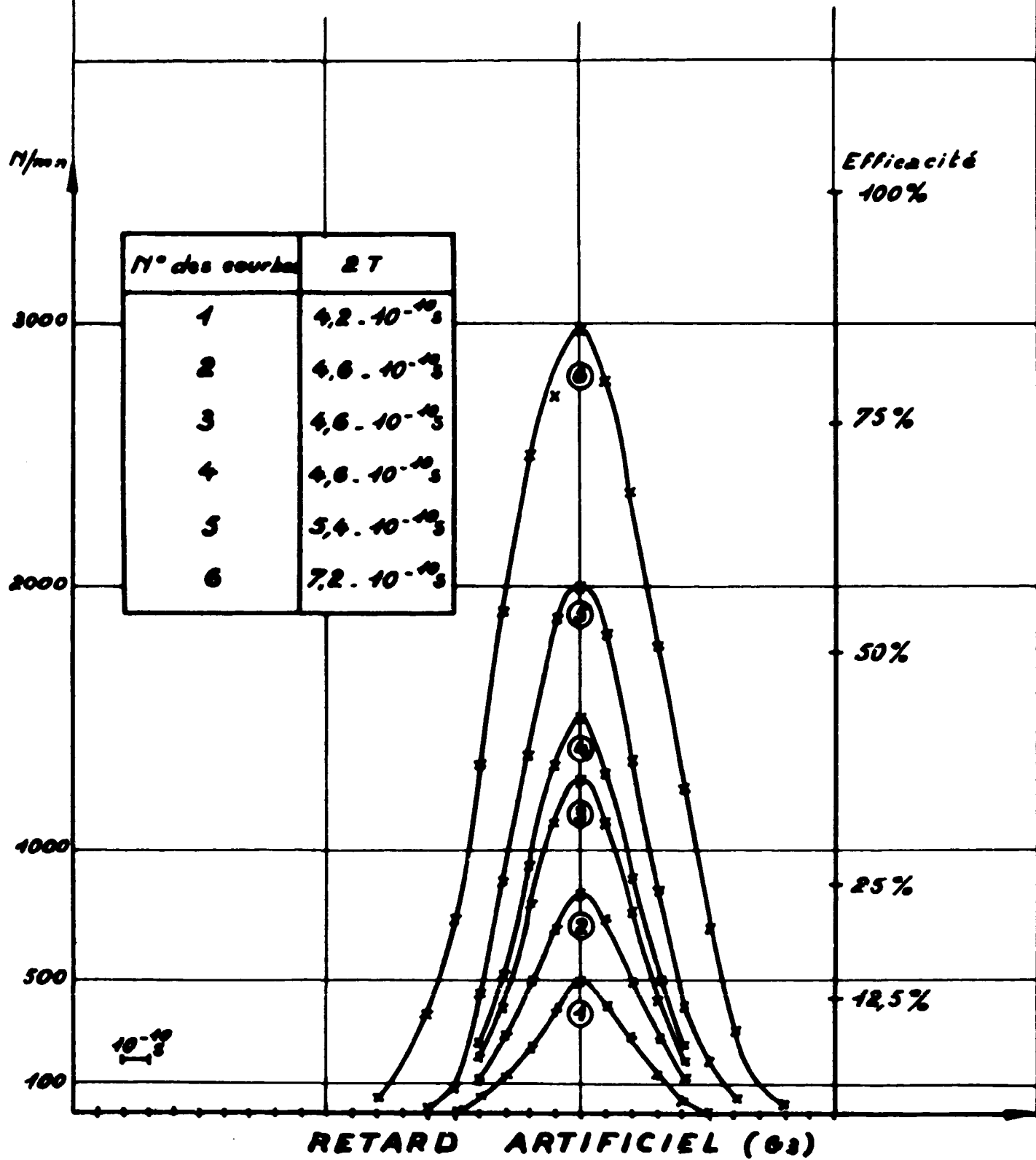


FIG: 9 COURBE DE COINCIDENCES  $\gamma$   $\gamma$  ( $^{60}\text{Co}$ )



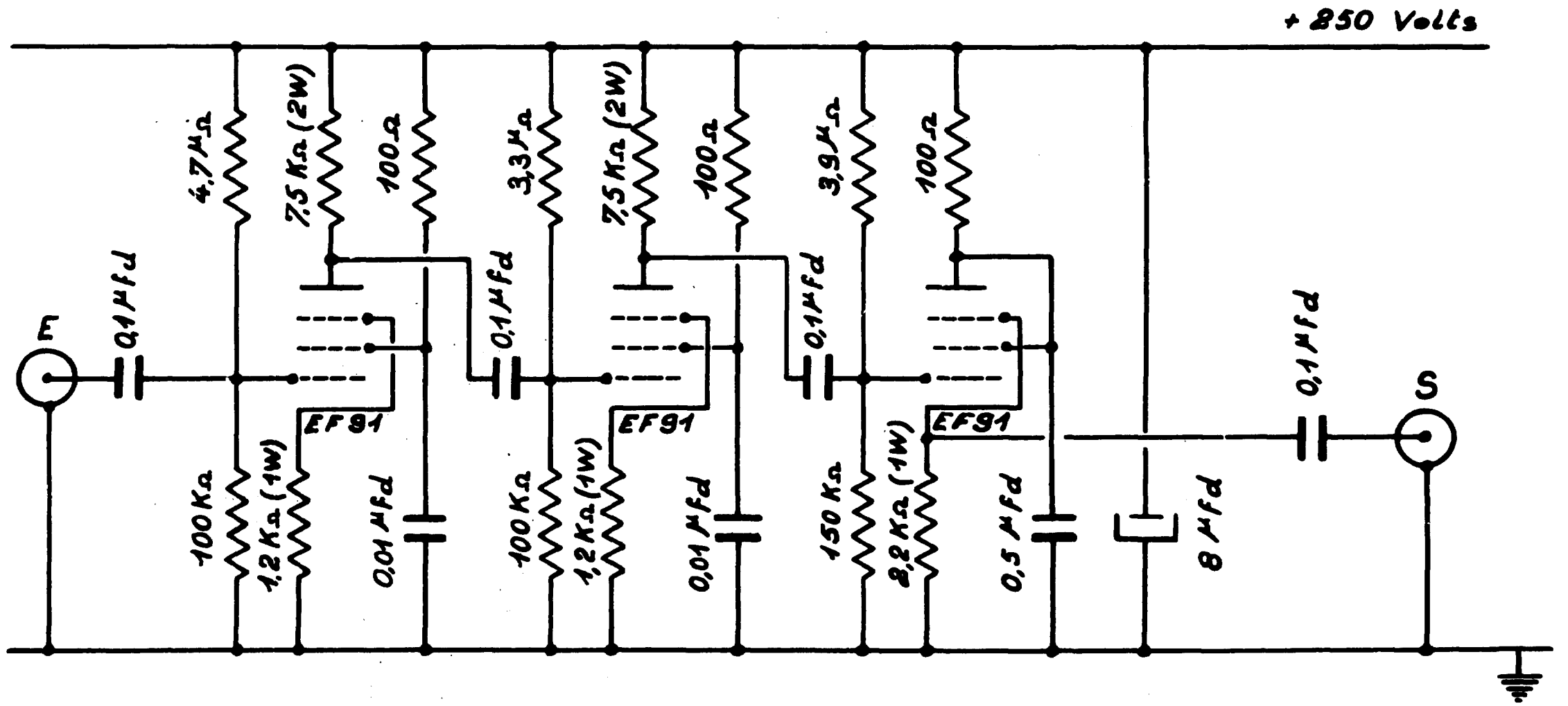


**FIG:10 COURBES DE COINCIDENCES  $\gamma\gamma$  ( $^{60}\text{Co}$ )  
 POUR DES VALEURS DE GAIN  
 DECROISSANTES DE LA VOIE LATÉRALE**



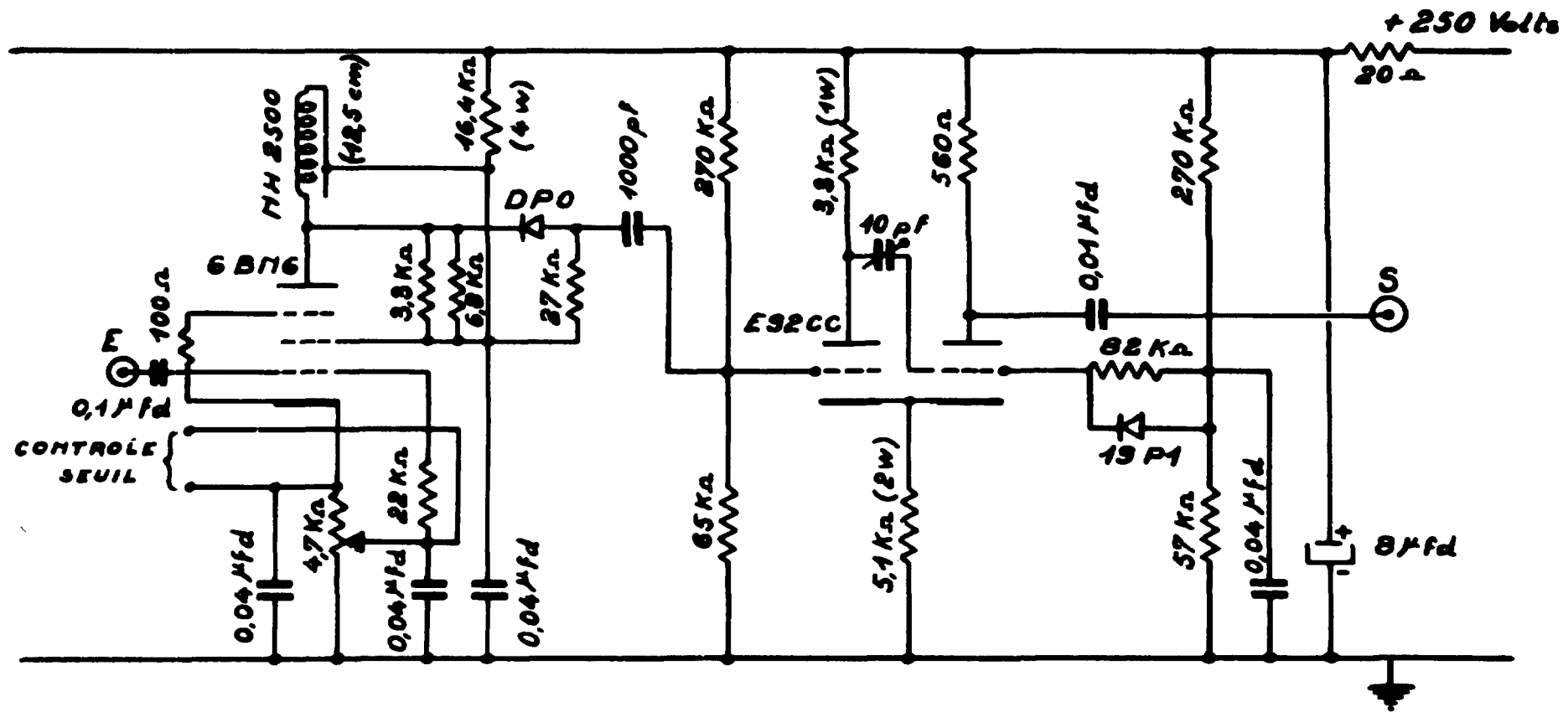






**FIG. 13**

**SCHEMA DE PRINCIPE DU TIROIR AMPLIFICATEUR**



**FIG 14. SCHEMA DE PRINCIPE DU TIROIR DISCRIMINATEUR**

**FIN**