

NLS

CEA-N-1516

Notice 473

- Note CEA-N-1516 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay  
Division de la Physique  
Service d'Electronique Physique

**GENERATEUR D'IMPULSIONS HAUTE TENSION  
A DUREE RECONDUCTIBLE**

par

**Jean-Claude GAUCHER, Georges ROUX**

- Février 1972 -



CEA-N-1516 - GAUCHER Jean-Claude, ROUX Georges

GENERATEUR D'IMPULSIONS HAUTE TENSION A DUREE  
RECONDUCTIBLE

Sommaire. - Le générateur d'impulsions haute tension, positives et à durée reconductible, a été étudié et réalisé pour la commande d'un amplificateur de lumière à grand gain. L'amplitude des impulsions est de 1500 V sur une charge capacitive de 100 pF. Le temps de montée sur cette charge est de 50 ns et le retard au déclenchement du générateur est aussi de 50 ns. La durée des impulsions est réglable de 70 à 450 microsecondes. La consommation de courant sur l'alimentation haute tension est inférieure à 1 mA.

1972

18 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-N-1516 - GAUCHER Jean-Claude, ROUX Georges

HIGH VOLTAGE PULSE GENERATOR WITH STRETCHED  
DURATION

Summary. - The high voltage generator, with positive and of extended duration pulses, has been studied and designed for the monitoring of a high gain h.v. intensifier. The pulse amplitude is 1500 volts with a capacitive load of 100 pF. The rise time, with this load is 50 ns, and the triggering delay is 50 ns too. The pulse duration is adjustable from 70 to 450 microseconds. The current consumption is 1 mA for the high voltage supply.

1972

18 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

- Note CEA-N-1516 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay  
Division de la Physique  
Service d'Electronique Physique

GENERATEUR D'IMPULSIONS HAUTE TENSION  
A DUREE RECONDUCTIBLE

par

Jean-Claude GAUCHER, Georges ROUX



## Introduction

Pour la visualisation de sources de rayonnements  $\gamma$  de faible énergie, nous utilisons une gamma caméra à amplification directe de lumière.

Une "optique" à rayons  $\gamma$  projette l'image de la source sur un cristal détecteur de 21 cm de diamètre en NaI Tl ou CsI Tl. Chaque rayonnement absorbé crée une petite quantité de lumière dans sa zone d'interaction avec les atomes du cristal.

Deux amplificateurs de lumière reprennent cette image et la restituent sur un écran scintillant de sortie à un niveau lumineux suffisant pour être enregistrée, par un dispositif photographique conventionnel.

Si aucune précaution particulière n'est prise, toutes les informations lumineuses produites dans le cristal sont enregistrées. Or deux sources de parasites lumineux existent : Les claquages électriques et les rayons cosmiques. Si la première source peut être pratiquement éliminée par une étude technologique soignée du montage d'ensemble, la seconde source agit directement dans le cristal, produisant des flashes lumineux de grande amplitude qui nuisent complètement à la lecture des images où ils apparaissent.

La gamma caméra qui a été étudiée [1] possède un photomultiplicateur chargé de donner un signal électrique pour toute information lumineuse apparaissant sur l'écran de sortie du premier étage d'amplification de lumière. C'est à partir de ces signaux électriques, et en tenant compte du fait que l'écran scintillant de ce premier étage joue le rôle de mémoire lumineuse, que nous commandons le deuxième étage d'amplification qui agit alors comme un obturateur rapide. Ouvert en permanence, il sera fermé dès qu'un signal aura été reconnu de trop forte amplitude totale.

La présente note décrit le générateur spécial d'impulsions haute tension, qui a été mis au point pour obtenir une obturation rapide pendant un temps de plusieurs centaines de microsecondes.

### Paramètres de définition des caractéristiques du générateur

Le premier étage amplificateur de lumière est un tube THOMSON-CSF amplificateur de lumière, réducteur d'image TH 9463 équipé d'un écran de sortie P22 B (SZn (Ag)). A une impulsion lumineuse de courte durée au niveau de la photocathode, correspond une quantité de lumière dans l'écran scintillant de sortie dont la variation au cours du temps est représentée fig. 1 et 2. Nous déterminerons à partir de cette courbe le retard maximal et la durée minimale de l'obturation du second étage pour qu'une interaction entre un rayon cosmique et le cristal détecteur ne soit pas enregistrée sur la pellicule photographique.

D'une façon générale, les radioisotopes utilisés ont une énergie  $\gamma$  voisine de 140 keV. Afin d'avoir un ordre de grandeur des caractéristiques à obtenir, prenons comme critère qu'un signal qui correspondrait à 1,4 MeV dépensés dans le cristal donne une information semblable au niveau de la pellicule à celle d'un  $\gamma$  de 140 keV.

L'obturation du second étage devra donc être telle que seulement 10% de la lumière totale émise soit vue. La durée minimale du créneau sera donc 200  $\mu$ s.

Afin de tenir compte des retards inévitables dans les circuits de commande, nous admettrons une émission de 5% de la lumière avant l'extinction et 5% après, ce qui nous donne les caractéristiques à obtenir :

- Retard d'obturation : inférieur à 1  $\mu$ s.
- Durée d'obturation : supérieure à 250  $\mu$ s.

Le second étage d'amplification de lumière (P829.A - E.E.V.) est prévu pour être commandé par des impulsions de tension appliquées à sa photocathode. Celle-ci, initialement au potentiel 0, doit être portée à + 1500 Volts pour que le gain du tube soit nul, c'est-à-dire pour assurer une obturation totale.

Par ailleurs, bien que le nombre d'extinctions par seconde soit faible (environ une ou plusieurs centaines, ceci dépendant du seuil), le temps mort devra être court car les phénomènes observés sont aléatoires, ce qui ne permet pas de prévoir leur instant d'apparition.

## Description du générateur

### Principe de fonctionnement

Pour l'élaboration du signal d'attaque de la photocathode, son circuit étant essentiellement capacitif, un principe économique en ce qui concerne l'énergie haute tension consiste à charger rapidement la capacité équivalente du circuit, puis de laisser celle-ci garder la charge en mémoire et enfin, au bout du temps requis, de la décharger jusqu'au potentiel 0 (fig. 3).

L'impédance des circuits en parallèle sur la capacité introduit une limitation de l'effet mémoire, ce qui conduit, pour obtenir un signal d'amplitude quasi constante et de longue durée, à recharger plusieurs fois la capacité au cours du cycle de travail.

L'introduction sur le marché de thyristors haute tension à faible délai de conduction (MCR 1336 - 10) nous a permis de réaliser un montage à éléments solides.

Le front arrière de l'impulsion n'étant soumis à aucun impératif de rapidité, nous utiliserons des thyristors classiques, d'un prix de revient moins élevé.

Les différentes séquences du cycle de travail sont élaborées par un circuit logique de commande représenté fig. 7.

Simultanément, lorsqu'un évènement est reconnu nuisible par le circuit d'entrée, nous déclenchons la formation du front avant et le basculement d'un univibrateur. Le rôle de celui-ci est de définir la durée totale de l'obturation.

Durant son état de travail, il ouvre un système de portes, permettant ainsi aux univibrateurs  $U_1$  et  $U_2$  d'osciller en relaxation. Chaque impulsion délivrée par  $U_1$  déclenche le circuit de front avant permettant ainsi la recharge de la capacité de sortie.

$U_3$  revenant à son état initial, la dernière impulsion délivrée par  $U_2$  est alors orientée sur le circuit front arrière de sorte que celui-ci ne peut apparaître qu'après le retard imposé par  $U_2$  après la dernière recharge de la capacité, ce qui rend impossible le fonctionnement simultané des deux circuits de puissance, évitant ainsi de court-circuiter l'alimentation haute tension.

Afin d'obtenir un retard faible entre le signal d'entrée et le blocage du tube, nous avons réalisé un circuit de sélection d'amplitude basé sur la différence des pentes des impulsions d'entrée délivrées par le photomultiplicateur. Celles-ci ayant toutes le même temps de montée, leur pente est représentative de l'amplitude finale atteinte. Pour ce faire, nous utilisons une ligne court-circuitée de retard  $T_r$ .

La fig. 4 montre le principe de fonctionnement. A partir de l'instant  $2 T_r$ , le signal, réfléchi en opposition de phase par la ligne, annule la croissance du signal d'entrée. L'amplitude  $V$  du signal de sortie est alors égale (en première approximation) à l'amplitude atteinte par l'impulsion délivrée par le photomultiplicateur à l'instant  $2 T_r$ . Si ce niveau, après amplification linéaire, est supérieur à un certain seuil, le circuit d'entrée délivre une impulsion permettant le déroulement des opérations qui ont été décrites précédemment.

### Détail des circuits

#### Sélection d'amplitude

Le signal issu du photomultiplicateur est envoyé sur une ligne à retard de 27 ns adaptée à son entrée et court-circuitée en sortie. Le signal résultant est amplifié par un amplificateur opérationnel ( $\mu$  A702) dont le gain est fixé à 10.

Un comparateur ( $\mu$  A710) dont l'une des entrées est portée à un potentiel réglable, et dont l'autre reçoit l'impulsion mise en forme, règle le seuil de déclenchement du générateur. Lorsque celle-ci dépasse le seuil affiché, le circuit comparateur bascule et déclenche un transistor avalanche 2N 2087. Celui-ci permet une décharge rapide de la capacité de 4,7 nf placée dans son collecteur. Le transistor revient à l'état bloqué lorsque le courant qui le traverse devient insuffisant. Ce circuit très fiable a pour intérêt de délivrer des impulsions supérieures à 80 V sur des charges faibles - le courant de décharge pouvant être supérieur à 1 A.

Le retard mesuré à 90% de la sortie est inférieur à 10 ns.

Une alimentation stabilisée fournit la tension continue nécessaire au fonctionnement de cet étage. Celle-ci est obtenue à partir du 127 V alternatif disponible sur les châssis C7 AL standards du C.E.A.

#### Circuit de puissance front avant

Un transformateur d'impulsions, réalisé en fils téflon torsadés, enroulés sur un tore en ferrite L TT 2002, permet d'attaquer les thyristors de puissance sans qu'il y ait de réactions nuisibles sur le transistor avalanche.

Les thyristors utilisés sont des MCR 1336 - 10 dont la tenue en tension est de 800 V. Ils ont un retard au déclenchement de 75 ns, le temps de montée pour un courant anodique de 100 A est de 75 ns lorsque la grille est attaquée par un courant de 500 mA avec un temps de montée de 20 ns.

Afin d'obtenir une impulsion de 1500 V, nous utilisons deux thyristors montés en série. Entre grille et cathode, deux diodes FD 100 et une résistance de 270  $\Omega$  évitent le redéclenchement des thyristors en maintenant la grille au même potentiel que la cathode lorsque se produit le front arrière.

A l'état bloqué, les thyristors n'ont pas une impédance infinie, ce qui oblige à mettre une résistance de charge de 100 k $\Omega$  pour obtenir une tension de sortie nulle au repos. Deux diodes haute tension SK 05/12 permettent à la capacité de conserver sa charge en l'isolant de cette résistance.

Une capacité de 10 nf joue le rôle de réservoir et alimente les thyristors en haute tension lors de la conduction.

#### Circuit de puissance front arrière

Celui-ci est constitué de cinq thyristors 2N 2329. Un pont de polarisation à haute impédance, équilibré par des capacités de 470 pf donne une répartition correcte des potentiels au moment de l'impulsion de front avant.

Ces thyristors ne nécessitent pas une forte énergie pour les commander, ce qui nous a permis d'utiliser un transformateur d'impulsion à cinq secondaires, le primaire étant attaqué par un transistor 2N 2906 que l'on rend fortement conducteur.

Afin de s'affranchir des déclenchements dus aux inductions électromagnétiques du circuit front avant sur le transformateur, nous avons placé sur celui-ci une demi-spire dans laquelle circule le courant de charge. Le signal résultant renforce le blocage des thyristors du front arrière.

#### Circuit de reconduction de la durée de l'impulsion

Ce circuit est précédé d'un étage de mise en forme, qui, attaqué par une fraction du signal de transistor avalanche, délivre un créneau de 6 V et de durée égale à quelques microsecondes.

Tous les univibrateurs sont à structure identique. Au repos,  $T_9$  et  $T_{10}$  sont conducteurs. Une impulsion positive appliquée sur la base de  $T_{10}$  bloque les deux transistors. Une capacité placée dans l'émetteur de  $T_9$  maintient cet état durant le temps qui lui est nécessaire, en se déchargeant dans la résistance d'émetteur pour atteindre un potentiel inférieur à celui de la base.  $T_9$  redevient conducteur et débloque  $T_{10}$ . Les deux transistors reviennent à l'état saturé qui est celui de repos.

La durée du créneau peut être changée par action sur la polarisation de la base de  $T_9$  ou par changement de la capacité d'émetteur.

Ce type d'univibrateur a un rapport cyclique supérieur à 50% et une grande plage de réglage de la durée ( $t_{max} > 10t_{min}$ ).

Pour les besoins du montage, les caractéristiques adoptées sont les suivantes :

- $U_1$  : 3  $\mu$ s.
- $U_2$  : 5  $\mu$ s.
- $U_3$  : réglable de 70  $\mu$ s à 450  $\mu$ s.
- $U_4$  : 6  $\mu$ s.

Les univibrateurs  $U_1$  et  $U_2$  sont couplés par les diodes  $D_1$  et  $D_2$  de telle sorte que :

- Le front arrière de  $U_1$  déclenche toujours  $U_2$
- Le front arrière de  $U_2$  : est orienté sur  $U_1$  durant le temps de travail de  $U_3$  par déblocage de la diode  $D_1$ . Les univibrateurs  $U_1$  et  $U_2$  oscillent alors en relaxation.  $D_3$  étant bloqué,  $U_4$  reste à l'état de repos.

Chaque impulsion délivrée par  $U_1$  sature le transistor  $T_3$ . Le signal ainsi créé est appliqué au circuit front avant et le déclenche.

Remarque : Pour ce circuit d'attaque du front avant, nous n'utilisons pas de transistor avalanche, car il nous suffit simplement de déclencher les thyristors pour compenser la perte de charge du circuit de sortie, les retards et temps de montée n'étant d'aucune importance particulière.

$U_3$  revenant à son état de repos,  $D_1$  se bloque et  $D_3$  se débloque. Le système  $U_1$ ,  $U_2$  cesse d'osciller et le front arrière de la dernière impulsion délivrée par  $U_2$  déclenche  $U_4$  qui, par l'intermédiaire de  $T_{11}$ , commande le circuit de puissance front arrière.

Nous voyons ainsi que, quelque soit la durée imposée par  $U_3$ , le front arrière est retardé de 5  $\mu$ s par rapport à la dernière impulsion de commande du front avant.

## Résumé des caractéristiques du générateur

### Alimentations

+ 1600 V : En l'absence d'impulsions de commande, la consommation est nulle. En fonctionnement, elle dépend de la fréquence moyenne, mais reste inférieure à 1 mA, ce qui permet d'utiliser un tiroir MIT 30 Standard CEA.

+ 24 - + 12 - + 6 - - 6 : Ces tensions continues sont fournies par un châssis C7 AL.

127 V ~ : Le débit étant inférieur à 2 mA, nous avons utilisé la tension disponible sur le châssis C7 AL.

### Entrée

Ce tiroir est prévu pour fonctionner à partir d'impulsions positives dont la pente est supérieure à 1,2 V/  $\mu$ s.

L'impédance d'entrée est de 50  $\Omega$ .

### Sortie

Impulsions rectangulaires positives.

Amplitude : 1500 V sur une charge de 100 pF

Durée : Réglable entre 70 et 450  $\mu$ s.

Temps de montée : 50 ns

Retard : 50 ns } pour une charge de 100 pF.

## BIBLIOGRAPHIE

1. A. LANSIART, J. LEQUAIS, G. ROUX  
et P. DE. VERNEJOU, C. KELLERSHOHN  
Sur l'utilisation d'amplificateurs d'image pour la réalisation de caméra  
à rayonnement X ou Y en médecine.  
Communication présentée au 1er Congrès Français d'électronique  
médicale et de Génie biologique  
(TCUPS, 3-8 Juillet 1967).
  
2. G. ROUX  
Générateur d'impulsions pour la commande d'un amplificateur de lumière  
à grand gain.  
Note CEA - N 570 (1966).

*Manuscrit reçu le 30 décembre 1971*

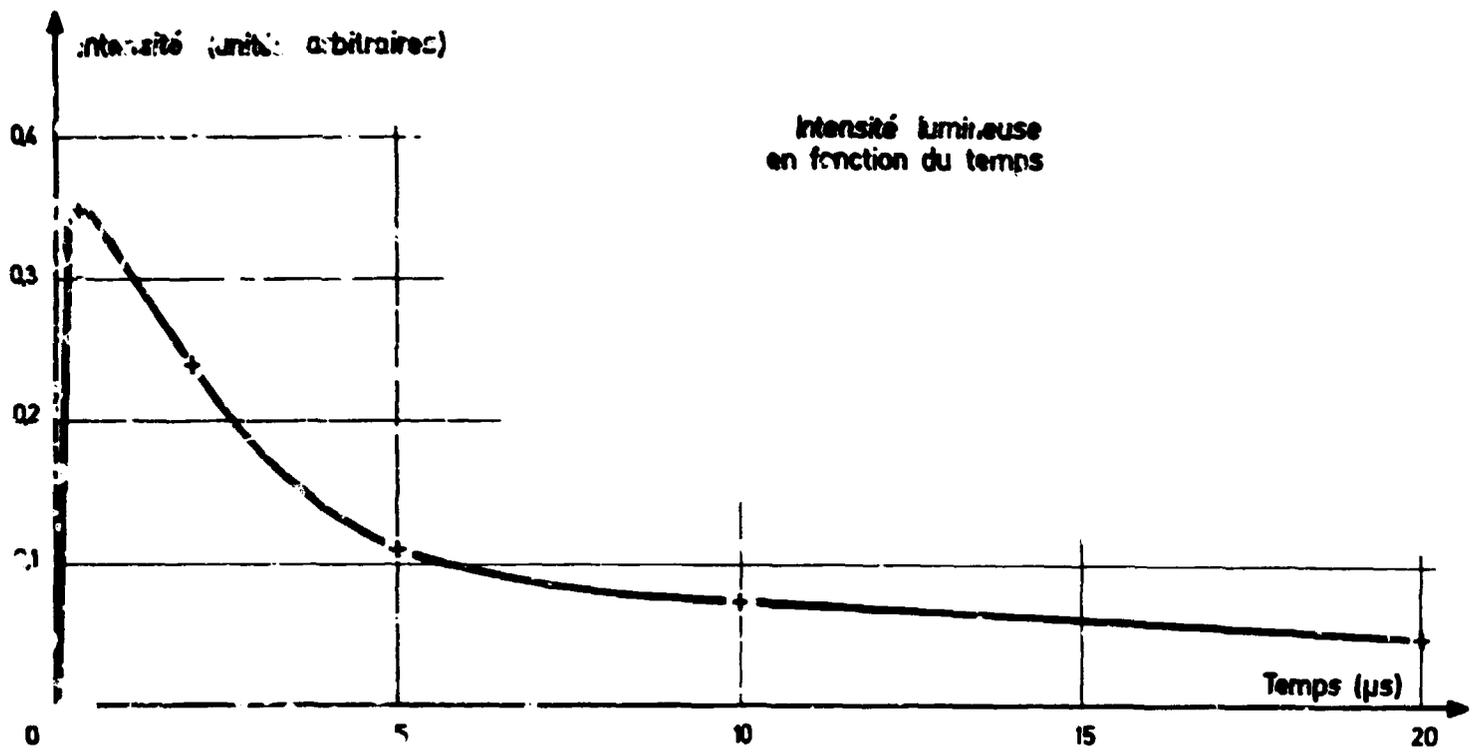


Fig. 1 - Variation de l'intensité de la lumière restituée par l'écran scintillant du tube TH 9463 pour une excitation de la photocathode d'une durée de 250 ns.

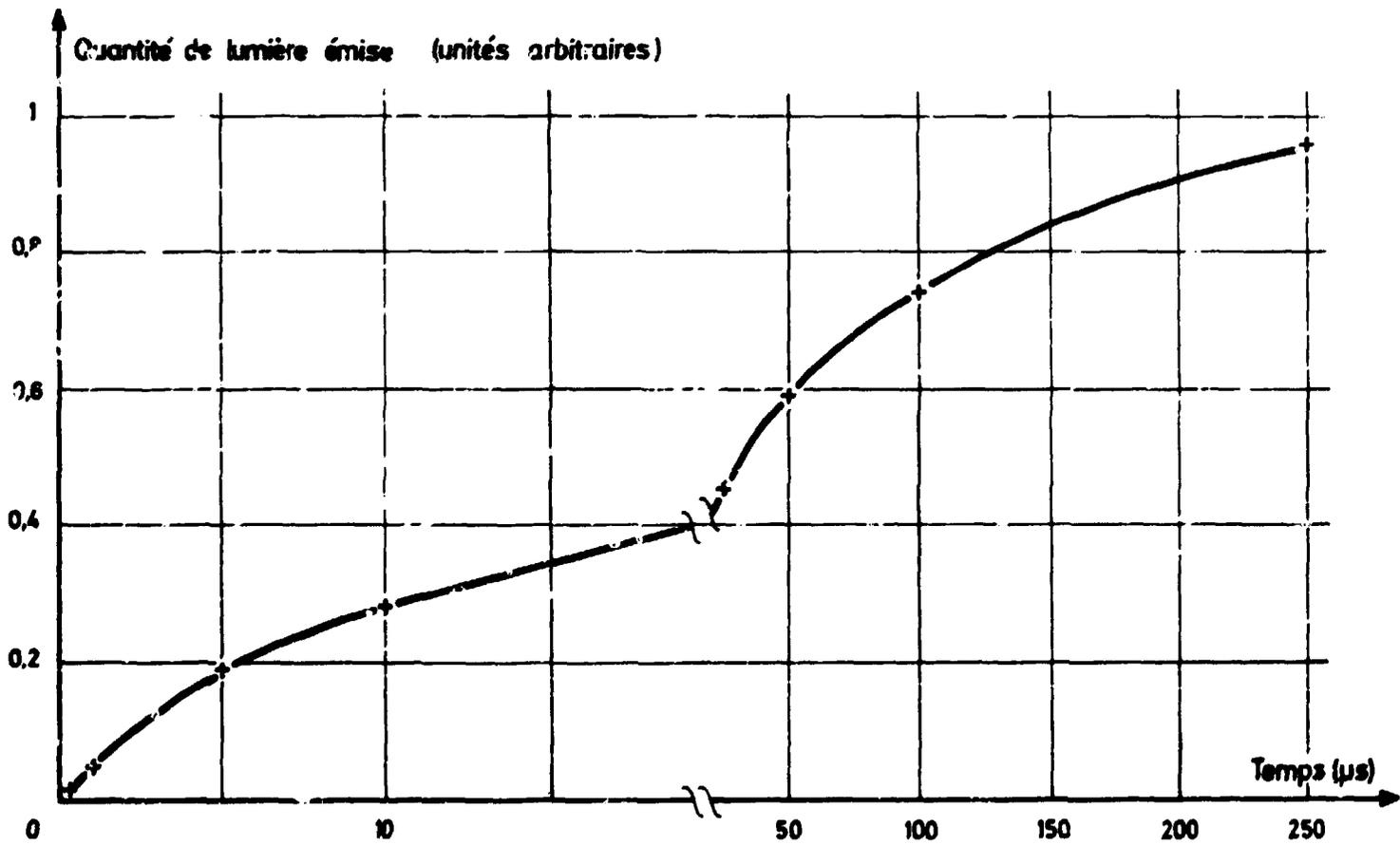


Fig. 2 - Quantité de lumière émise en fonction du temps.

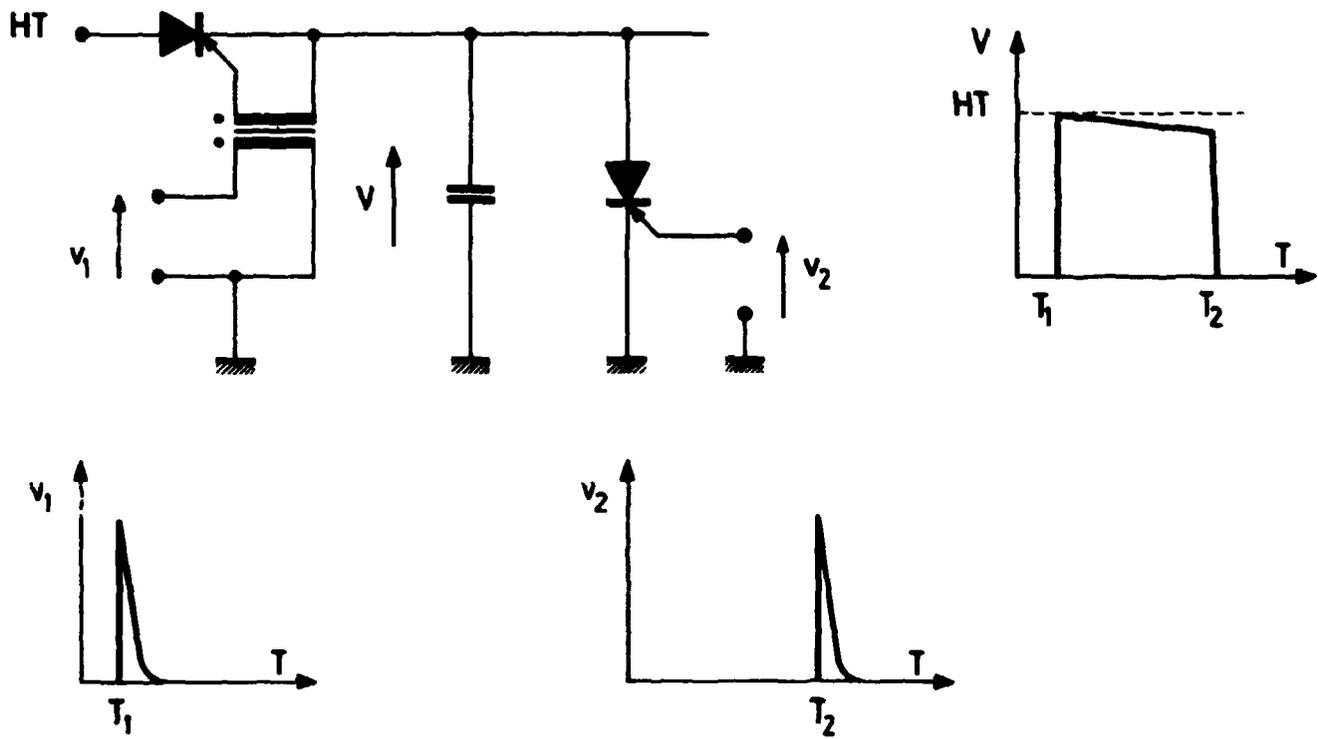


Fig. 3 - Principe du circuit d'élaboration de l'impulsion haute tension.

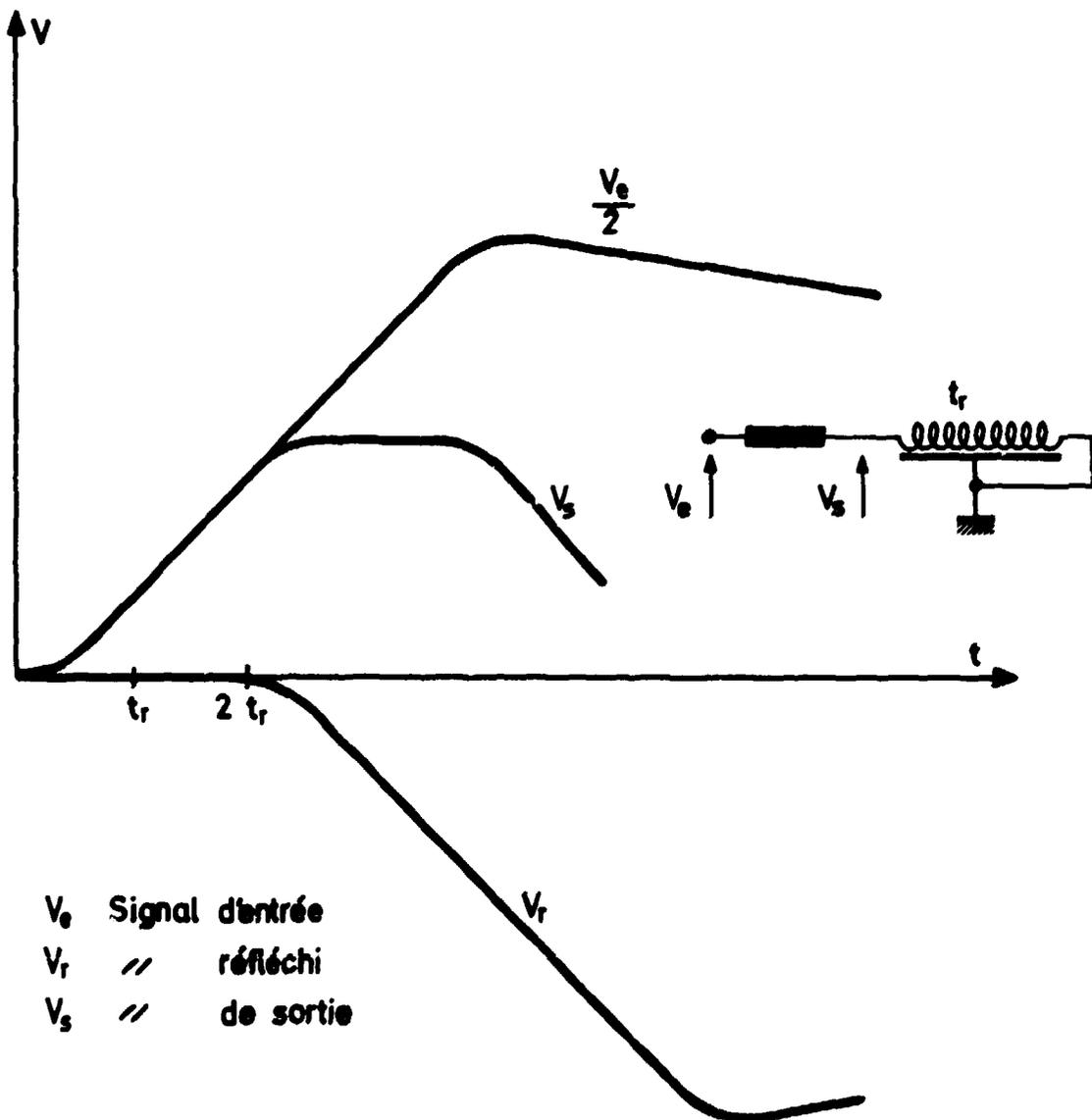


Fig. 4 - Principe de la sélection d'amplitude



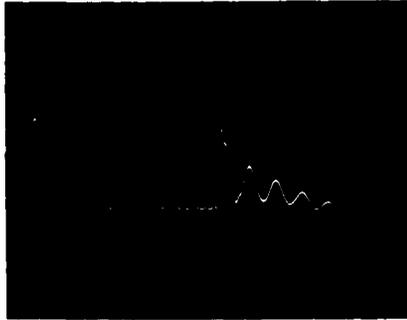






Horizontal : 200 ns/c  
 Vertical :  
 \_ signal entrée : 1 V/c  
 \_ signal mis en forme : 2 V/c

Fig.10 \_ Mise en forme du signal d'entrée



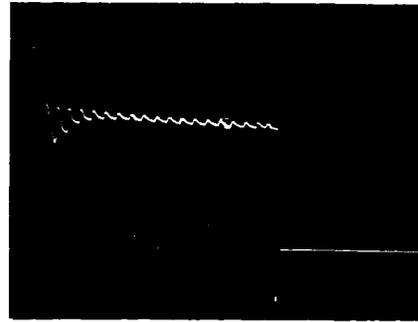
Horizontal : 50 ns/c  
 Vertical : 50 V/c

Fig.11 \_ Signal de sortie de l'étage transistor avalanche

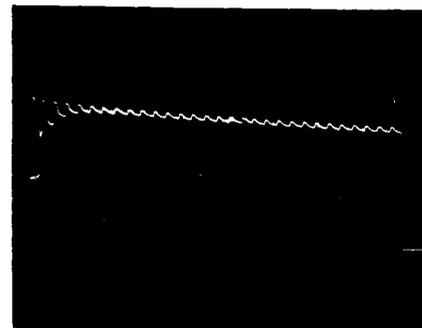


Horizontal : 50 ns/c  
 Vertical :  
 \_ entrée : 1 V/c  
 \_ sortie : 500 V/c

Fig.12 Mesure du retard introduit par le générateur



Horizontal : 50 μs/c  
 Vertical : 500 V/c



Horizontal : 50 μs/c  
 Vertical : 500 V/c

Fig.13 \_ Signaux de sortie du générateur pour deux réglages différents de la durée



**Amplificateur non pulsé**

**Temps de pose : 10 s**

**Ouverture : f/11**

**Amplificateur pulsé**

**Temps de pose : 10 s**

**Ouverture : f/11**

**Fig.14 \_ Photographie d'une source radioactive d'énergie 120 keV**



**Amplificateur non pulsé**

**Temps de pose : 10 s**

**Ouverture : f/11**

**Amplificateur pulsé**

**Temps de pose : 10 s**

**Ouverture : f/11**

**Fig.15 \_ Photographie du bruit de fond de l'installation**



*Edité par*

*le Service de Documentation*

*Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay*

*Boîte Postale n° 2*

*91 - GIF-sur-YVETTE (France)*