



Z70U - Z70W - Z510M

AFFICHAGES NUMÉRIQUES (VOLTMÈTRE DIGITAL) ET CIRCUITS LOGIQUES

Les applications des thyratrons à cathode froide se développent très rapidement, tout spécialement dans le domaine de l'affichage numérique des contrôles de fabrication. Nous allons donc compléter les indications déjà données dans notre Bulletin « Informations Techniques » Ind. 5 de juillet 1958 (compteurs et circuits logiques par thyratrons à cathode froide) en décrivant quelques nouvelles applications.

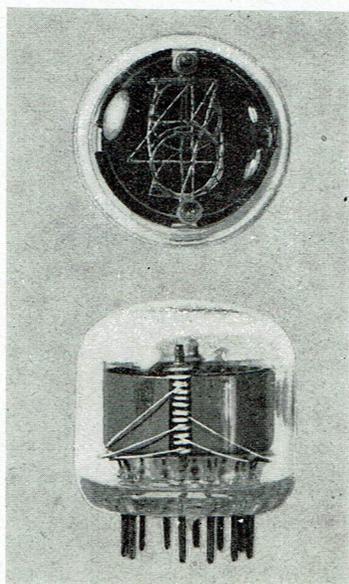
L'indication de petites tensions continues variables (quelques volts) est nécessaire pour la lecture électrique ou optique de l'état d'un compteur. Plusieurs méthodes sont applicables, mais conduisent parfois à quelques inconvénients :

- montages compliqués et longs à mettre au point,
- dépendance avec les tensions variables d'alimentation,
- durée de vie courte,
- inutilisable dans les circuits imprimés,
- difficile à lire.

Or, grâce à la stabilité de la tension d'amorçage du Z70U et à la faible dispersion de cette tension, une sensibilité de quelques volts peut être obtenue avec ce thyatron à cathode froide.

INDICATION DE PETITES TENSIONS CONTINUES VARIABLES AU MOYEN DES THYRATRONS Z 70 U

Le montage que nous allons décrire est étudié de telle sorte que les starters de tous les thyratrons conduisent durant la circulation d'un courant de starter positif, si bien que la tension d'amorçage de starter reste stable pendant toute la durée d'utilisation.



Tube indicateur décimal Z510 M à cathode froide (grandeur naturelle).

Montage et fonctionnement (fig. 1 et 2).

Dix tubes Z70U, dont les tensions d'amorçage de starter ne s'écartent pas de plus de 1 V entre elles, sont reliés à travers une résistance commune R_2 à une tension continue pulsatoire. Un seul tube peut s'amorcer et toujours, dans ce cas, le restant des tubes est bloqué à l'aide de R_2 .

La tension d'anode est appliquée au starter à travers le diviseur de tension $R_3 + R_6$ et les résistances R_3 et R_4 . La tension de starter est sensiblement en phase avec la tension de l'anode (C_2 petit).

A l'aide de Red_2 et de C_1 , une tension négative est fournie pour les cathodes de pré-ionisation et les starters; ils restent donc amorcés même en l'absence de la tension d'anode.

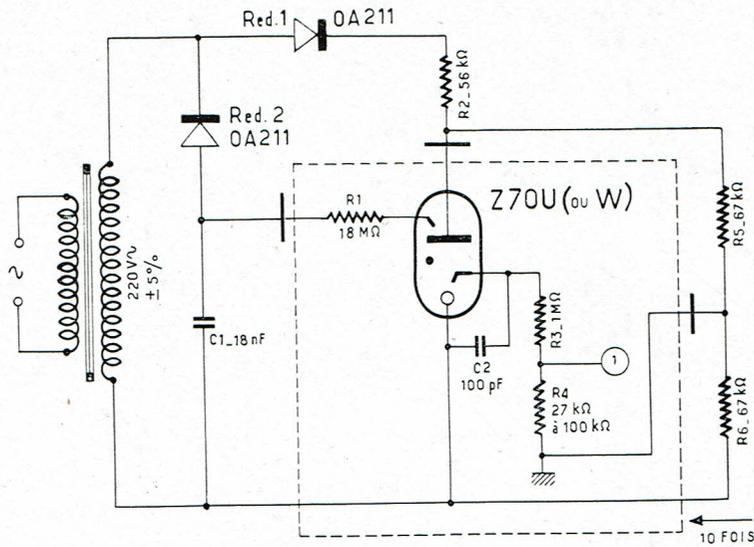


Fig. 1.

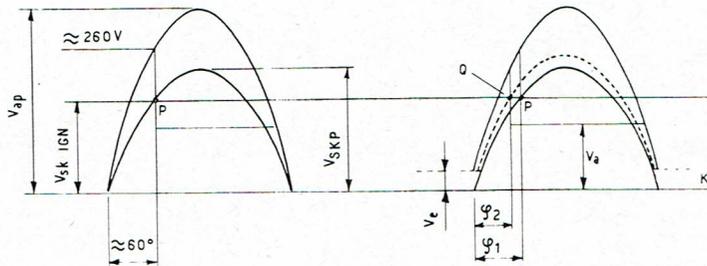


Fig. 2.

Comme il n'y a pas de tension de commande appliquée au point de liaison de R_3 et R_4 , le tube doit amorcer avec la plus faible tension d'amorçage, par exemple au point P de la figure 2. Si l'on applique à un tube une tension de commande de $+3\text{ V}$ (par exemple), sa tension de starter (par rapport aux autres tubes) est augmentée de 3 V (en pointillés sur la fig. 2) et l'on atteint donc la première valeur de $V_{sk\text{ ign}}$ et l'amorçage, d'où les tubes restants se bloquent de nouveau, etc.

Les starters des tubes bloqués s'amorcent alors et cela dans le sens positif (normal) d'où, la tension d'amorçage reste très stable pendant toute la durée de vie. Un courant négatif de starter ne peut pas se produire.

Le montage fonctionne indépendamment des variations de la tension du secteur. Des variations de $\pm 10\%$ n'ont pas d'effet notable sur la sensibilité.

A $V_a = 220\text{ V}_{\text{eff}}$, on a $i_a\text{ tot} = 0,5\text{ mA}$ $i_{ap} \approx 3,5\text{ mA}$.

La cathode est donc complètement recouverte et la lisibilité est bonne.

Résultats

Dix tubes sont disposés sur un circuit imprimé et, de temps à autre, on mesure la sensibilité minimale de chaque tube. Les mesures ont montré que la sensibilité reste pratiquement constante. Cela confirme les essais de durée des tubes Z 70 U en continu pulsé qui ont montré que la tension d'amorçage varie de moins de $0,5\text{ V}$ au cours de $1\,600$ heures d'allumage.

INDICATION AUTOMATIQUE DE TENSIONS CONTINUES VARIABLES SUR LES COMPTEURS A TRANSISTORS

Dans le comptage ou dans la commutation industrielle de circuits électriques, les transistors sont employés maintenant très fréquemment. Toutefois, les dispositifs ainsi équipés ne donnent pas directement un affichage de l'état des circuits et il faut utiliser des circuits indicateurs de tension séparés pour mettre en évidence la conduction électrique des transistors. Pour construire ces montages, il est possible d'utiliser les thyatronns Z 70 U ou Z 70 W. Ils conviennent à l'indication directe de basses et de très basses

tensions. En effet, à l'aide de montages relativement simples, l'amorçage du starter de ces thyatronns est assuré par une variation de tension inférieure à 1 V, et cela pendant toute la durée d'emploi des thyatronns.

Afin d'obtenir cette précision de commande avec le montage de la figure 1, il faut trier les tubes Z 70 U ou Z 70 W utilisés. Leurs tensions d'amorçage doivent être voisines et comparables, par exemple comprises entre 142 V et 143 V pour les dix tubes choisis. Si l'on peut admettre une plus

grande variation de tension, on peut évidemment choisir des tubes présentant des tensions d'amorçage moins bien centrées. Si l'on veut commander le starter par une tension de quelques volts, il n'est pas nécessaire de trier les tubes. Si l'on ne dispose pas d'un secteur alternatif pour faire fonctionner les circuits indicateurs, la tension efficace nécessaire (220 V) peut être obtenue à l'aide d'un convertisseur à transistors alimenté à partir de la basse tension d'alimentation du compteur.

AFFICHAGE NUMÉRIQUE

COMMANDE DE TUBE INDICATEUR NUMÉRIQUE (Z 510 M)

La disposition des montages de la figure 3 peut encore être appliquée à l'affichage numérique des contrôles et des résultats au moyen d'un tube indicateur numérique Z 510 M. Les thyatronns à cathode froide (fig. 4) sont commandés par les starters comme dans les figures précédentes et pour

faciliter l'ionisation des électrodes du tube Z 510 M des résistances R de 1,5 MΩ sont reliées à la haute tension alternative (260 V). A l'amorçage du tube Z 70 U ou Z 70 W, l'électrode correspondante du tube Z 510 M (chiffre) apparaît sur l'ampoule et traduit directement ou indirectement en chiffres les mesures automatiques, effectuées à une cadence très rapide.

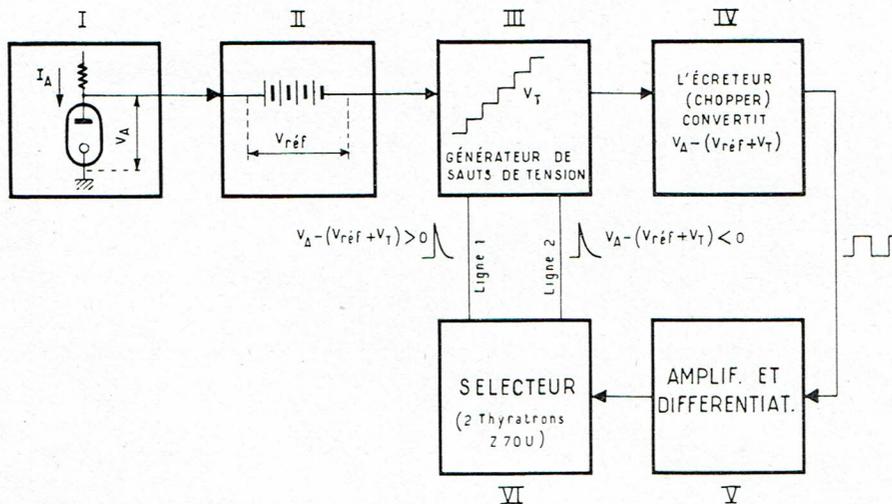


Fig. 3.

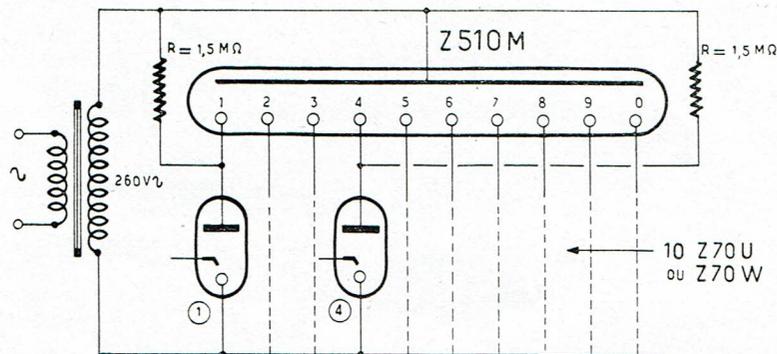


Fig. 4.

VOLTMÈTRE AVEC AFFICHAGE NUMÉRIQUE

La figure 3 indique le schéma par blocs d'un appareil assurant la mesure d'une tension. Dans l'appareil actuel, on évalue la tension d'amorçage des starters des thyratrons à cathode froide, mais il est possible d'étendre le principe à toute mesure de tension. La tension, convenablement divisée si cela est nécessaire, est appliquée au starter de l'un des thyratrons.

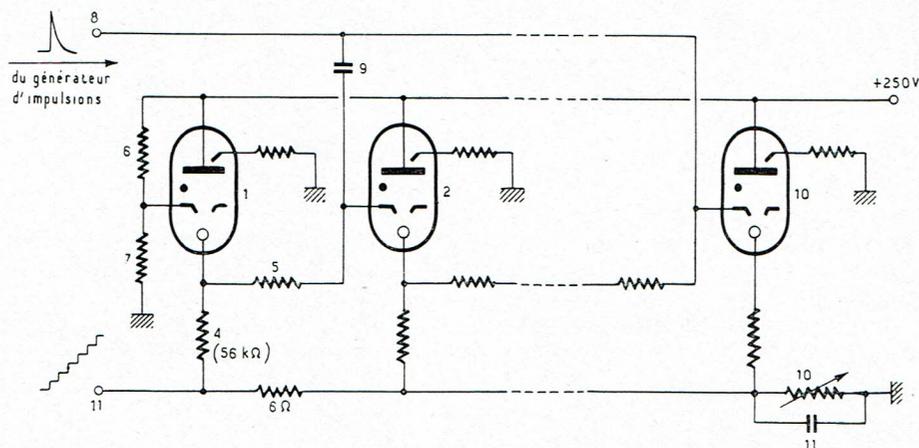


Fig. 5.

Dans l'appareil de la figure 3, le saut de tension utilisé est produit sur une résistance commune de cathode dans un *compteur en anneau*. Ici, le compteur ne sert pas réellement à compter et le tube conducteur n'éteint pas celui qui est placé en queue. Le saut de tension produit est superposé à une tension fixe de référence et l'ensemble des tensions est appliqué au starter du thyatron à essayer (fig. 5). Lorsque le starter s'amorce, il en est de même de l'anode et la chute de tension dans le circuit d'anode est utilisée comme signal de réaction pour arrêter le générateur d'impulsions qui commande le générateur de sauts de tension.

Le dernier thyatron parmi ceux qui sont amorcés sur ce dernier générateur *montre* immédiatement la valeur de la tension d'amorçage du starter essayé. Cette « présentation à lecture directe » donne à cette disposition d'importants avantages, mais elle en comporte d'autres :

pas de cadran à lire, essai rapide exigeant seulement une fraction de seconde, fonctionnement très simple (on presse le bouton et on lit la tension), les résultats apparaissent bien reproductibles en raison de la stabilité de tension des tubes Z 70 U ou Z 70 W, alimentés par une tension stabilisée.

Pour constituer un voltmètre à affichage numérique (voltmètre digital) en partant de ce principe, on utilise une tension en dents de scie très linéaire et un générateur à fréquence constante qui applique ses signaux à un compteur électronique. La mesure de tension est ainsi convertie en une mesure de temps.

GÉNÉRATEUR DE SAUTS DE TENSION

Dans le générateur de sauts de tension (fig. 5) les tubes 1, 2, etc. sont amorcés à la suite l'un de l'autre. En raison de l'absence d'un condensateur de cathode, les tubes ne sont pas éteints par la suite. Les résistances de cathode 4 servent seulement pour la fourniture d'une tension de polarisation

positive correcte aux starters des tubes suivants, à travers les résistances 5 qui limitent le courant anodique de chaque thyatron à 2,2 mA.

Un thyatron reçoit sur son starter une tension de polarisation fixe à travers le diviseur de tension 6 + 7. Si l'on applique une impulsion sur la ligne 8, ce tube va s'amorcer le premier, puis ce sera le tour du n° 2, et ainsi de suite.

La résistance commune de cathode (10) doit être de 400 Ω environ pour obtenir des échelons de tension de 1 V ($i_a \approx$

2,2 mA). Le condensateur de filtrage (11) sert à adoucir les bords raides du saut de tension. Cette pièce est absolument indispensable pour le fonctionnement correct du montage. A la tension de saut, on ajoute une tension continue (12) de référence (par tube stabilisateur 85 A2), puis l'on applique cette tension composée au starter du tube à essayer. Lorsque ce thyatron est amorcé, une impulsion négative se trouve appliquée à la cathode d'un autre thyatron relié en parallèle sur le générateur d'impulsions et il diminue la tension d'alimentation à une valeur si faible que l'oscillation cesse.

Le nombre des tubes amorcés est une mesure de la tension d'amorçage du thyatron essayé qui peut être lue à partir du dernier tube de la rangée allumée.

On peut compléter ce dispositif par des organes de lecture électrique (voir plus loin); on peut aussi le coupler à un perforateur de cartes de contrôle, etc. Le fonctionnement prolongé de ce générateur d'impulsions a donné des résultats très satisfaisants.

Mesure de tensions à variation continue

La mesure précédente (de la tension d'amorçage, par exemple) s'applique à une tension discontinue. Si la tension varie continuellement, comme le fait la tension d'arc d'un thyatron avec le courant cathodique, on peut encore utiliser une partie du matériel indiqué à la figure 3, en particulier le générateur de sauts. On modifie l'appareil pour qu'il puisse fonctionner dans les deux sens (fig. 6). La tension d'arc V_A (ou toute autre tension) à mesurer pour un courant cathodique I_k est comparée à la somme de la tension de référence V_{ref} (appareil II de la fig. 3) et de la tension de saut commandée V_I (appareil III de la fig. 3). La différence :

$$(V_A - (V_{ref} + V_I))$$

est convertie en un signal carré, à l'aide d'une diode interruptrice (chopper = appareil IV de la fig. 3). La fréquence

du signal commutant est de 50 Hz; il est prélevé à partir de la tension du secteur alternatif. Les impulsions carrées sont d'abord appliquées à un amplificateur normal à résistances et condensateurs à deux étages (appareil V de la fig. 3), puis elles sont différenciées et appliquées à un sélecteur (appareil VI de la fig. 3). Le sélecteur comporte une paire de tubes Z 70 U dans un montage à auto-extinction.

Chaque starter reçoit les tensions suivantes :

- a) une polarisation positive de 40 V, environ;
- b) une tension sinusoïdale (en opposition de phase sur les deux tubes) d'une amplitude de 70 V, prise sur la tension du secteur couplée, déphasée de 90° avec le signal du chopper commutant;
- c) les impulsions de l'amplificateur d'une amplitude de 50 V, environ, lorsque :

$$(V_A - (V_{ref} + V_T)) > 0,9 \text{ V.}$$

Si ces tensions agissent selon la même polarité (positive), l'un des tubes Z 70 U est amorcé, selon le signe de la différence ci-dessus. Cette action sélective est obtenue à l'aide du déphasage déjà mentionné. La commande de la tension de saut dans les sens positif et négatif est ainsi obtenue (fig. 6).

Nous avons deux systèmes électriques égaux comprenant les tubes 1, 2, 3, ... 10 et 1', 2', 3', ... 10'. Les amorçages se font de gauche à droite sur 1-10 et, sur la résistance 13, des sauts de tension de $10 \times 1 \text{ V}$ peuvent apparaître.

Nous supposons les tubes 1-10 allumés par une série d'impulsions du sélecteur (ligne 1 de la fig. 3) et c'est le cas lorsque le thyatron à essayer n'est pas encore allumé. A ce moment, la tension d'alimentation (250 V, par exemple) est encore appliquée à l'anode.

$$(\frac{1}{2} V_A - (V_{ref} + V_T)) > 0 \text{ V.}$$

Mais, lorsque le thyatron en question est amorcé, sa tension d'anode V_A diminue et tombe à 115 V (environ) lorsque la tension V_{ref} est de 110 V. D'où, d'après la formule :

$$(V_A - (V_{ref} + V_T)) = 115 - (110 + 10) = -5 \text{ V}$$

(tension < 0).

Cette dernière expression signifie que le sélecteur fournit des impulsions de sortie à la ligne 2 (de la fig. 3) ce qui oblige le tube 10' (voir la fig. 6) à s'allumer d'abord, car il reçoit une polarisation positive sur son starter à travers le diviseur de tension 17 + 18. L'impulsion positive à la cathode du thyatron 10' est appliquée à la cathode du thyatron 10 à travers un condensateur 11. Elle éteint le tube 10, d'où la tension V_T est diminuée d'un volt.

A l'impulsion positive suivante, 9' est allumé et 9 éteint, etc. jusqu'à l'instant où :

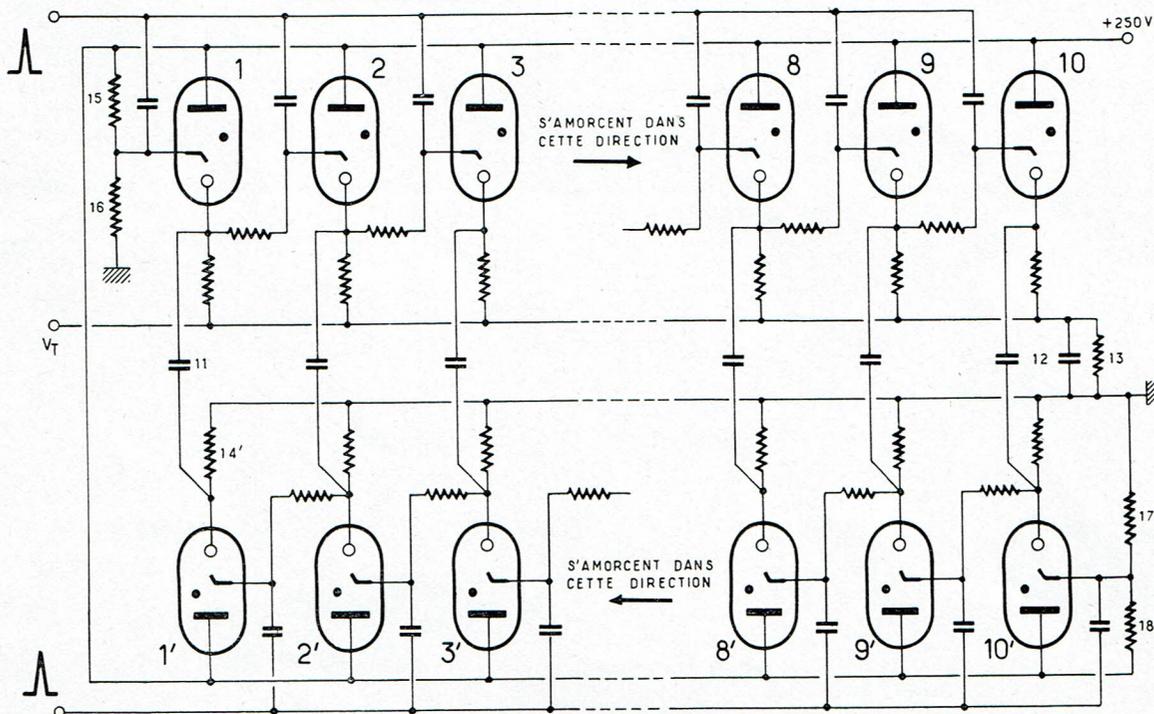
$$(V_A - (V_{ref} + V_T)) < 0,9 \text{ V.}$$

A ce moment, le système s'arrête.

Si V_A varie dans le sens positif, des impulsions apparaissent immédiatement sur la ligne 1 (de la fig. 3). Les variations de V_A sont suivies très rapidement et le nombre de variations possibles par seconde dépend, principalement, de la fréquence de commutation du chopper et de la fréquence maximale du générateur de sauts de tension. Le dernier tube de la rangée des tubes allumés du système 1-10 donne la valeur de V_A . Il est possible de modifier le système pour mesurer des variations de tension de 0,1 V, en utilisant des diodes au silicium comme interrupteur (chopper), car elles ont une forte résistance inverse. Cette méthode de mesure permet de construire des voltmètres à affichage numérique (dits parfois voltmètres digitaux) c'est-à-dire des appareils de contrôle d'une lecture très facile.

ACCROISSEMENT DE V_T
VENANT DU SÉLECTEUR

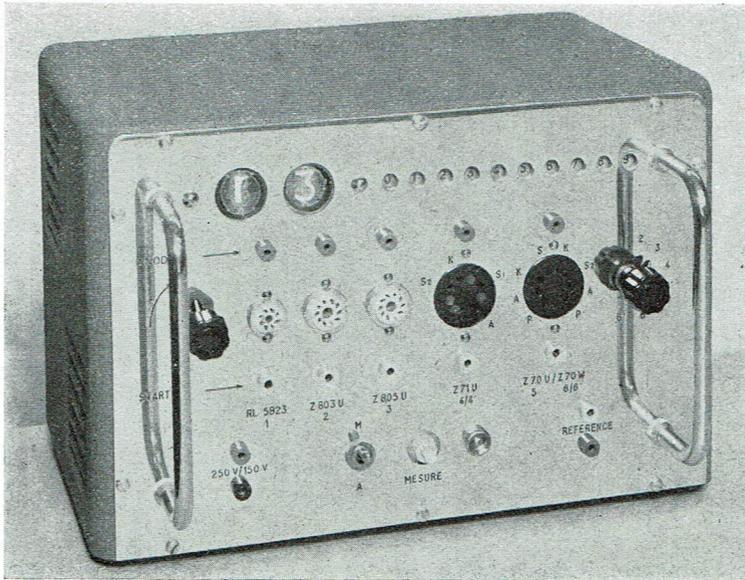
LIGNE 1 DE LA FIG. 3



DIMINUTION DE V_T
VENANT DU SÉLECTEUR

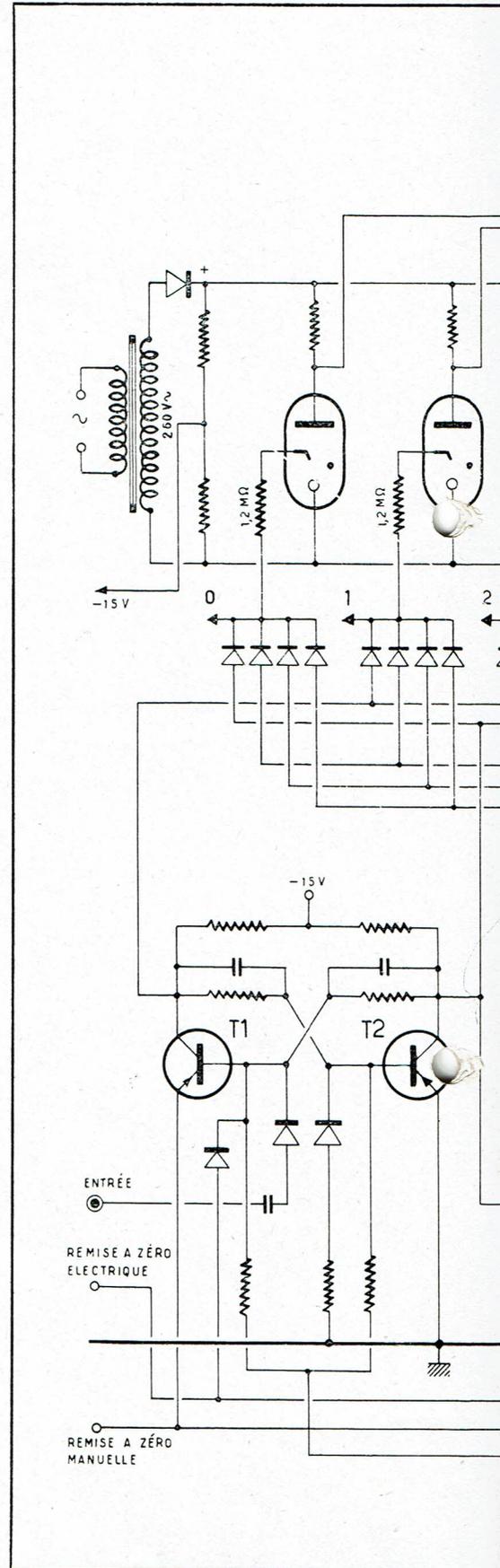
LIGNE 2 DE LA FIG. 3

Fig. 6.



Voltmètre à affichage numérique.

Figure 7. — Lorsque la tension de saut devient égale à la tension mesurée, la bascule (en bas de la figure) bloque le générateur de sauts. On lit la valeur de la tension et l'on remet le compteur à zéro si l'on veut procéder à une nouvelle lecture de tension. La variation de la tension doit être plus lente que la fréquence de comptage. On peut disposer d'une remise à zéro automatique. Pour les autres explications sur cet appareil, voir la page 8.



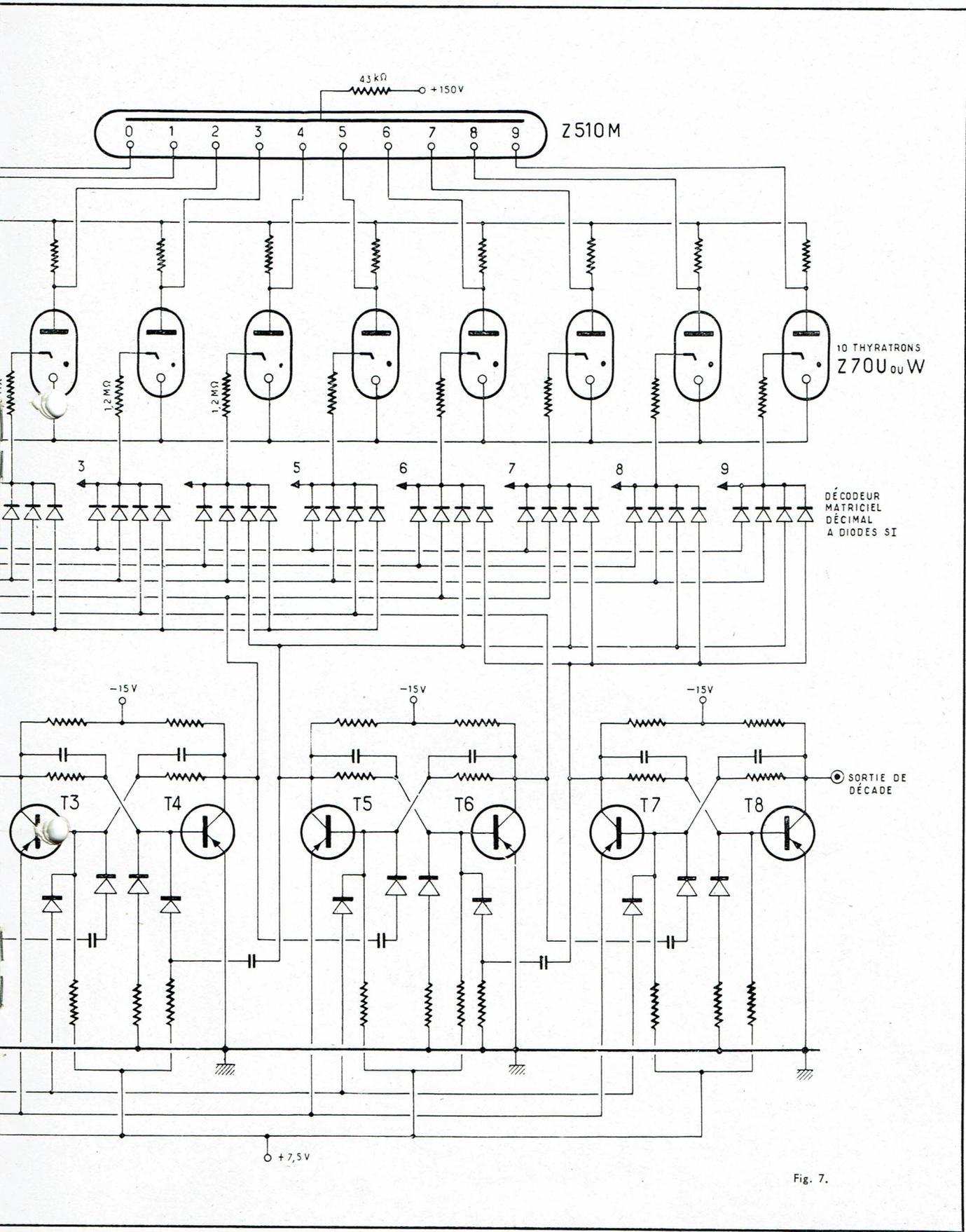


Fig. 7.

CONSTRUCTION D'UN VOLTMÈTRE A AFFICHAGE NUMÉRIQUE (DIT VOLTMÈTRE DIGITAL)

Selon les principes déjà indiqués, lorsque la tension de saut devient égale à la tension mesurée, la bascule bloque le générateur de sauts (fig. 7). On lit la valeur de la tension et l'on remet à zéro le compteur si l'on veut procéder à une nouvelle lecture. Les tensions doivent être lentement variables par rapport à la fréquence de comptage. La remise

INDICATION NUMÉRIQUE ISOLÉE DU CIRCUIT LOGIQUE

Commande par cellules photorésistantes

Le compteur en anneau avec thyratrons Z 70 U (ou Z 70 W) décrit dans notre Information précédente peut commander le tube indicateur numérique Z 510 M, avec isolement des circuits, les luminescences des thyratrons étant appliquées à travers des conduits de lumière à des cellules photorésistantes au sulfure de cadmium qui actionnent les électrodes du tube indicateur numérique (fig. 8).

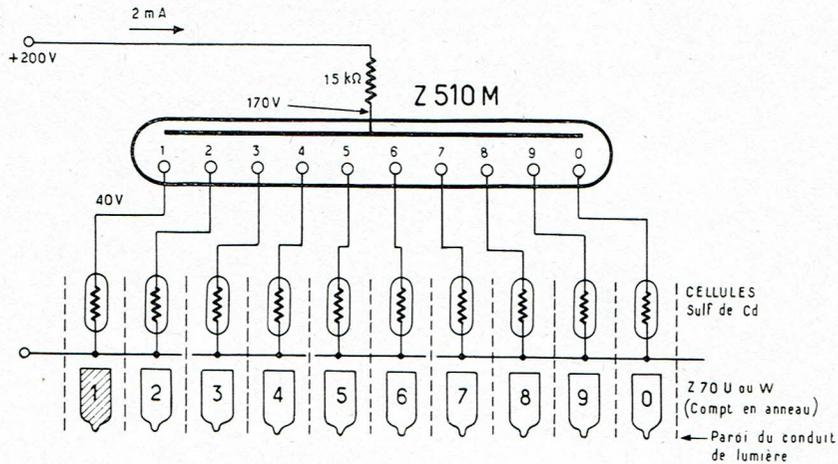


Fig. 8.

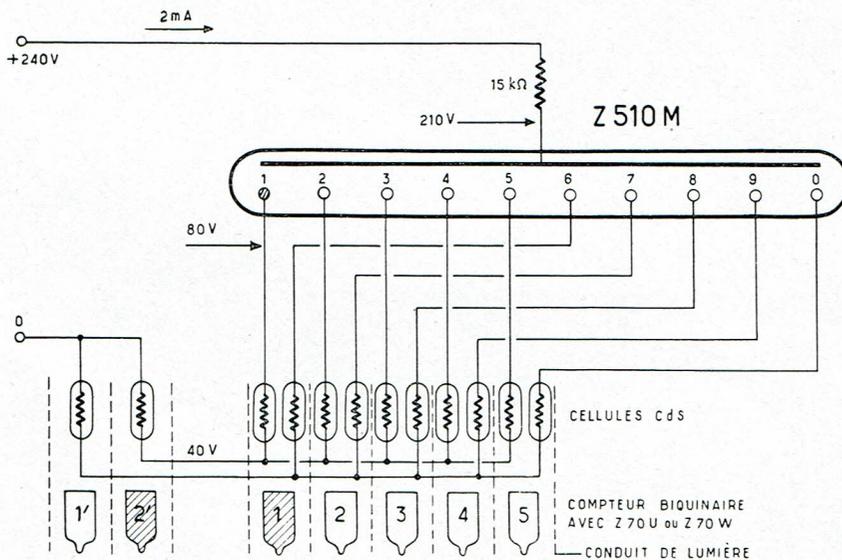


Fig. 9.

à zéro peut être automatique si le taux de variation reste dans des limites précises. Si la commande de starter se fait avec une tension inférieure à 1 V, il faut trier les thyratrons Z 70 U, mais une commande par 4 V ne nécessite aucune triage des thyratrons; c'est une telle commande qui est décrite par la figure 7. L'alimentation des thyratrons à cathode froide peut être assurée par un convertisseur à transistors.

L'indicateur numérique a un courant moyen nominal de 2 mA, une tension d'arc de 130 V environ et une tension d'amorçage inférieure ou égale à 160 V. La cellule photorésistante présente une résistance interne de 20 kΩ environ sous éclairage et une résistance de 2 MΩ environ en l'absence de la lueur du thyatron.

La figure 9 représente le même dispositif de lecture isolée mais adapté au compteur biquinnaire (tubes Z 70 U ou Z 70 W).

Z 70 W

THYRATRON A CATHODE FROIDE A DEUX STARTERS

Le thyatron subminiature à cathode froide Z 70 W, à deux starters à tension positive, est destiné plus spécialement aux montages à courants continus.

Le fonctionnement du tube ne dépend pas des conditions

de l'éclairage ambiant. A l'amorçage, ce tube émet une luminescence rouge.

Afin d'obtenir un temps de retard d'amorçage assez court, le tube est muni d'une cathode de pré-ionisation.

CARACTÉRISTIQUES NORMALES ET DONNÉES D'EMPLOI

(Tensions et courants continus - Cathode de pré-ionisation amorcée - Valeurs applicables également au cours de la durée d'emploi du tube.)

Tension d'amorçage entre un starter et la cathode (à $V_a = 250$ V continus).....	$V_{sk} =$	137 - 153 V
Coefficient de température max de la tension V_{sk}	$n_T =$	- 25 mV/°C
Courant continu max de starter pour l'amorçage de l'anode à $V_a = 250$ V continus. (Courant de transfert, fig. 2 A).....	$I_{st} =$	100 μ A
Tension d'arc entre un starter et la cathode	$V_{arc} =$	voir la fig. 3
Tension d'arc entre anode et cathode ($I_a = 3$ mA, voir la fig. 4 A).....	$V_{ak} =$	111 - 121 V
Tension d'amorçage entre anode et cathode, starter relié à la cathode (fig. 5 A).....		360 V
	min	325 V
Tension d'amorçage max entre anode et cathode de pré-ionisation		200 V
Tension d'arc entre anode et cathode de pré-ionisation à un courant de pré-ionisation de 3 μ A ..		155 V
Gamme du courant continu de cathode (valeurs recommandées)		2 - 4 mA
Gamme du courant de cathode de pré-ionisation (valeurs recommandées)		1 - 10 μ A
Résistance du circuit de cathode de pré-ionisation (valeur recommandée)		18 M Ω

CARACTÉRISTIQUES DYNAMIQUES NORMALES

Tension d'amorçage max V_{sk} avec une impulsion de 20 μ s (montage de la fig. 6 A).....	$V_{sk} \text{ max} =$	175 V
Somme de la tension d'impulsion et de la tension de polarisation (montage de la fig. 6 A).....		200 V (2)
Temps de retard d'anode (montage de la fig. 7 A).....		5 μ s
Fréquence max en comptage (montage de la fig. 7 A). Dépend des tolérances sur les pièces et de la stabilité de la tension d'alimentation		2 - 5 kHz

Valeurs courantes pour montages générateurs d'impulsions auto-extincteurs :

R =	1,8	1,2	0,7	M Ω
C =	300	600	2 000	pF

Impulsion négative max de starter

Tension d'alimentation 300 V	30	V
Tension d'alimentation 200 V	50	V

Note : La différence entre les tensions d'amorçage statique et dynamique (starter et cathode) dépend de la forme de l'impulsion et des valeurs des éléments du montage (voir les fig. 6 A et 7 A).

(1) La dérive de la tension d'amorçage dans les applications courantes est, en général, inférieure à 3 V. Lorsque le tube reste amorcé durant de longues périodes, il peut se produire, occasionnellement, une plus forte dérive de la tension d'amorçage au moment où recommence à circuler un courant négatif de starter. Il est donc conseillé d'étudier le montage, dans une telle application, pour une tension d'amorçage de 160 V.

(2) Si l'on applique des impulsions carrées au starter, il convient d'observer la queue d'impulsion aux fortes amplitudes. Si le tube est utilisé selon le montage recommandé de la figure 6 A avec des impulsions d'une amplitude de 100 V, une queue d'impulsion définie par une constante de temps minimale de 50 μ s doit être employée. Dans les cas spéciaux, il est conseillé de consulter le fabricant.

VALEURS A NE PAS DÉPASSER

(limites absolues).

Tension max d'alimentation de l'anode	310	V
(Avec pré-ionisation amorcée)	min 200	V
Courant cathodique max ($T_{int} < 1$ s)	4	mA
Courant cathodique max (valeur de crête)	16	mA (3)
Courant négatif max de starter :		
Tube amorcé	150	μ A
Tube éteint	0	μ A
Température ambiante max	70	$^{\circ}$ C
Résistance max en série avec le starter	20	$M\Omega$

(3) Des courants de crête d'amplitude plus élevée sont admissibles dans les montages générateurs d'impulsions.

Montage :

1 - Les résistances (ou les condensateurs) des circuits de starter et de cathode de pré-ionisation doivent être montées près du tube (voir aussi le paragraphe 3).

2 - Lorsqu'on soude le tube dans le montage, ne pas plier les connexions à angle droit près de l'ampoule. Le chauffage excessif par conduction thermique le long des

fil du scellement métal-verre doit être évité. En aucun cas, il ne faut souder les fils à moins de 5 mm des scellements.

3 - Le tube répond au déclenchement involontaire par le contact d'éléments conducteurs sur l'ampoule. Les éléments (pièces, connexions imprimées, etc.) doivent donc rester à une distance minimale de 2 mm de l'ampoule.

DISPOSITION DES ÉLECTRODES ET ENCOMBREMENT

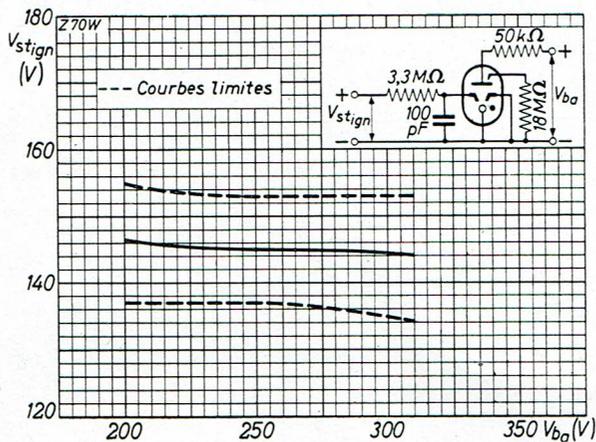
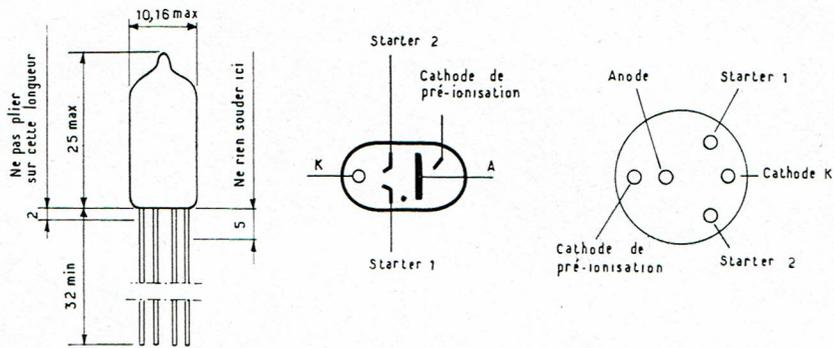


Fig. 1 A.

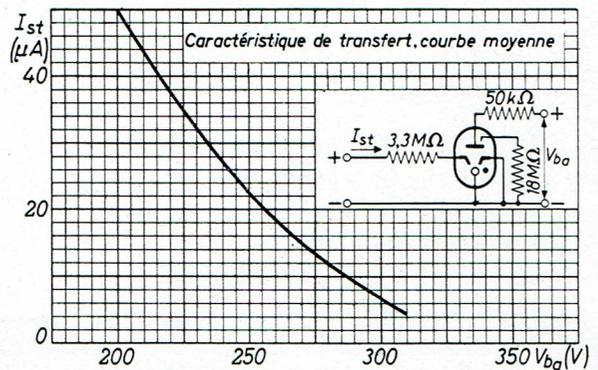


Fig. 2 A.

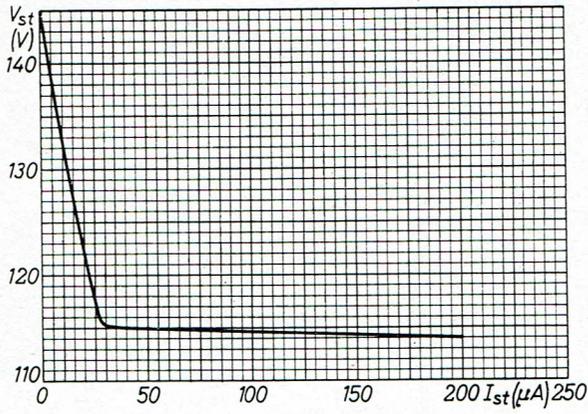


Fig. 3 A.

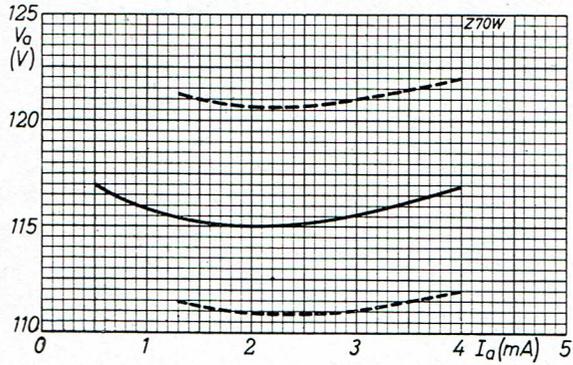


Fig. 4 A.

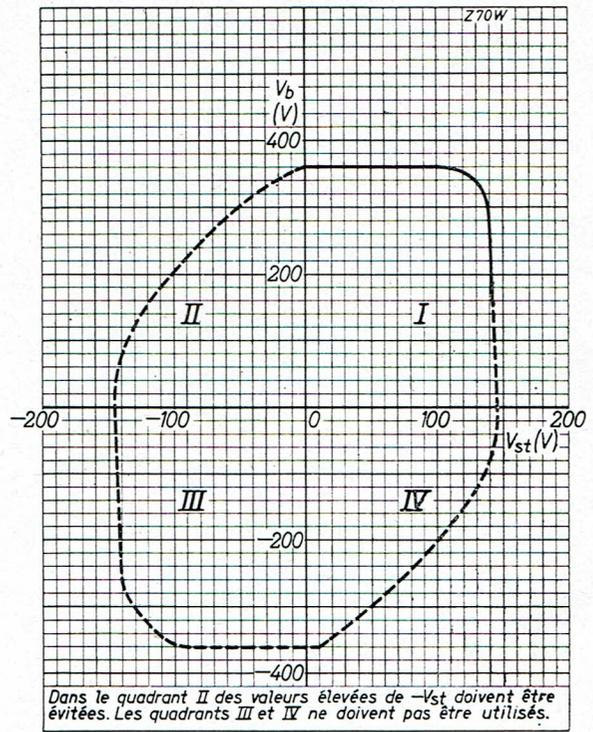


Fig. 5 A.

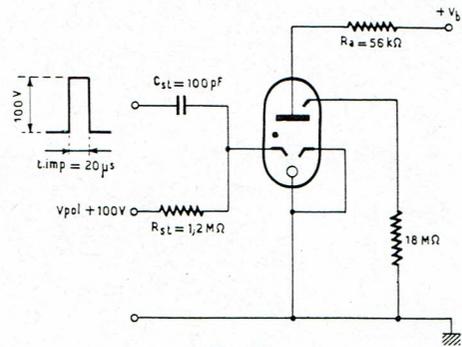


Fig. 6 A.

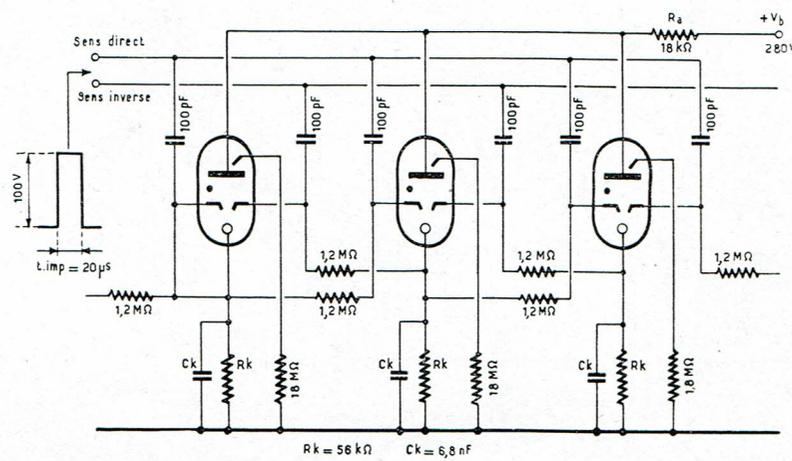


Fig. 7 A.

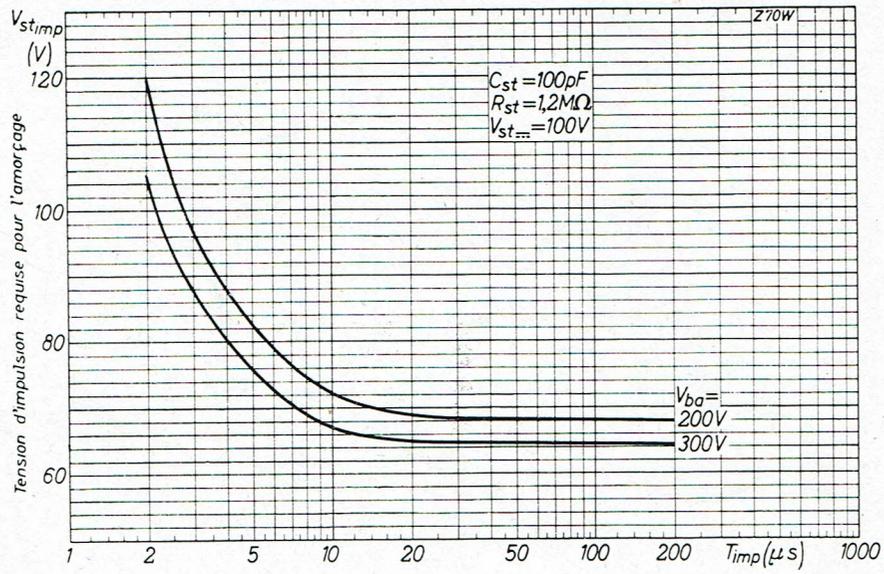


Fig. 8 A.

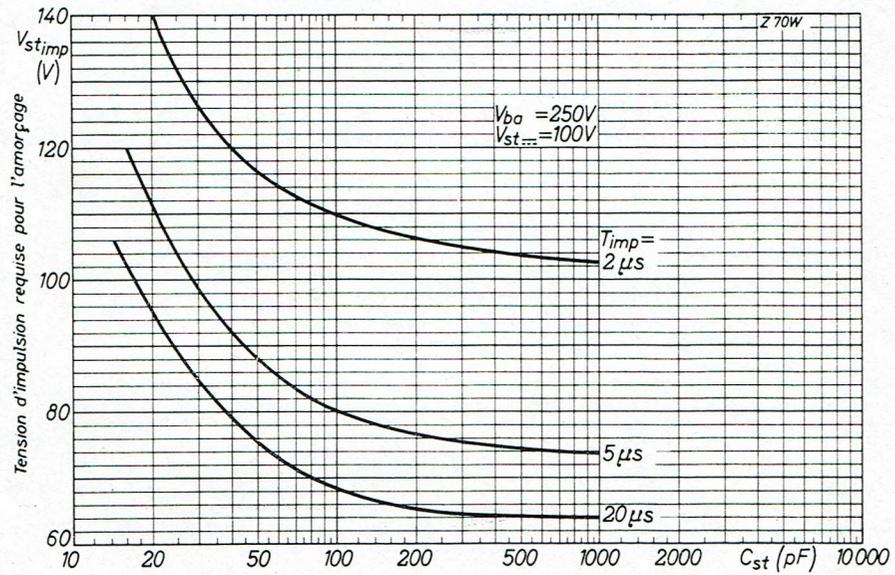


Fig. 9 A.



“INFORMATIONS ÉLECTRONIQUES”