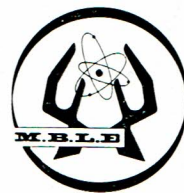


Informations

électroniques



41

BULLETIN TECHNIQUE ÉDITÉ PAR LE DÉPARTEMENT DE DOCUMENTATION "ÉLECTRONIQUE" DE LA MANUFACTURE BELGE DE LAMPES ET DE MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE S. A.

1962

THYRATRONS A CATHODE FROIDE Z 70 U ET LEURS APPLICATIONS AUX CIRCUITS DE MESURE

Le présent Bulletin est consacré à une méthode de mesure simple, dont le principe n'est pas très connu, mais qui présente de nombreux avantages : elle est basée sur la comparaison de plusieurs constantes de temps.

DÉTECTEUR UNIVERSEL PAR VARIATION DE CONSTANCE DE TEMPS

Ce montage (fig. 1) présente l'avantage d'avoir un fonctionnement indépendant des variations de tension d'alimentation. Il peut, dans la plupart des cas, être alimenté directement sur le réseau alternatif (110 ou 220 V) quelle que soit la fréquence (25, 50, 60, 400 Hz), et il permet de détecter des variations inférieures à 1 % d'une constante de temps électrique quelconque.

Son fonctionnement est indépendant de toute variation d'éclairage ambiant grâce à l'emploi des tubes Z 70 U à cathode de métal pur (molybdène). Il est également indépendant des variations de température ambiante si la dérive des composants résistifs et capacitifs est bien cohérente pour tous les éléments

A) PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT (figures 1, 2 a, 2 b)

L'ensemble du montage est alimenté par une tension sinusoïdale redressée monoalternance (ou bialternance).

A chaque demi-alternance, les condensateurs C et C_0 se chargent, et la tension à leurs bornes atteint la valeur de la

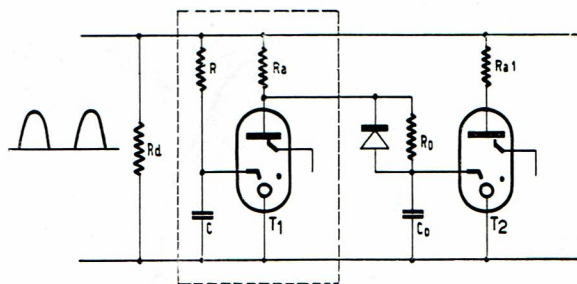


Fig. 1.

tension d'amorçage V_{am} au bout d'un temps t_0 , ou $t_0 + \Delta t$ si les constantes de temps diffèrent par $\Delta\tau$. L'instant d'amorçage de chacun des tubes dépend donc de la valeur de la constante de temps du circuit de « starter ».

Supposons $R_0, C_0 < RC$, le tube T_2 s'amorce à l'instant t_0 , le tube T_1 s'amorce à l'instant $t_0 + \Delta t$. Supposons maintenant que $R_0, C_0 > RC$, le tube T_1 s'amorce, mais le tube T_2 ne peut s'amorcer puisque le circuit R_0, C_0 est maintenant alimenté par une tension égale à la tension d'entretien du tube T_1 .

Par conséquent, suivant la valeur relative des constantes de temps du circuit, on obtient l'amorçage ou le non-amorçage du tube T_2 .

La valeur-limite de l'intervalle de temps Δt est donnée par le temps d'ionisation du tube soit $15 \mu s$, et l'on peut, en toute sécurité, s'imposer une valeur limite de $20 \mu s$ entre les constantes de temps.

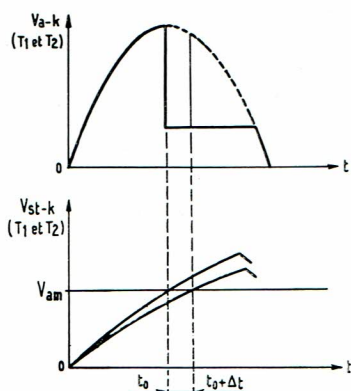


Fig. 2 a.

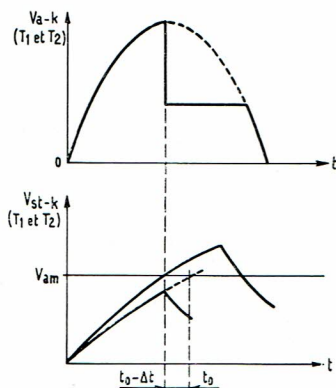


Fig. 2 b.

Supposons que R_0, C_0 soit égal à 2 millisecondes et conserve sa valeur, et que RC soit variable : on pourra détecter une variation de RC de $20 \mu s$, autour de la valeur nominale (2 ms), soit 1 % de $i = RC$.

Sous cette forme le circuit peut être relié à un capteur capacitif qui forme C , ou résistif qui constitue R .

$$\text{Comme } \frac{dZ}{Z} = \frac{dR}{R} = \frac{dC}{C}$$

on pourra détecter une variation de 1 % de la valeur nominale de la constante électrique du capteur.

— Stabilité vis-à-vis de la tension d'alimentation

Si l'on calcule Δt en fonction de V , amplitude de la tension d'alimentation, on voit qu'au cas où $R_0, C_0 \leq 2 \text{ ms}$, Δt ne varie que de quelques unités pour cent, lorsque l'amplitude V varie entre les limites suivantes :

$$160 \sqrt{2} < V < 230 \sqrt{2}$$

Par conséquent, ceci entraîne un déplacement du point de détection très faible pour des variations de V supérieures à $\pm 15 \%$.

— Stabilité vis-à-vis de la température

Toute dérive de la valeur de R, R_0, C ou C_0 en fonction de la température, n'entraîne aucune erreur. En effet, le circuit se comporte comme un système différentiel vis-à-vis de toute variation simultanée de R et R_0 ou C et C_0 .

B) ÉTUDE DU CIRCUIT DÉTECTEUR

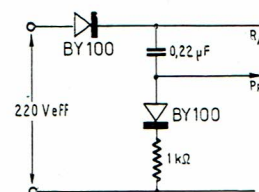


Fig. 3 a.

L'alimentation de l'appareil à partir d'un réseau à $220 V_{eff}$ se fait simplement à travers une diode (voir la figure 3 a). A partir d'un réseau à $110 V_{eff}$, il faut obtenir une tension pulsée dont la crête se situe vers 230 V, ce que l'on réalise avec le montage de la figure 3 b.

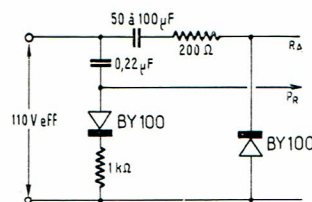


Fig. 3 b.

Dans les deux cas, un circuit de redressement auxiliaire alimente la cathode de préionisation. En effet, pour maintenir cette préionisation, il faut une tension continue entre l'anode et cette cathode de préionisation.

Il faut prévoir un circuit de décharge du condensateur C_0 , d'où l'emploi de la résistance R_0 et de la diode mise en parallèle sur R_0 . Il faut en effet que la décharge de C_0 soit la même, quel que soit l'état du tube T_2 après chaque demi-alternance (voir la figure 1).

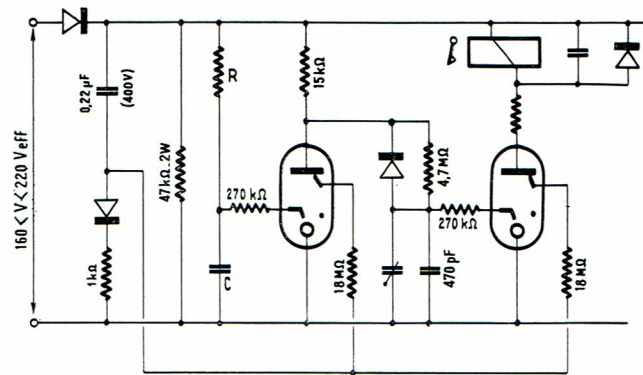


Fig. 4.

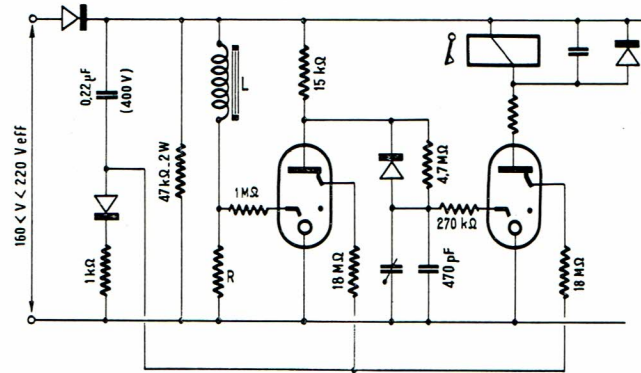


Fig. 5.

Capteur d'information

Le circuit intégrateur du tube T_1 peut être réalisé à l'aide d'une résistance et d'un condensateur ou à l'aide d'une inductance et d'une résistance (voir les figures 4 et 5). Le système permet donc d'employer tous les types de capteurs : thermis-

le représente le circuit de la figure 6. Le fonctionnement du système reste le même et demeure indépendant des variations de la tension de polarisation dans la mesure où ces variations restent de l'ordre de $\pm 10\%$.

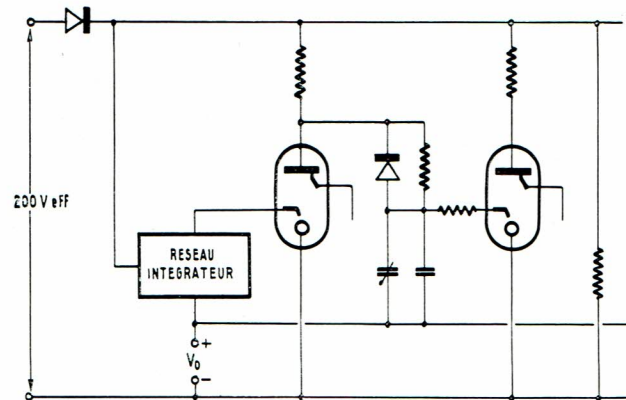


Fig. 6.

tances, photorésistances, capteurs de déplacements capacitifs, inductifs ou résistifs.

On peut employer des capteurs à basse impédance en superposant une polarisation fixe continue d'environ 100 V, comme

Ce système permet, en effet, d'avoir une tension de quelques dizaines de volts seulement aux bornes d'un capteur capacitif (intégrateur RC) ou d'un capteur résistif (intégrateur LR). (Voir aussi : Détecteur de variation de phase pour l'emploi de capteurs à basse impédance).

MONTAGES PARTICULIERS

Sortie de l'information

Un relais électromagnétique (puissance de commande 150 mW) peut être placé dans le circuit anodique du tube Z 70 U. Le courant disponible dans ce circuit est de 5 mA (valeur moyenne maximale). On peut cependant réaliser ce circuit d'anode de façon à bénéficier du courant de crête maximal (15 mA) pour « appeler » la palette du relais.

On peut tirer parti de la lumière émise par le tube lorsqu'il est amorcé, en plaçant une cellule photorésistante en regard

On peut envisager de prélever le train d'impulsions apparaissant aux bornes de la résistance de charge d'anode ou de cathode (impulsions positives ou négatives après dérivation, figures 8 et 9). Ces impulsions peuvent être employées pour commander des thyristors plus puissants (Z 803 U, Z 804 U, Z 805 U).

— Détecteur en bascule (figure 10)

Le circuit présente deux états stables : T₁ ou T₂ allumé.

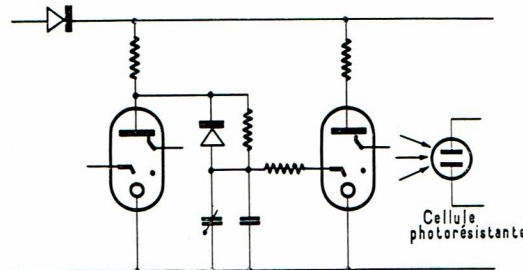


Fig. 7.

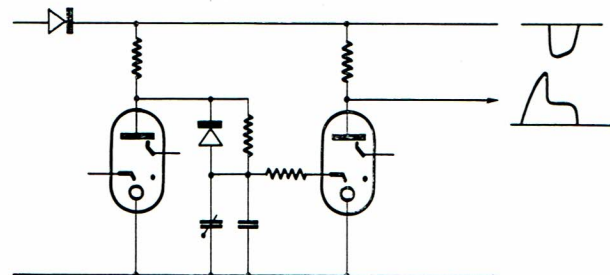


Fig. 8.

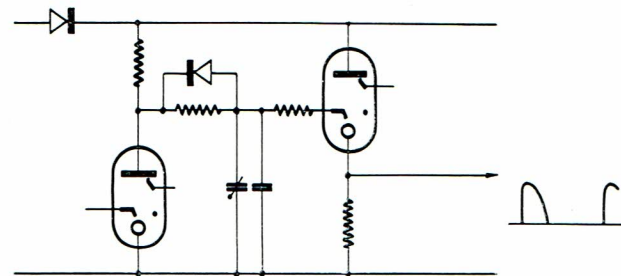


Fig. 9.

du fond du tube (figure 7). Cette cellule peut être une photo-résistance au CdS (type ORP 60, ORP 61, LDR 03, cellules dont les dimensions conviennent particulièrement au tube Z 70 U).

Il se prête à une détection différentielle, les capteurs étant alors constitués par R1 et R2 ou C1 et C2. L'information peut être prélevée à l'aide de cellules photo-résistantes.

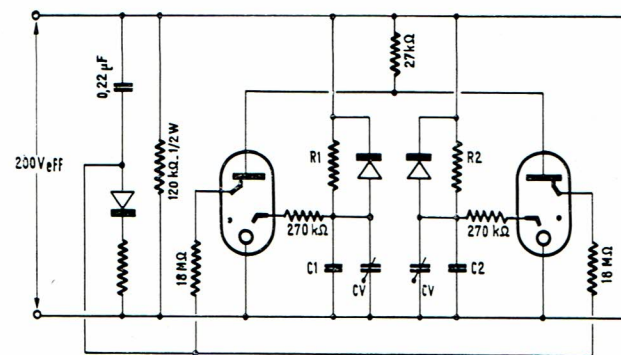


Fig. 10.

— Détecteur de valeurs minimales et maximales

Montage de la figure 11

Dans ce montage, on règle les constantes de temps τ des tubes T_1 et T_2 façon que :

$$\tau_{T1} < \tau_{T0} < \tau_{T2}$$

τ_{T0} désignant la valeur nominale de la constante de temps du tube T_0 . Cette constante de temps varie avec la grandeur à détecter. Si l'on dépasse la valeur maximale, le tube T_2 peut s'amorcer; si l'on atteint une valeur inférieure à la valeur minimale, T_1 s'éteint (voir tableau ci-dessous).

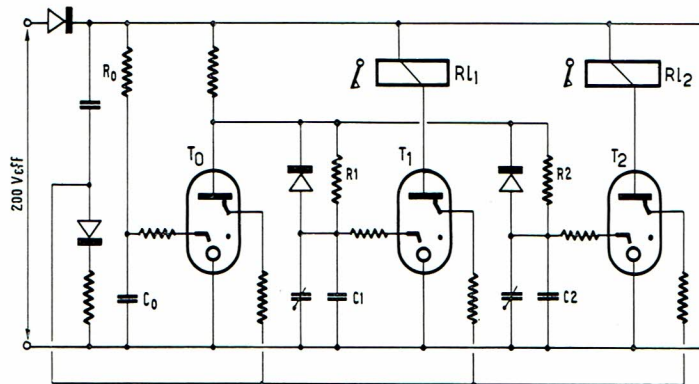


Fig. 11

Tableau		T1	T2
Valeur min.	$D_{T0} < D_{T1} < D_{T2}$	Éteint	Éteint
Valeur nom.	$D_{T1} < D_{T0} < D_{T2}$	Allumé	Éteint
Valeur max.	$D_{T1} < D_{T2} < D_{T0}$	Allumé	Allumé

Montage de la figure 12 a

Ce circuit présente trois états stables. Ceci est dû au fait que les résistances R_1 et R_2 ne sont pas « shuntées » par des diodes, et par conséquent, la décharge des capacités n'est que partielle. L'étendue de la plage de constante de temps

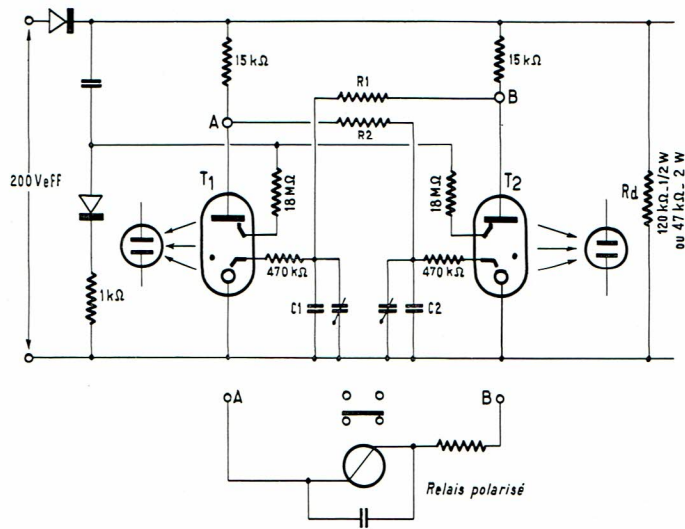


Fig. 12 a.

correspondant à l'état intermédiaire dépend de la valeur nominale des constantes de temps; l'incertitude sur la valeur de τ_1 ou de τ_2 pour passer d'un état à un autre est d'environ 1 à 2 % (figure 12 b).

L'information peut être prise soit à l'aide de cellules photo-résistantes soit à l'aide d'un relais polarisé sensible, placé entre A et B, en série avec une résistance. L'impédance entre les bornes A et B doit être assez élevée, 50 kΩ au minimum.

Il est possible aussi d'utiliser deux relais disposés dans les anodes des deux tubes, l'indication des trois états stables s'obtenant alors par combinaisons des contacts comme l'indique la figure 12 c.

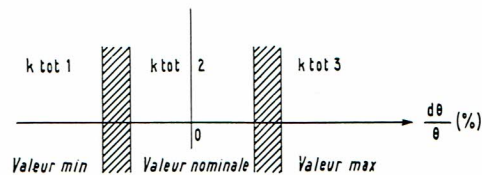


fig. 12 b.

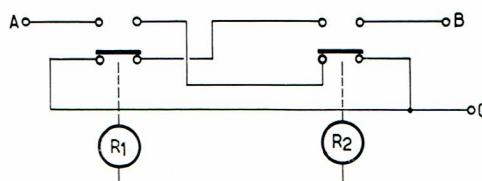
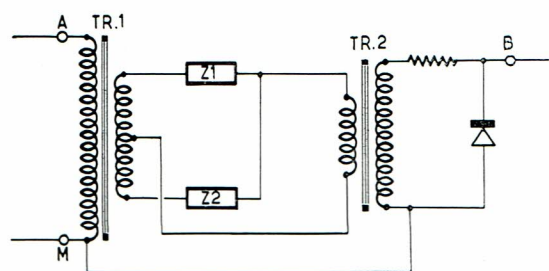
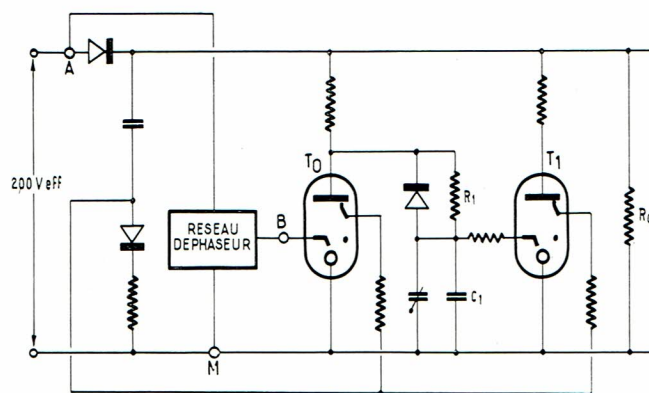
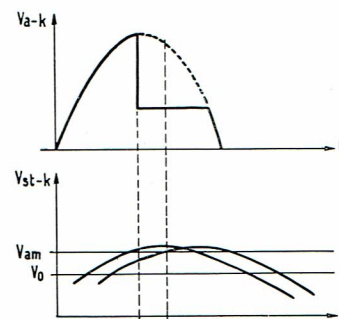
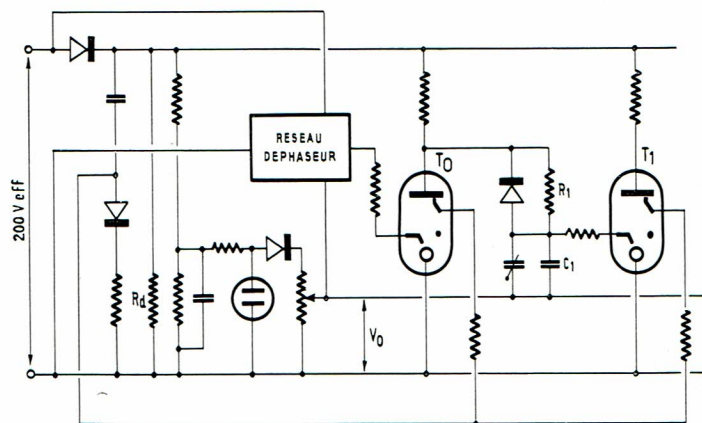


Fig. 12 c.



— Détecteur de variation de phase

Une modification du circuit d'entrée des systèmes précédents nous conduit à remplacer le réseau intégrateur par un réseau déphaseur. Ce procédé permet d'employer des capteurs à basse impédance puisque la tension à leurs bornes peut être extrêmement faible.

Il faut noter cependant que la stabilité du système en fonction des variations de tension d'alimentation n'est obtenue que dans certaines conditions.

Montage de la figure 13

Ce montage de « commande horizontale » est connu parmi les systèmes de commande des thyatron à cathode chaude. La tension sinusoïdale est superposée à une tension continue V_0 . Cette tension sinusoïdale, d'une amplitude de 30 V, envi-

ron, présente un déphasage variable par rapport à la tension anodique des tubes (figure 14). On obtient ainsi un dispositif très sensible puisque l'on peut détecter une différence de 20 μ s sur l'instant d'amorçage. Ceci correspond à 0,2 % de la largeur nominale du capteur incorporé au pont déphasur.

Montage de la figure 16

Le montage déphaseur est alimenté en basse tension par le transformateur TR_1 , le capteur étant constitué par Z_1 ou Z_2 . Le transformateur TR_2 remonte la tension jusqu'à une valeur d'environ 130 à 150 V_{eff} (figure 16).

Ce montage présente l'avantage de permettre l'emploi de capteurs à très basse impédance, mais il nécessite la réalisation du transformateur TR_3 , auquel on doit donner une impédance d'entrée suffisante et un rapport de transformation élevé.

Stabilité de ces montages vis-à-vis de la tension d'alimentation

Pour obtenir une bonne stabilité, il faut que les pentes des tangentes aux courbes représentant les tensions « starter-cathode », au voisinage du point correspondant à la valeur d'amorçage, soient sensiblement égales. La figure 17 se rapporte au schéma de la figure 13. La figure 18 se rapporte au schéma de la figure 15. La stabilité est d'autant meilleure que α et β sont plus grands. Ceci conduit à une diminution de sensibilité pour le montage de la figure 13.

En conclusion, on arrivera à une très bonne stabilité du montage de la figure 15 pour des variations de la tension du réseau de $\pm 15\%$. On ne pourra généralement admettre que quelques unités pour cent avec le montage de la figure 13.

Application de ces circuits à la détection de variations de tension

Si l'on superpose une tension continue variable à la tension starter-cathode du premier tube (voir les figures 6 et 13), en laissant la constante de temps ou le déphasage invariant, toute variation de cette tension entraînera une modification de l'instant d'amorçage de ce premier tube. On obtiendra, par conséquent, l'amorçage ou le non-amorçage du second tube en fonction des variations de cette tension.

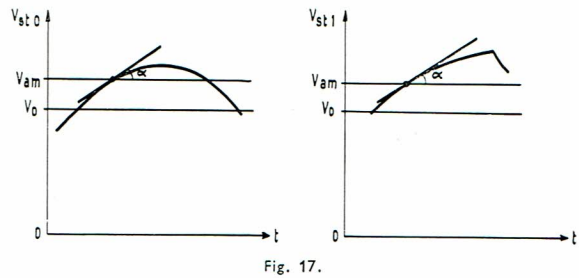


Fig. 17.

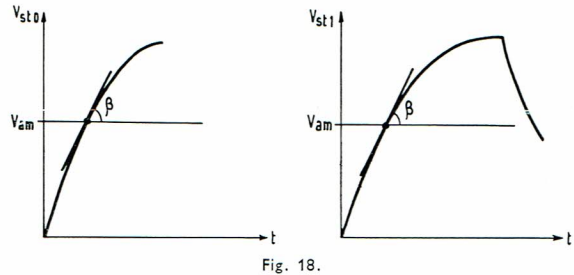


Fig. 18.

ÉTUDE D'UN APPAREIL DE MESURE A AFFICHAGE NUMÉRIQUE

Un tube pilote T_0 commandant deux tubes indicateurs T_1 et T_2 (figure 11), on se rend compte que, par extrapolation, le nombre de tubes pilotes peut être plus grand : c'est ainsi que nous allons étudier des appareils de mesure comportant un certain nombre de positions.

La figure 19 montre le principe d'une disposition qui permet l'affichage de 10 points de mesure (schéma complet fig. 20). Il est possible d'aller plus loin et de construire des dispositifs d'affichage encore plus importants.

Sur le schéma de la figure 20, le point X correspond au starter du tube pilote; il doit être raccordé au circuit du

capteur utilisé (qui n'est pas dessiné). La lecture se fait en comptant le nombre de tubes allumés. Cette lecture peut être rendue plus attrayante en la combinant avec des tubes à affichage numérique, tels que les tubes Z 520 M. La figure 19 donne le montage à réaliser où chacune des cathodes du tube afficheur est réunie aux anodes des tubes T_1 , T_2 , T_3 , etc...

Pour expliquer le fonctionnement de ce schéma, supposons que les tubes T_1 et T_2 sont allumés, le tube T_3 et les suivants ne l'étant pas.

La chute de tension apparaissant aux bornes de la résistance anodique de T_1 serait suffisante pour provoquer l'a-

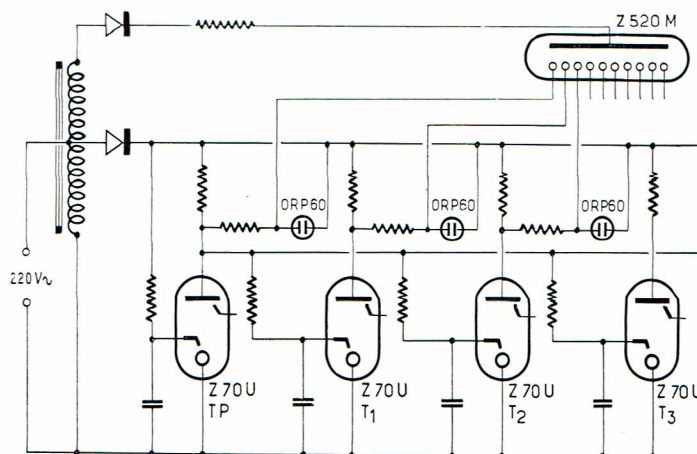


Fig. 19.

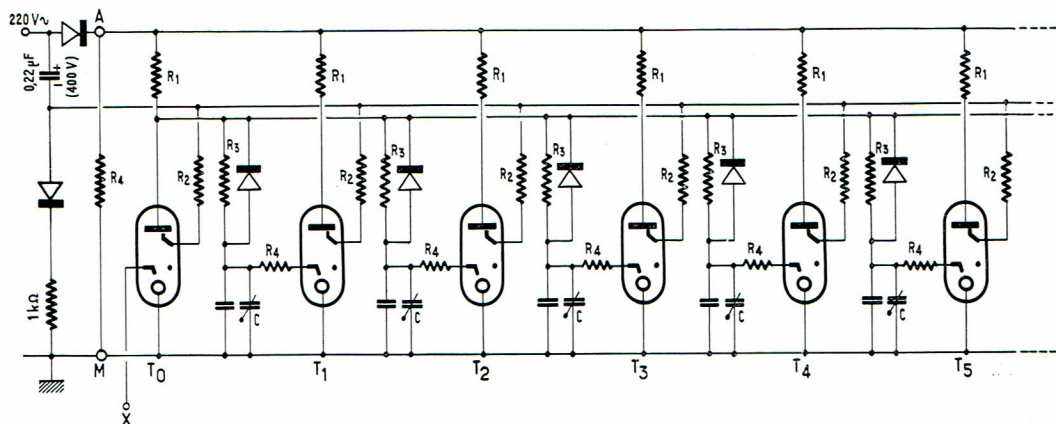


Fig. 20.

amorçage du tube afficheur si elle ne se trouvait pas court-circuitée par la cellule ORP 60 de ce circuit qui, en regard du tube T_2 allumé est conductrice. La deuxième cathode du tube afficheur est réunie à l'anode du tube T_2 . La chute de tension aux bornes de sa résistance est aussi suffisante pour amorcer le tube afficheur qui, cette fois, s'amorcera puisque la cellule photorésistante, capable de court-circuiter cette tension, n'est pas excitée; en effet, elle est en regard du tube T_3 qui n'est pas allumé; cette cellule ne reçoit pas de lumière et reste isolante. Les autres cathodes des tubes afficheurs étant réunies aux anodes des tubes T_3 et suivants, ne peuvent être sollicitées puisque ces tubes restent éteints, la tension d'amorçage n'est pas atteinte. Seule la cathode correspondant au tube T_2 sera allumée et indiquera le chiffre correspondant.

Notons aussi la simplification d'un tel appareil de mesure : toutes les positions correspondant à des tubes T_1 , T_2 , T_3 etc... sont identiques et réalisables sur plaquettes imprimées (figure 19). Ces plaquettes sont ensuite groupées en parallèle sur des rails constitués par des conducteurs électriques, ce qui permet d'utiliser le nombre de plaquettes désiré correspondant à l'échelle de lecture que l'on veut obtenir. Si l'isolement du secteur n'est pas obligatoire, l'alimentation de l'ensemble peut être montée aussi sur une telle plaquette sans transformateur.

L'étalonnage de l'appareil est très facile à effectuer et l'échelle de lecture peut suivre une loi quelconque : linéaire, logarithmique, exponentielle etc... Pour obtenir ce résultat, il suffit de régler chaque étage à l'aide des condensateurs ajustables.

AUTRES APPAREILS DE MESURE

(Galvanomètre à cadre, enregistreur)

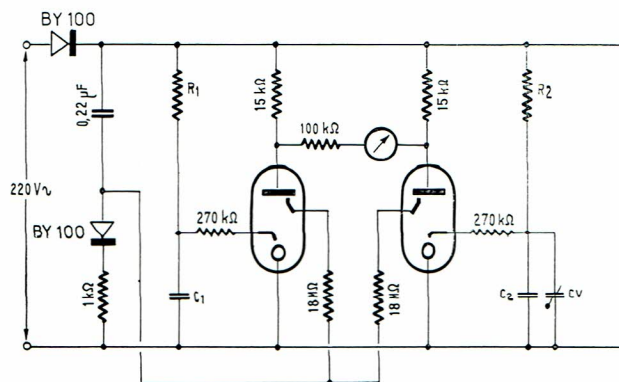


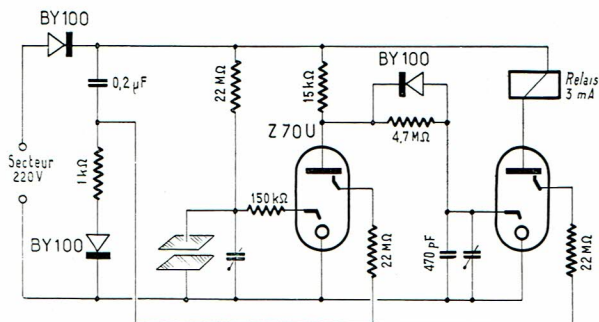
Fig. 21.

Si l'on préfère la lecture de la mesure en utilisant l'aiguille classique d'un microampèremètre, la figure 21 indique le montage que l'on doit employer.

QUELQUES EXEMPLES D'APPLICATIONS

CAPTEURS CAPACITIFS

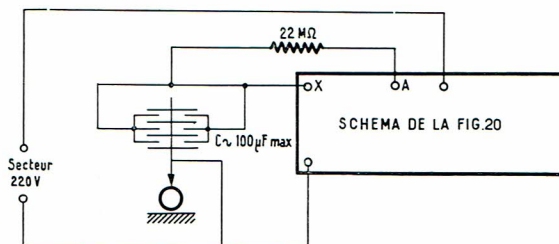
Détecteur d'approche



Applications : bouton-touche, dispositif d'alarme, commande de montages publicitaires, etc.

Cet appareil peut servir aussi à mesurer le niveau hygrométrique des grains.

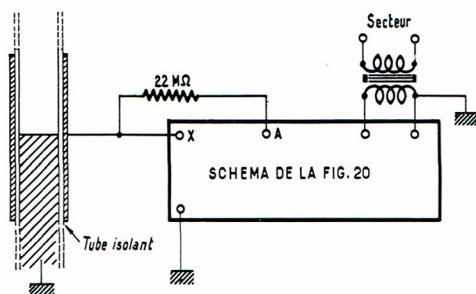
Microcomparateur



Applications : tri dimensionnelle, mesure de pression. (toute mesure se traduisant par une élévation).

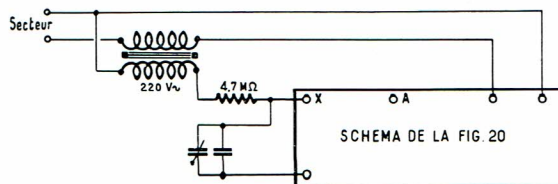
Précision maximale : 2,5 μ, même utilisation pour mesure d'angles avec capacité variable rotative.

Mesure de niveau



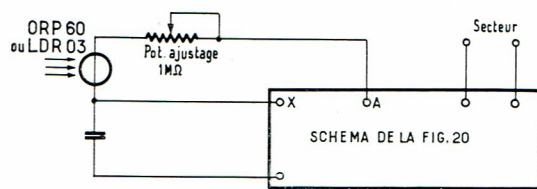
Applications : mesure de niveau (citernes ou silos).

Mesure de cos φ



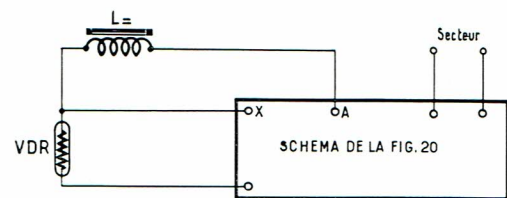
Applications : mesure de courant électrique avec possibilité de compensation automatique de cos φ.

Cellule photoélectrique Mesure photoélectrique



Applications : mesure d'intensité lumineuse, comparaison de couleurs, mesure de valeur efficace (la cellule étant alimentée par une lampe d'éclairage), barrage photoélectrique et détection de flamme à haute sensibilité etc.

Varistance Thermométrie



Applications : mesure thermométrique.

Thermostat pour four, psychromètre, mesure de pression par refroidissement, etc.

Z 70 U

THYRATRON A CATHODE FROIDE (SUBMINIATURE)

CARACTÉRISTIQUES

CONDITIONS NORMALES D'EMPLOI

(Tensions et courants continus, préionisation amorcée)

Tension de l'anode	250	V
Tension d'amorçage du starter $V_{st\ ign}$	137 à 153	V
Coefficient de température max de la tension d'amorçage du starter	— 25	mV/°C
Courant de starter pour le transfert max	30	μ A
Courant de starter pendant la décharge	voir courbe p. 15	
Tension d'arc anode-cathode ($I_a = 3$ mA)	111 à 121	V
$V_{a\ ign}$ ($V_{st} = 0$), voir à la page 16	360	V
Valeur min	325	V
Tension d'amorçage préionisation-anode max	200	V
Tension préionisation, anode ($I_{pr} = 3$ μ A)	155	V
Courant cathodique	2 à 4	mA
Courant de préionisation I_{pr}	1 à 10	μ A
Résistance du circuit de préionisation (conseillée)	18	M Ω

CARACTÉRISTIQUES DYNAMIQUES

Tension d'amorçage du starter max (durée d'impuls, 20 μ s).....	175	V ⁽¹⁾		
Impulsion-support et polaris. du starter.....	200	V ⁽¹⁾		
Temps de retard à l'anode.....	5	μ s ⁽²⁾		
Fréquence de comptage max.....	2 à 5	kHz		
Composants pour montages auto-extincteurs :				
Résistance anodique.....	1,8	1,2	0,7	M Ω
Condensateur.....	300	600	2000	pF

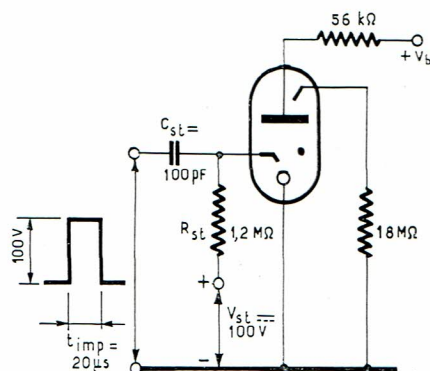


Fig. A.

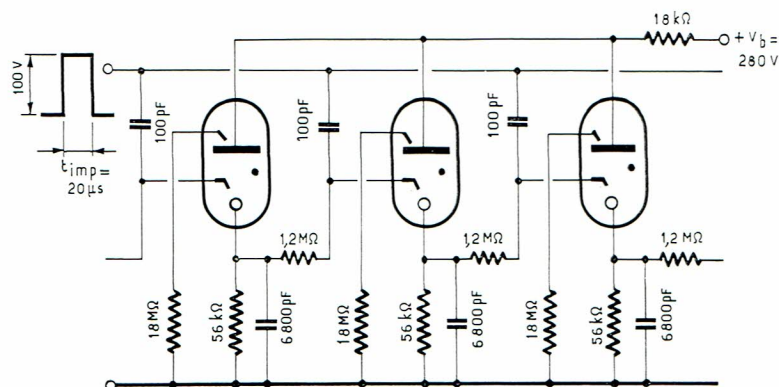


Fig. B.

(1) Voir la figure A.
(2) Voir la figure B.

VALEURS A NE PAS DÉPASSER

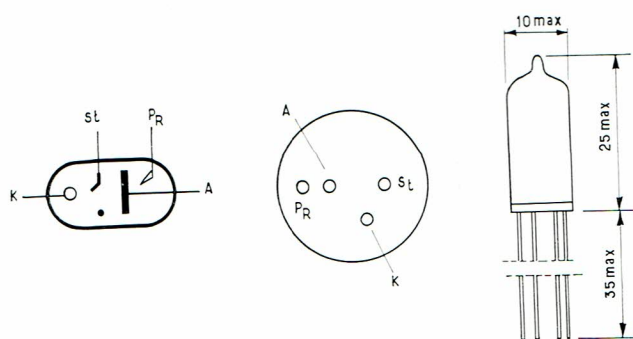
(Limites absolues)

Tension d'alimentation de l'anode (préionisation amorcée)	max	310	V
	min	200	V
Courant cathodique (temps d'intégr. : 1s)	max	4	mA
Courant cathodique (crête)	max	16	mA
Courant négatif de starter (tube amorcé)	max	150	μ A
Courant négatif de starter (tube éteint)	max	0	μ A
Résistance du circuit de starter	max	20	M Ω
Tension d'impulsion négative de starter (alim. 300 V)	max	— 30	V
Tension d'impulsion négative de starter (alim. 200 V)	max	— 50	V
Température ambiante	max	70	°C

REMARQUES

- En fonctionnement, le tube peut servir de voyant indicateur. Il produit une luminescence rouge très brillante.
- Le fonctionnement du tube ne dépend pas de la lumière ambiante.
- L'électrode P_R de préionisation est reliée au pôle négatif à travers 18 M Ω et maintient l'ionisation.
- Le tube peut être fixé sur plaque de montage à l'aide d'une patte métallique doublée de feutre.

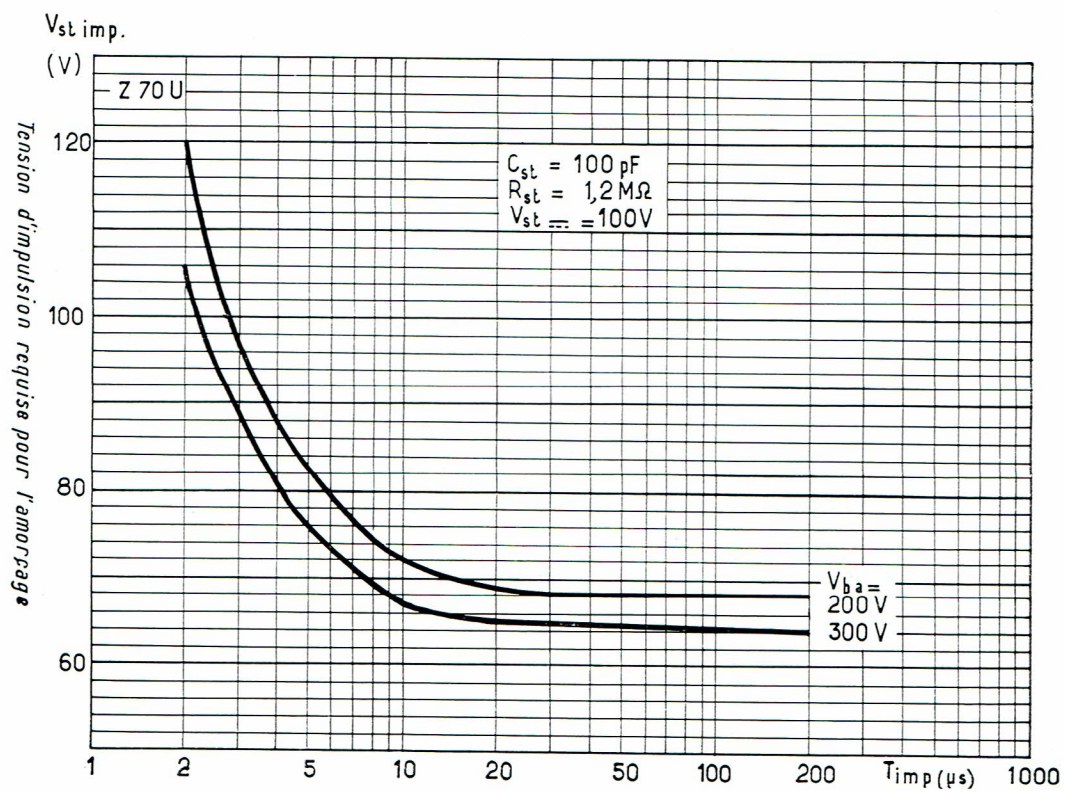
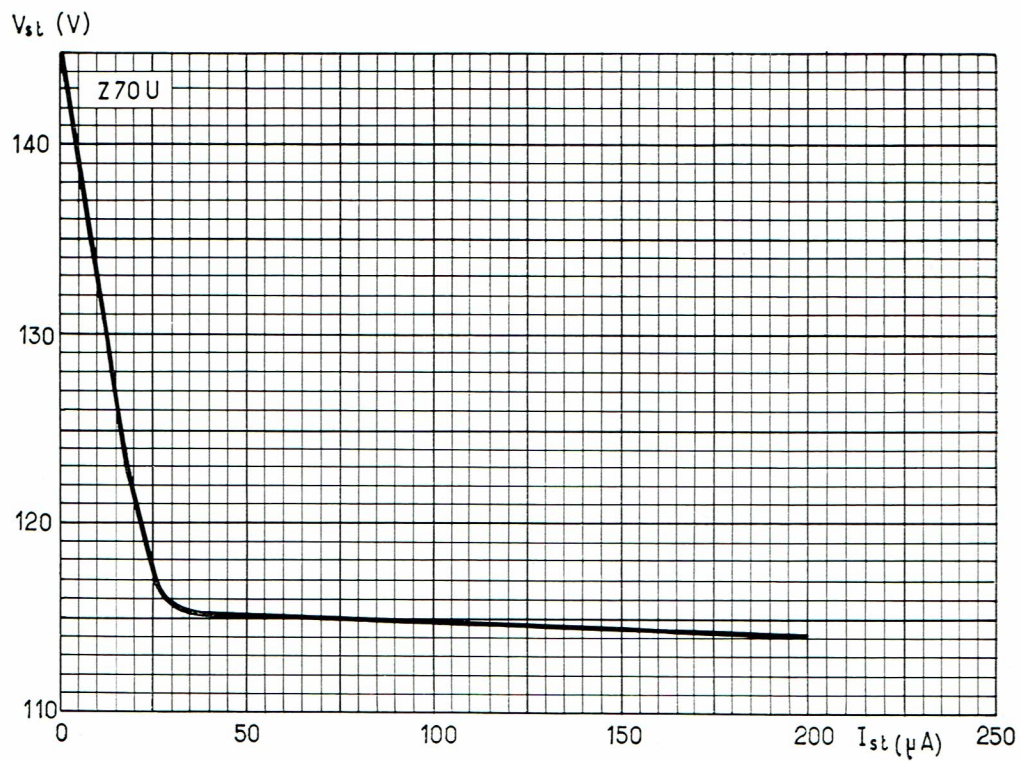
DISPOSITION DES ÉLECTRODES ET ENCOMBREMENT

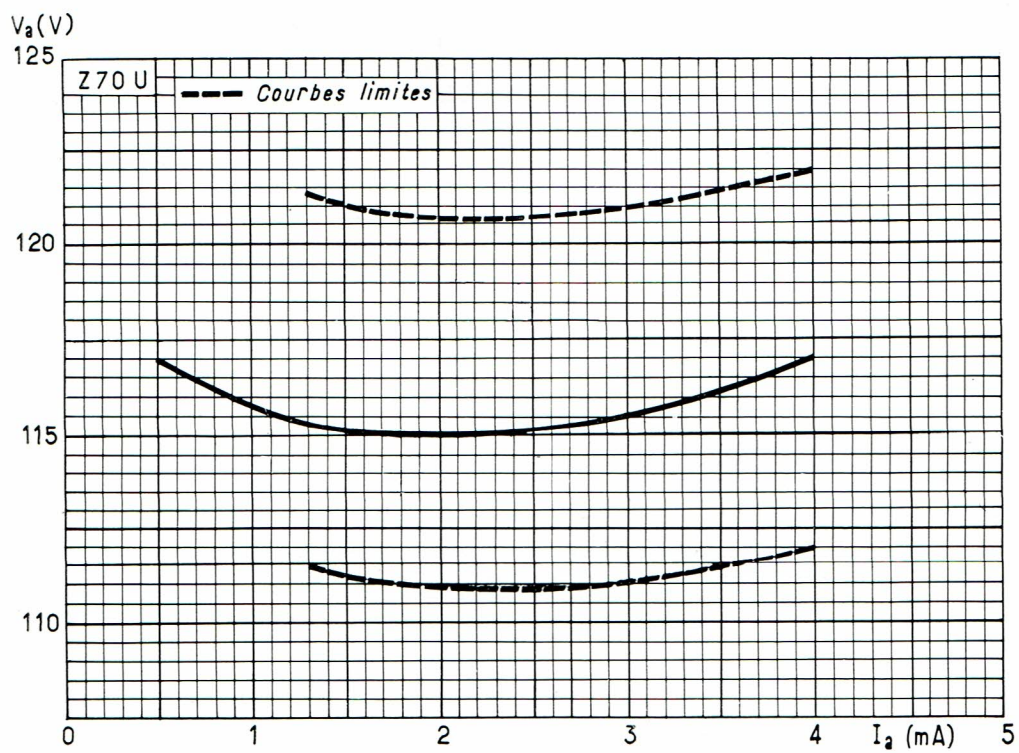
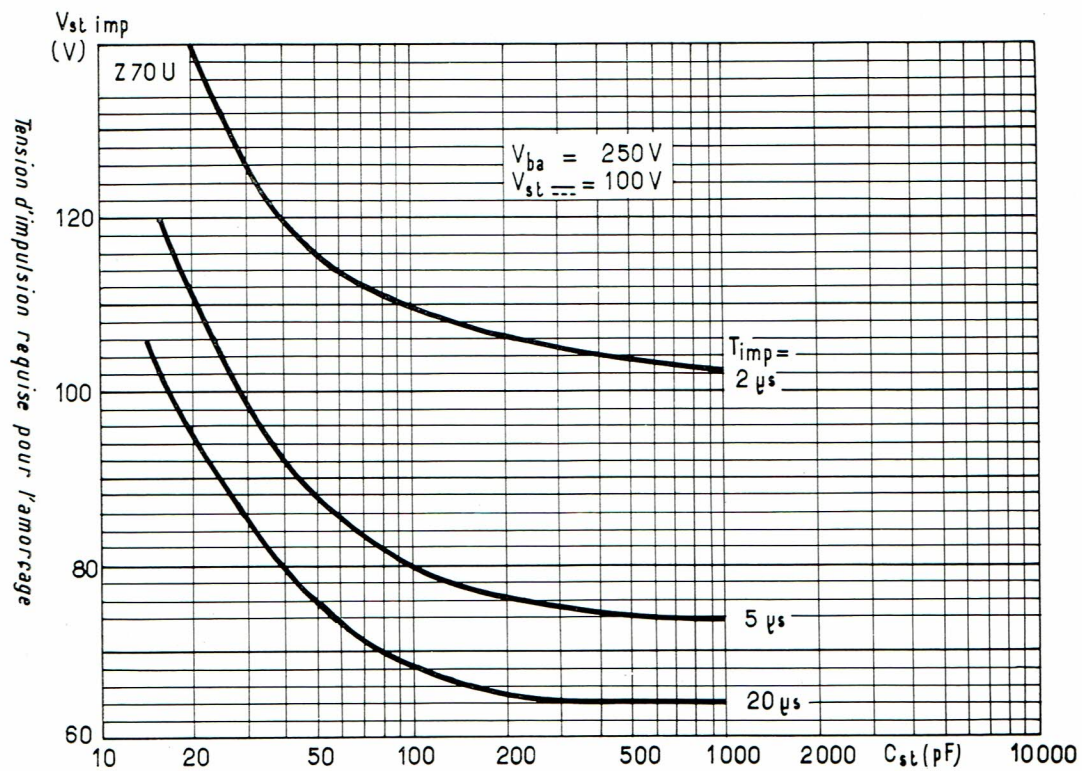


Subminiature.

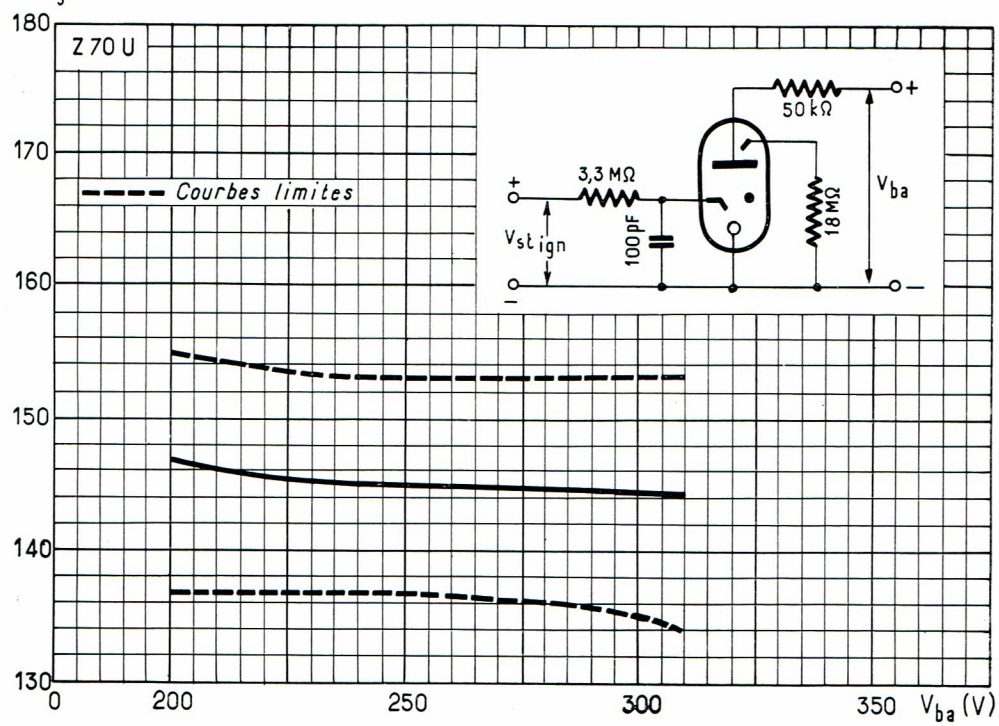
Ne pas souder les connexions à moins de 5 mm de l'embase.

Ne pas plier les connexions à moins de 2 mm de l'embase.

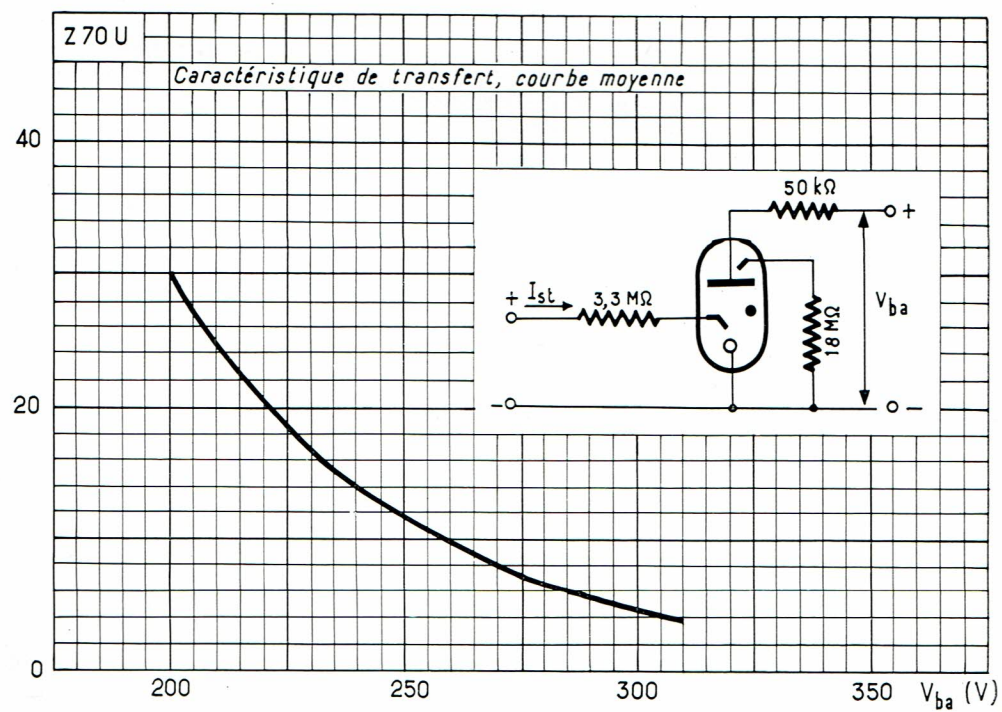


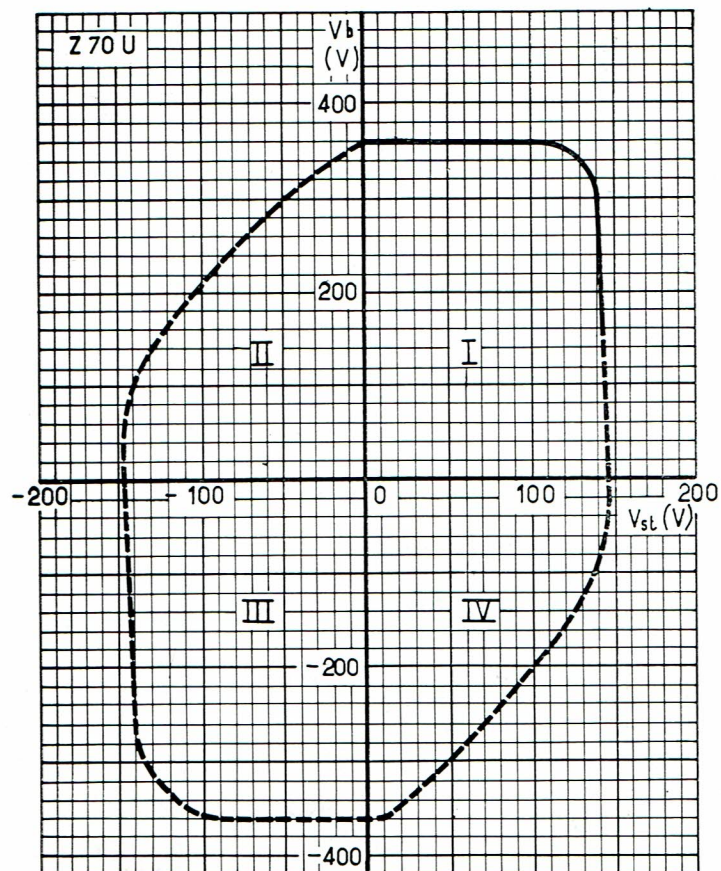


$V_{st\,ign}$ (V)



I_{st} (μA)





Dans le quadrant II des valeurs élevées de $-V_{st}$ doivent être évitées.
Les quadrants III et IV ne doivent pas être utilisés.



“INFORMATIONS ÉLECTRONIQUES”