

PREMIER MINISTRE, MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES ET TECHNIQUES NUCLEAIRES

8.2

REALISATION
D'UN CIRCUIT DE COINCIDENCE
POSSEDANT UNE RESOLUTION
VOISINE DE LA NANOSECONDE
POUR DES IMPULSIONS
DELIVREES PAR SCINTILLATEUR NaI(Tl)

par

Roger RIPON, Gérard COUSSOT

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES
ET TECHNIQUES NUCLEAIRES

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay

Rapport CEA-R-3814

1969

Ba

SERVICE CENTRAL DE DOCUMENTATION DU C.E.A

C.E.N. - SACLAY B.P. n°2, 91-GIF-sur-YVETTE - France

CEA-R-3814 - RIPON Roger, COUSSOT Gérard

REALISATION D'UN CIRCUIT DE COINCIDENCE POSSEDANT
UNE RESOLUTION VOISINE DE LA NANOSECONDE POUR
DES IMPULSIONS DELIVREES PAR SCINTILLATEUR NaI(Tl)

Sommaire. - Le principe et les détails d'un circuit de coïncidence de type lent-rapide, travaillant avec des impulsions délivrées par des scintillateurs NaI(Tl) sont présentés. Grâce à une limitation volontaire de la bande d'analyse (150 keV à 1 MeV) une excellente stabilité est obtenue vis-à-vis des dérives thermiques. La résolution adoptée de 4 ns avec 100 pour cent d'efficacité, largement suffisante pour l'expérience envisagée, ne représente pas la performance optimum du circuit.

1969

16 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

CEA-R-3814 - RIPON Roger, COUSSOT Gérard

DEVELOPMENT OF A COINCIDENCE CIRCUIT WITH
NANOSECOND RESOLVING TIME FOR NaI(Tl) SCINTIL-
LATOR PULSES

Summary. - The principle and the details of a slow-fast type coincidence circuit for pulses delivered by NaI(Tl) scintillators are presented. Thanks to a voluntary limitation of the analysis band (150 keV to 1 MeV) an excellent stability is obtained with respect to thermal drifts. The resolving time which has been adopted, 4 ns with 100 per cent efficiency, is quite sufficient for the projected experiment but does not represent the optimum performance of which the circuit is capable.

1969

16 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

- Rapport CEA-R-3814 -

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires

REALISATION D'UN CIRCUIT DE COINCIDENCE
POSSEDANT UNE RESOLUTION VOISINE DE LA NANOSECONDE
POUR DES IMPULSIONS DELIVREES PAR SCINTILLATEUR NaI(Tl)

par

Roger RIPON, Gérard COUSSOT

- Juin 1969 -

**REALISATION D'UN CIRCUIT DE COINCIDENCE
POSSEDANT UNE RESOLUTION VOISINE DE LA NANOSECONDE
POUR DES IMPULSIONS DELIVREES PAR SCINTILLATEUR NaI(Tl)**

Nous avons réalisé un circuit destiné à détecter en coïncidences rapides les impulsions délivrées par des photomultiplicateurs associés à des scintillateurs NaI(Tl). Cet ensemble a été conçu pour servir à des expériences de corrélation angulaire des gammas résultant de l'annihilation du positron dans différents cristaux.

Lorsqu'un positron, thermalisé, s'annihile avec un électron, deux gammas sont émis à $180^\circ \pm \epsilon$. L'angle de divergence ϵ entre les deux photons est fonction de la quantité de mouvement de l'électron. L'étude de la distribution des rayons gammas détectés en coïncidence, en fonction de l'angle ϵ , permet d'obtenir certaines caractéristiques électroniques du cristal.

Deux détecteurs, l'un fixe, l'autre mobile, situés à deux mètres de part et d'autre d'un ensemble source β^+ -échantillon, sont sensibles aux gammas d'annihilation à travers des fentes collimatrices de 1 mm (fig. 1).

Le comptage des coïncidences et le déplacement pas à pas du photomultiplicateur mobile sont commandés par l'enregistrement d'un nombre de coups prédéterminé par le photomultiplicateur fixe. Cette méthode permet de corriger automatiquement la décroissance de la source de β^+ (^{64}Cu), dont la période est de 12,8 heures. Cependant, il est nécessaire que l'efficacité de détection sur une longue durée (48 heures) demeure constante. Ceci impose que la largeur de bande d'amplitude choisie pour la détection demeure insensible aux dérives thermiques.

De plus, la forte activité de la source, de l'ordre de 1 curie, provoque un taux de comptage important sur chaque détecteur (1 200 coups/s). Pour abaisser le taux de coïncidences fortuites jusqu'à un niveau négligeable, la résolution du circuit de coïncidences doit être inférieure à 10 ns.

Si une résolution de l'ordre de 1 ns est facilement réalisable pour un circuit travaillant avec des impulsions délivrées par des scintillateurs plastiques rapides, elle s'avère beaucoup plus délicate à obtenir avec des scintillateurs NaI(Tl). L'emploi de scintillateurs plastiques présente cependant un inconvénient majeur : leur faible efficacité de détection conduit en effet à de très longs temps d'enregistrement pour obtenir une bonne statistique. Or, la courte période de la source employée limite le temps de comptage. L'utilisation de cristaux de NaI(Tl) s'avère donc indispensable en raison de leur grande efficacité malgré la lenteur des impulsions délivrées.

Un certain nombre de circuits ont été proposés associés à des NaI(Tl) [1] [2] [3] [4] mais nous avons repris l'étude du circuit réalisé par BERTOLACCINI, BUSSOLATI et COVA [5] avec le souci de l'adapter aux impératifs de notre expérience, en utilisant des photomultiplicateurs 56 A V P.

L'ensemble des circuits peut se décomposer ainsi :

- deux mises en forme rapide
- un circuit de coïncidence rapide
- deux amplificateurs avec passage à zéro
- deux analyseurs monocanaux
- un circuit de coïncidence des voies lentes et de la voie rapide

Un schéma synoptique est donné figure 2.

MISE EN FORME RAPIDE

Le photomultiplicateur est câblé suivant la figure 3 ; la charge d'anode est directement sur le circuit. Le câble de liaison ayant 15 mètres, une résistance série de 100Ω est introduite pour adapter l'ensemble câble-circuit. Le transistor T_1 sature les impulsions au-dessus d'un seuil défini par le bruit de fond du photomultiplicateur, ce qui permet d'obtenir des temps de montée des impulsions de différentes énergies pratiquement identiques. Les impulsions ayant une largeur différente sont mises en forme en amplitude et en durée par un stub court-circuité réglable. Pour obtenir un affaiblissement minimum, nous avons utilisé du câble 50Ω de section importante : KX 4. L'amplitude de l'impulsion mise en forme est ajustée sur chacune des voies par le potentiomètre de 100Ω à une valeur identique. Avec une longueur de câble de 18 cm, la largeur des impulsions à mi-hauteur est de 2 ns et son amplitude est de 280 mV.

CIRCUIT DE COÏNCIDENCE RAPIDE (fig.4)

Les transistors d'entrée T_1 et T_2 montés en base commune, permettent d'adapter l'impédance du câble court-circuité et du circuit E T. La tension base est ajustée par le transistor T_4 qui règle le seuil de coïncidence du circuit E T à diodes. Une bascule monostable à diode tunnel met en forme le signal du circuit de coïncidence.

La diode Zenner définit un point de repos rigoureux du courant de la diode tunnel. Le signal de la diode tunnel déclenche une bascule monostable (T_6 et T_7) qui joue le rôle de retard variable. La durée de l'impulsion est fixée par l'intermédiaire de la capacité variable et correspond au retard apporté par la voie lente. Le front arrière de l'impulsion après différenciation est mis en coïncidence avec les voies lentes.

AMPLIFICATEUR - figure 5

Les impulsions des voies lentes ayant des amplitudes très différentes présentent des temps de montée variables, ce qui amène une incertitude en temps lors du déclenchement des circuits de seuil. Pour réduire des écarts de temps, on utilise la méthode du passage à zéro. Les impulsions bipolaires sont amplifiées et aiguillées vers l'analyseur multicanal.

Un circuit porte sélectionne les impulsions correspondant à la bande d'énergie définie par le monocanal.

MONOCANAL - figure 6

Les transistors T_3 et T_4 définissent le seuil bas réglable par le potentiomètre P_1 tandis que T_6 et T_7 limitent le seuil supérieur ajusté par le potentiomètre P_2 . Seules les impulsions supérieures au seuil affiché déclenchent la bascule ($T_6 - T_7$). Le front positif de l'impulsion bipolaire fait conduire T_3 et bloque T_4 , le passage à zéro de l'impulsion ramène ces deux transistors à l'état initial et c'est le point arrière de l'impulsion résultante, définie en temps, qui est utilisé pour la coïncidence finale. Les diodes montées dans les émetteurs T_3 et T_4 permettent une stabilisation en température, mais augmentent le seuil bas (< 100 keV).

Le signal du seuil haut est mis en forme par la bascule monostable ($T_8 - T_9$) et entre sur une anti-coïncidence ($T_{10} - T_{11} - T_{12}$) qui permet de sélectionner les impulsions à l'intérieur de la bande. Ces impulsions déclenchent une bascule monostable qui permet deux sorties : une pour le comptage, une pour la porte de l'amplificateur.

La largeur de bande peut être choisie entre 150 keV et 1 MeV.

COINCIDENCE FINALE - figure 7

Les impulsions de sortie des deux monocanaux sont mises en coïncidence avec l'impulsion retardée de la coïncidence rapide. Une mise en forme par stub court-circuité permet de définir le temps de résolution de la coïncidence lente. L'impédance caractéristique du câble utilisé est 75Ω adaptée à l'impédance du circuit.

Le niveau de coïncidence est réglé par le potentiomètre de 500Ω et le signal résultant est mis en forme par une bascule monostable $T_9 - T_{10}$ pour comptage.

RESULTATS EXPERIMENTAUX

Les mesures expérimentales ont été réalisées directement avec une source de ^{22}Na de 20 μCi . La coïncidence lente est définie par la longueur du stub de 75Ω qui est fixée à 1,50 mètre. Cette longueur est choisie pour que la durée du plateau soit supérieure à la durée de la coïncidence finale. La résolution des voies lentes à mi-hauteur est alors de 20 ns. La résolution finale est réglée par la longueur du stub de mise en forme rapide. La résolution obtenue avec 100 pour cent d'efficacité et 18 cm de longueur du stub est de 4 ns à mi-hauteur (figure 8).

CONCLUSION

La fiabilité de ce circuit s'est avérée excellente. L'utilisation continue depuis 6 mois a montré que les dérives thermiques demeurent négligeables et que les réglages des discriminateurs n'ont pas été modifiés. La résolution utilisée, 4 ns, est largement suffisante pour éliminer les coïncidences fortuites. Elle constitue d'autre part une marge de sécurité suffisante pour éviter les faibles dérives. Cette valeur ne représente pas la performance optimum de ce circuit dont la résolution limite, que l'on peut espérer atteindre, est de l'ordre de 1 à 2 ns [6].

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GRUHLE W.
Nucl. Inst. anc. méth. 1959, 4, 112
- [2] SPIEGHEL M., PENEGE L.
Phys. Radium 1957, 18, 19 A
- [3] LEVESQUE R.J., HORNYAH W.F.
Proceedings of Colloque International
sur l'Electronique Nucléaire, Paris 1958
- [4] GATTI, VAGHI F., SVELTO V.
Nuclear Electronics. Proceedings of Nuclear
Electronic Conférence, Belgrade 1961, III, 105
- [5] BERTOLACCINI M., BUSSOLATI C., COVA S.
INFN/TC-65/II Milano Politecnico
- [6] SCHWARZSCHILD A.Z., WARBURTON E.K.
Annual Review of Nuclear Sciences,
1968, vol.18, page 265

Manuscrit reçu le 18 avril 1969

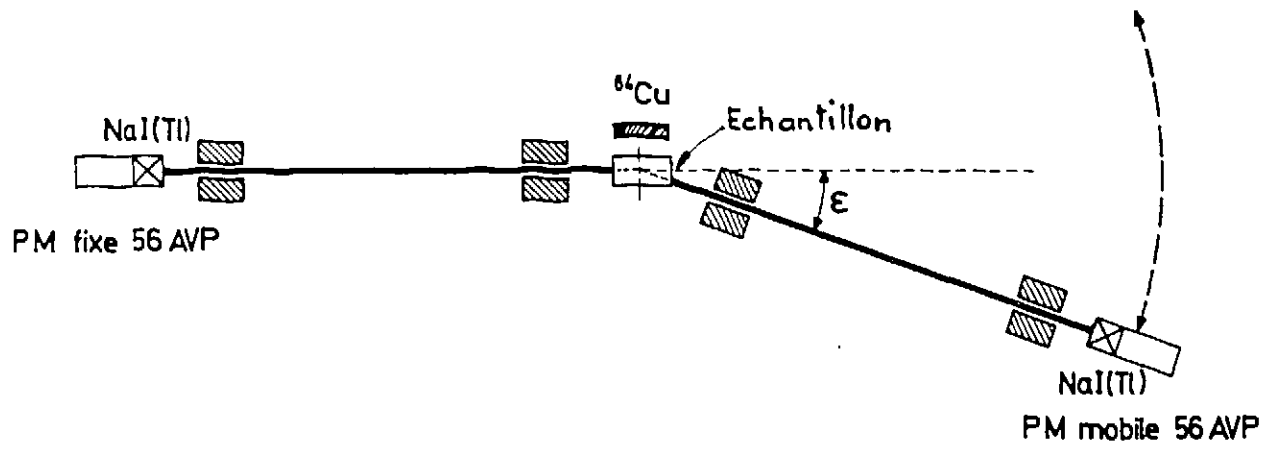
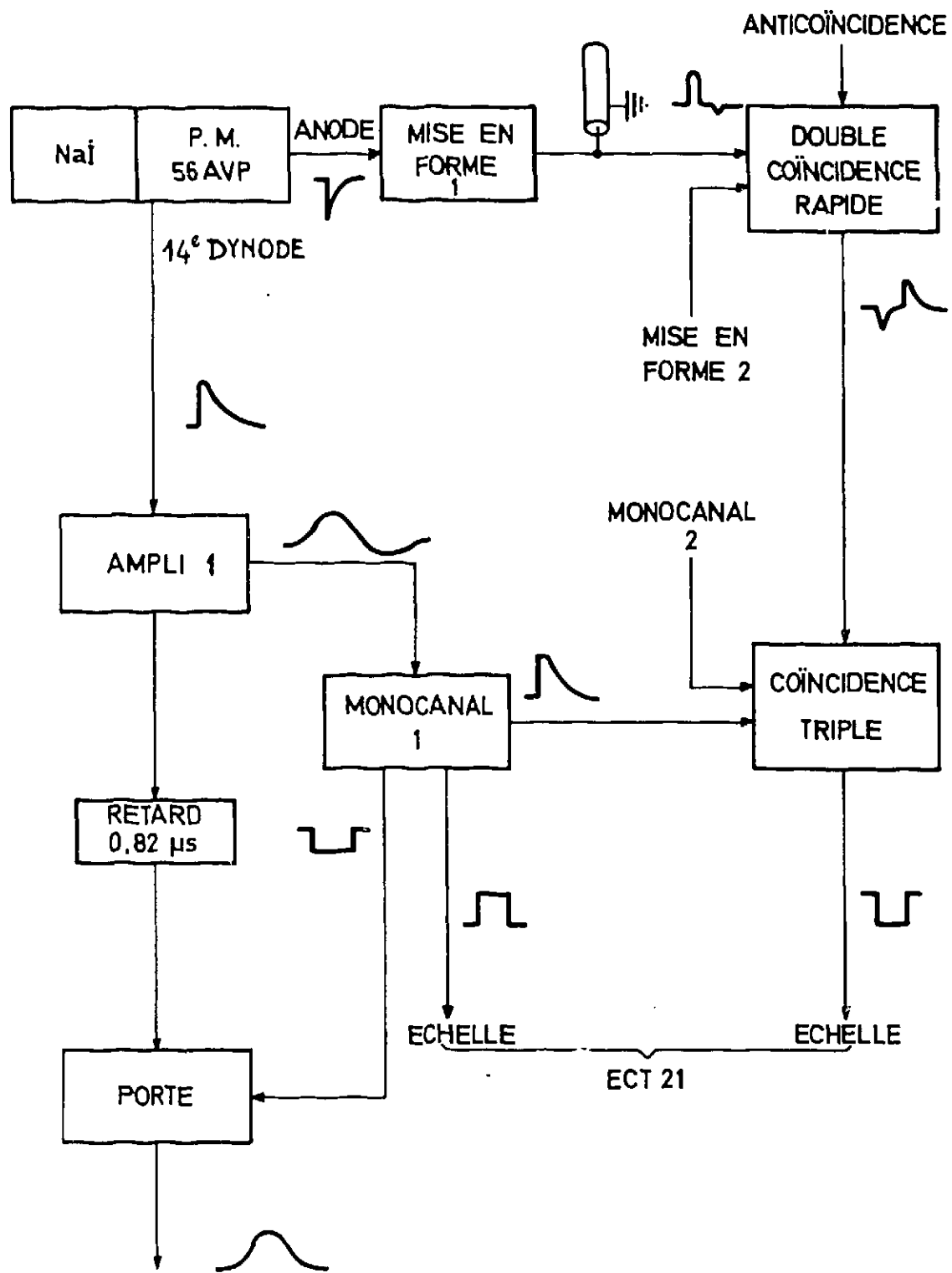


Fig.1 - Schéma du dispositif expérimental



ANALYSEUR 400 CANAUX
"INTERTECHNIQUE SA 40 B"

Fig.2 - Diagramme de l'ensemble électronique

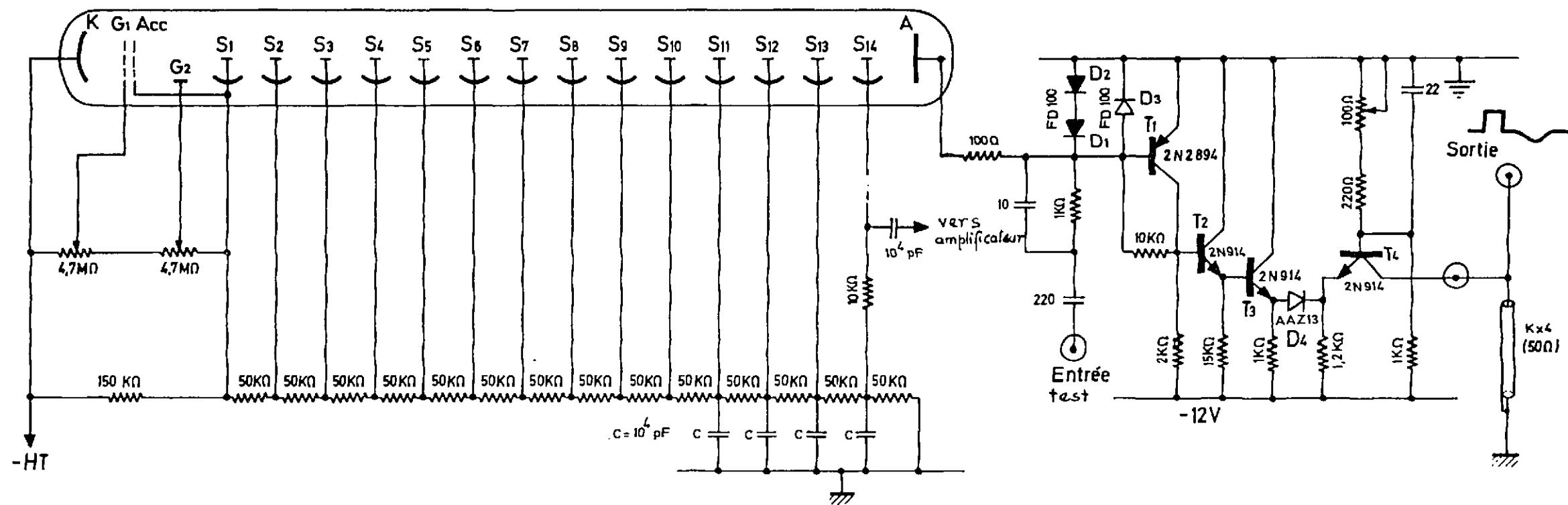


Fig.3 - Câblage du photomultiplicateur 56 AVP et mise en forme rapide

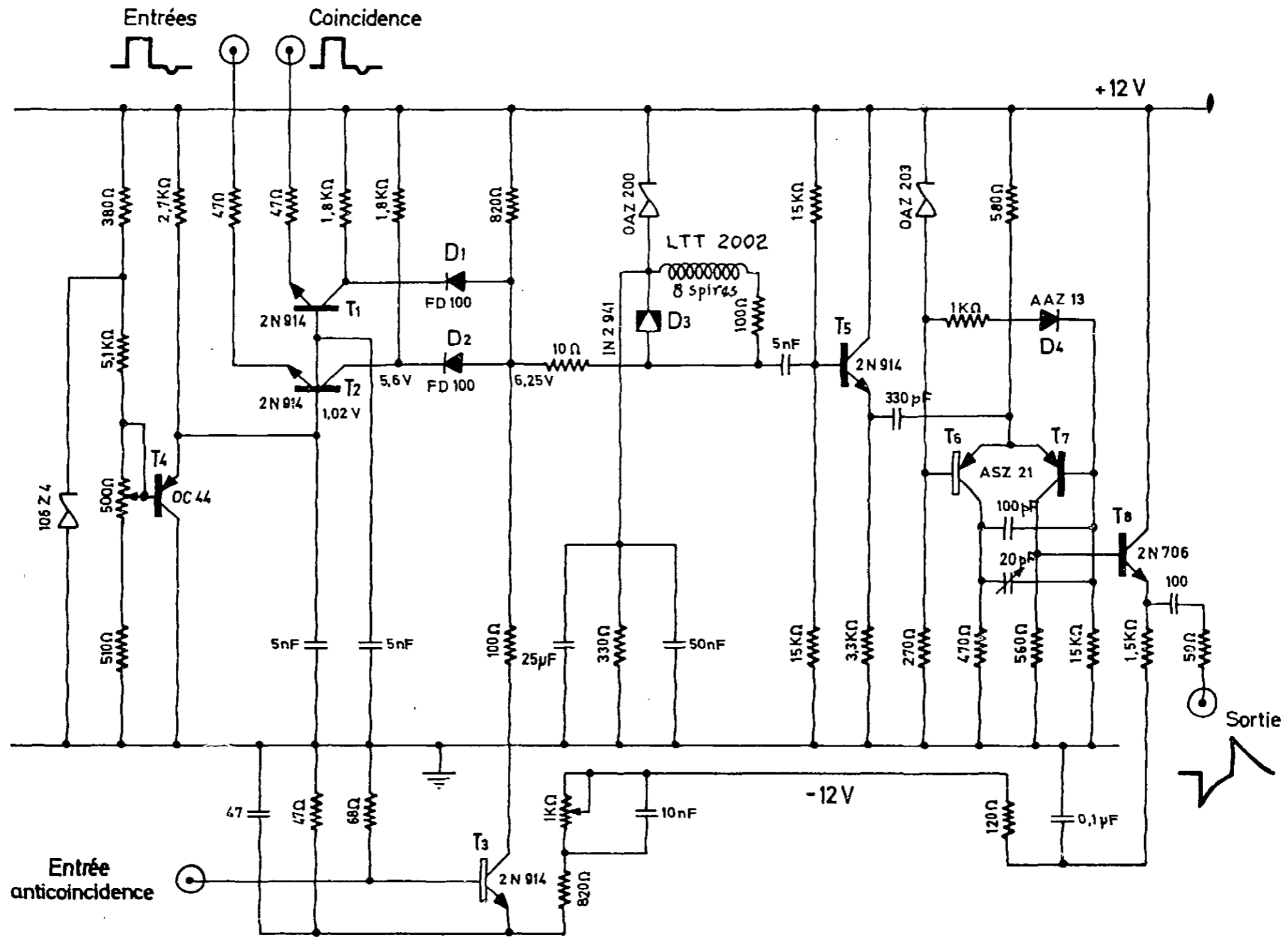


Fig.4 - Circuit de coïncidences rapides

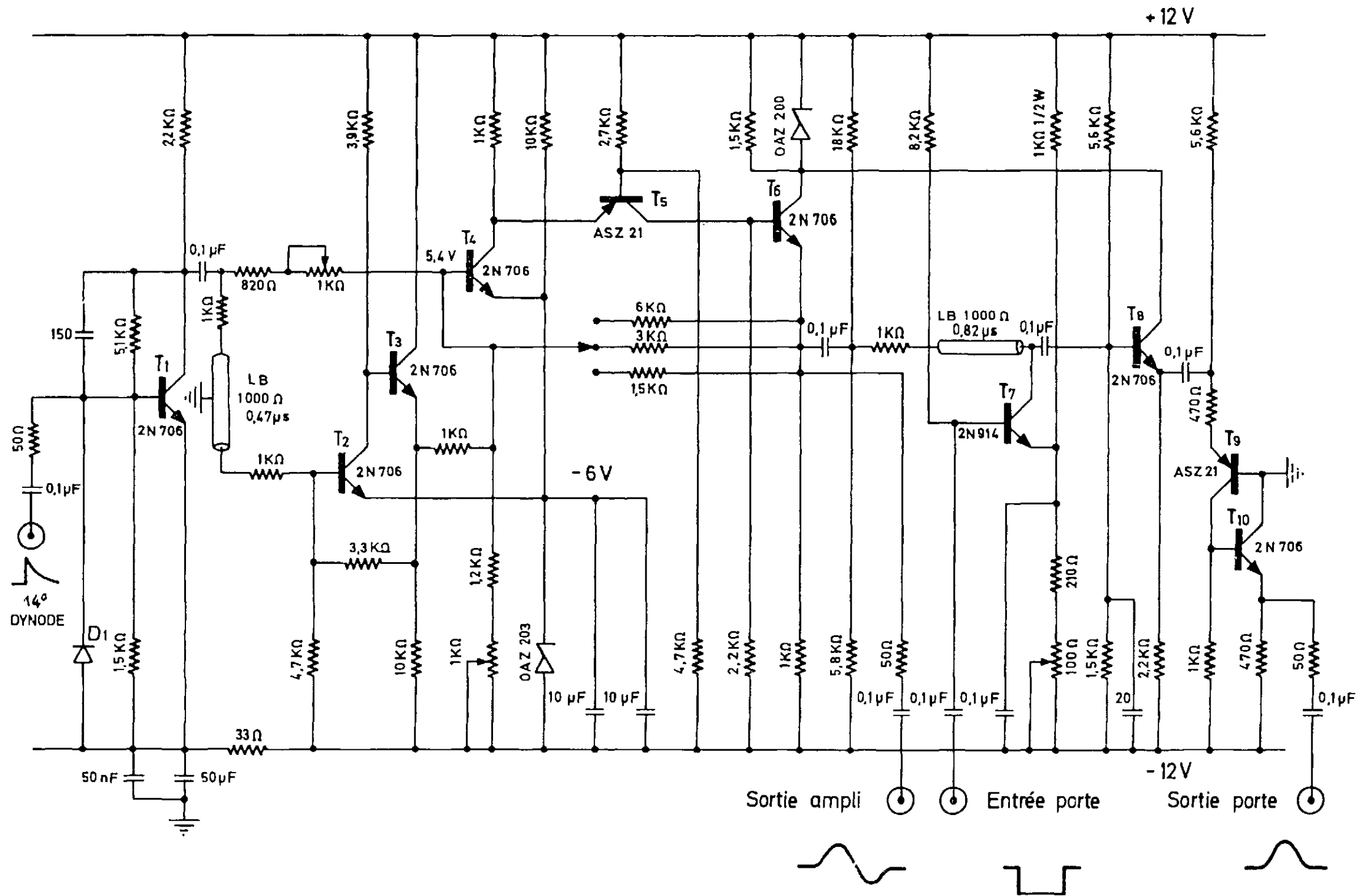


Fig.5 - Amplificateur et circuit porte des voies lentes

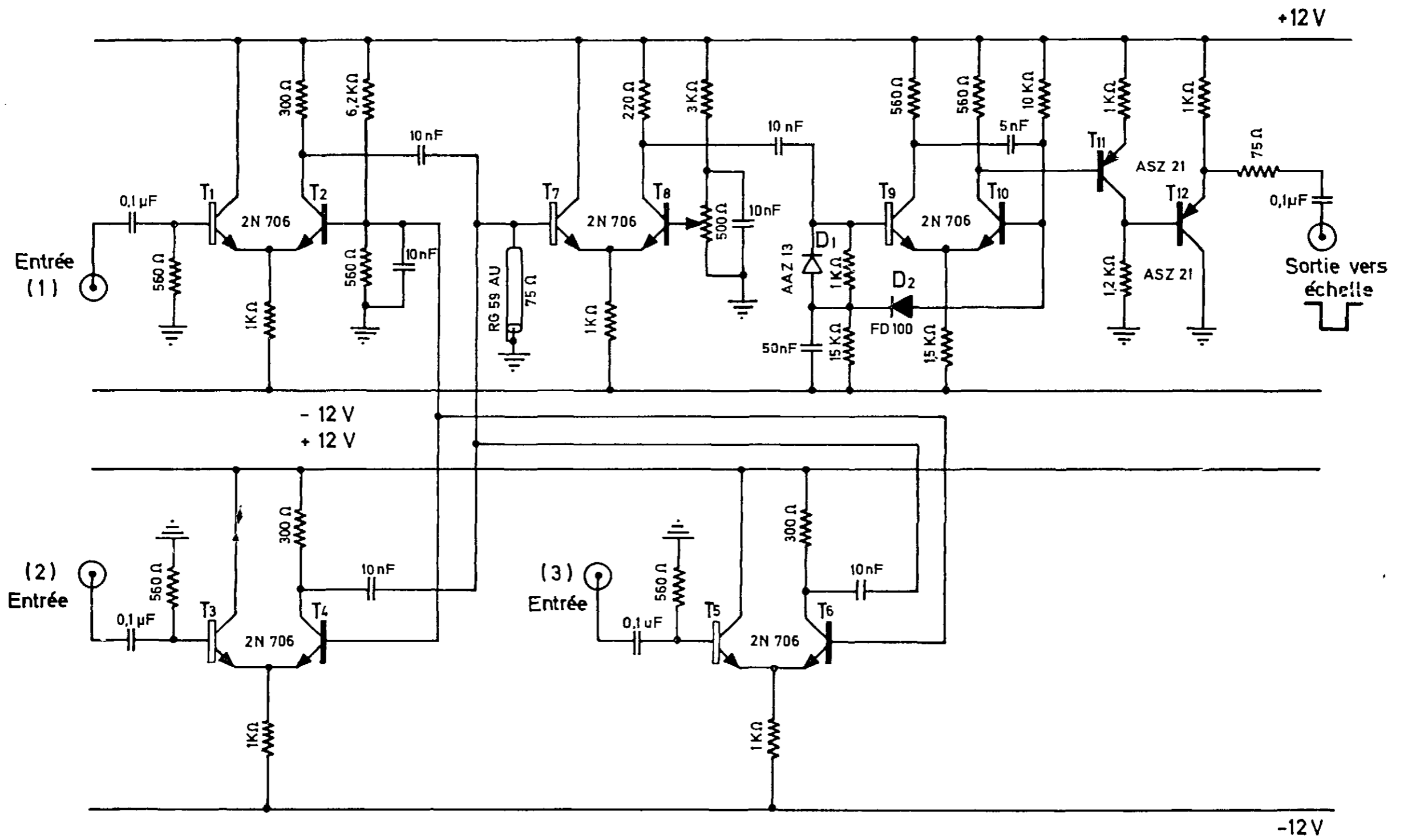


Fig. 7 - Circuit de coïncidence des voies lentes et des voies rapides

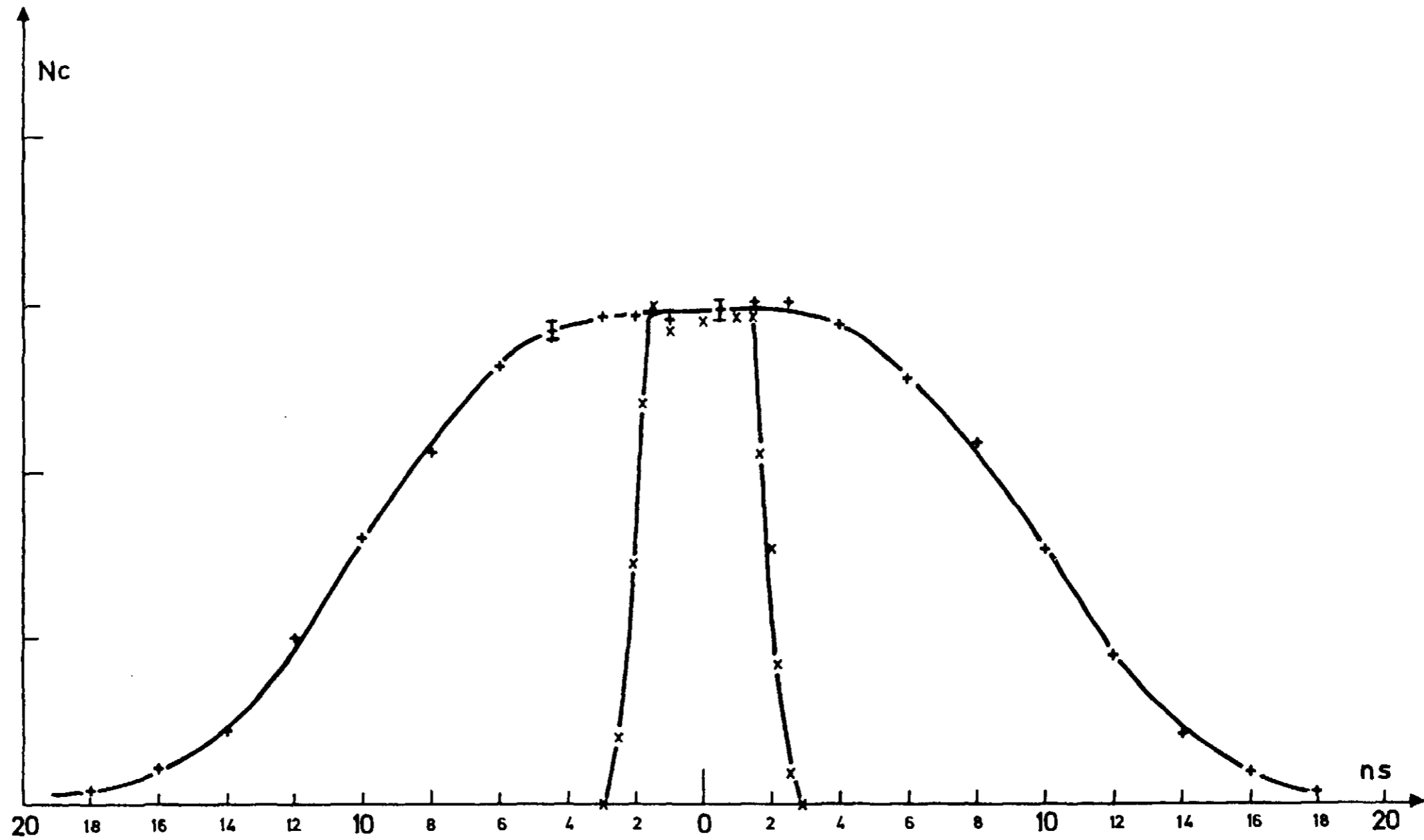


Fig.8 - Résultats expérimentaux : la courbe la plus large est la courbe de coïncidence des voies lentes. La courbe étroite est la courbe de coïncidence des voies lentes et rapides : la résolution obtenue est de 4 ns à mi-hauteur

FIN