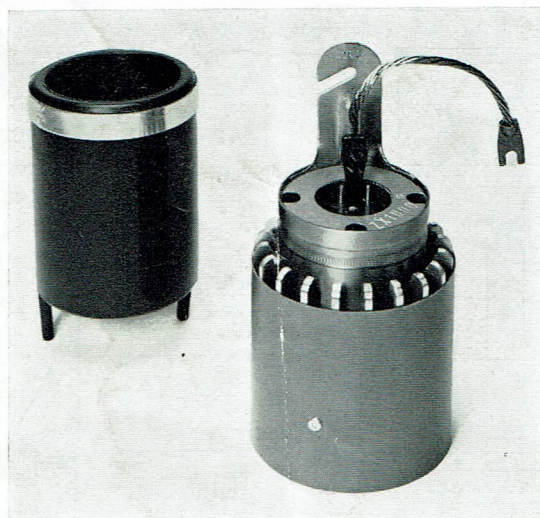




## IGNITRON ZX 1000

APPLICATION AUX MACHINES A SOUDER PAR RÉSTANCE



### GÉNÉRALITÉS

Assurant les mêmes fonctions qu'un interrupteur mécanique, l'interrupteur électronique le remplace avantageusement dans les ensembles de commande de nombreuses machines, car il présente tous les avantages d'un système statique, pratiquement sans inertie.

L'ignitron est un interrupteur électronique, à conduction unidirectionnelle, susceptible de commander la circulation de courants d'intensité extrêmement élevée. C'est donc un redresseur, qui nous offre les possibilités suivantes :

- a) grande souplesse de la commande et gain en puissance élevé;
  - b) très grande précision des instants d'amorçage et d'extinction;
  - c) contrôle de fortes puissances, allant de quelques centaines à quelques milliers de KVA;
  - d) obtention de valeurs de crête de l'intensité extrêmement importantes, atteignant des dizaines de milliers d'ampères.
- C'est, en outre, un élément robuste, particulièrement bien adapté au « milieu industriel », et capable d'assurer des millions de commutations.



L'ignitron est un tube à gaz, dont les électrodes se trouvent dans une vapeur saturante de mercure, la cathode étant elle-même constituée par un bain de mercure. Fonctionnant en régime d'arc, l'espace anode-cathode s'ionise et rend l'ignitron conducteur, dès qu'une impulsion de courant a traversé l'électrode de commande ou « igniteur ». Cette ionisation, d'abord localisée au niveau de la surface cathodique, se propage dans le circuit principal de l'ignitron, environ dix microsecondes après que le circuit de l'igniteur a été fermé.

Comme dans un thyatron, l'électrode d'amorçage ne peut assurer l'extinction. Celle-ci s'obtient lorsque la différence de potentiel anode-cathode a suffisamment diminué pour empêcher l'entretien de la décharge.

### L'IGNITRON ZX 1000

Les ignitrons couramment employés dans les machines à souder par résistance fournissent des puissances de crête dont les valeurs sont les suivantes : 600, 1 200, 2 400 KVA. Pour contrôler des puissances inférieures, on avait généralement recours à des moyens mécaniques, ou à des systèmes électromagnétiques, alors que l'ignitron est le commutateur idéal pour ce genre d'application.

L'évolution des techniques de soudure a conduit à utiliser le type 5551.A. (600 KVA) fonctionnant alors à de faibles rapports cycliques, dans des ensembles nécessitant des puissances réduites. Par ailleurs, divers fabricants ont produit de plus petits modèles (par exemple, le type A), mais bien que le système de commande soit le même, le prix total du commutateur électronique (deux ignitrons et leurs circuits de commande) demeure trop élevé par rapport à celui des ensembles mécaniques ou électromagnétiques. D'autres systèmes électroniques offrant la même précision (tels que les montages à thyatrons, redresseurs à cathode de mercure, etc...) n'ont pas trouvé dans cette voie leur domaine d'application comme les ignitrons, car dans de telles conditions de travail, leur durée de vie est limitée.

Le type ZX 1000 est un modèle fournissant 200 KVA, dans lequel la commande de l'angle d'amorçage permet d'obtenir un réglage de la puissance disponible de 0 à 100 %. En outre, malgré la présence d'une anode auxiliaire, le coût d'établissement du circuit de commande est bien inférieur à celui qu'exigent les ignitrons classiques, grâce à la sensibilité de l'igniteur. Nous décrivons plus loin un montage employant le thyatron PL 5727. Dans ces conditions, le prix global de deux ZX 1000 et de leurs circuits de commande est

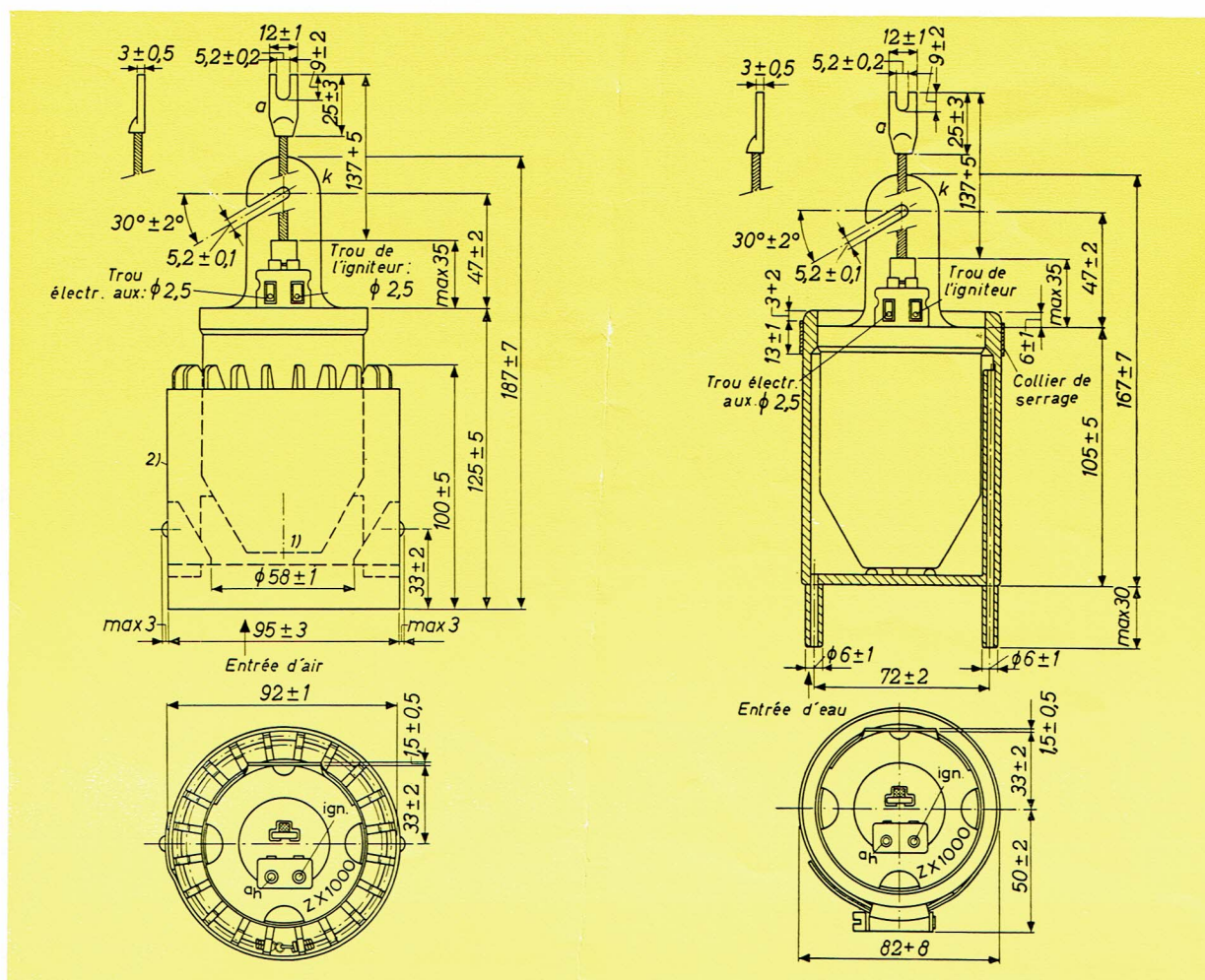


Figure 1.



comparable à celui d'un commutateur électromagnétique de même puissance, lequel n'apporterait pas autant de précision.

L'étude d'un modèle permettant d'avoir une très large plage de réglage du courant débité, même à de faibles valeurs de tensions anodiques (alimentation par le réseau sous 110 V), l'élaboration d'un circuit de commande simple, et l'intérêt d'un système de circulation d'eau indépendant, ont conduit à la réalisation du type ZX 1000 dont les avantages particuliers sont les suivants :

a) L'utilisateur peut choisir lui-même le mode de refroidissement, car il dispose de deux éléments amovibles, l'un permettant de faire une circulation d'eau, l'autre un refroidissement par air forcé, comme on peut le voir sur la photographie.

b) L'ignitron est muni d'un système « d'excitation séparée » et il offre ainsi une grande plage de commande, même aux basses tensions.

c) L'association d'une anode auxiliaire, et d'un igniteur sensible, entraîne une réduction du prix de revient de l'ensemble de commande.

Afin de faciliter le montage du tube, les connexions de sortie ont été disposées sur le haut, tandis que le bloc refroidisseur se trouve en bas. La chemise amovible qui enrobe l'ignitron est en matière plastique, et elle a été prévue pour une circulation d'eau ayant un débit de 0,2 à 0,5 litre par minute. Par ailleurs, le radiateur, muni d'ailettes indépendantes, a une telle efficacité que des courants atteignant les

valeurs nominales proposées peuvent traverser l'ignitron lorsqu'il est soumis à un écoulement de 600 litres par minute du flux d'air forcé, cet air étant pris à la température ambiante.

La durée de vie est exprimée en fonction du seul paramètre intéressant : le nombre de commutations. On a admis alors que la fin de la durée utile du tube était atteinte, lorsque la probabilité de non fonctionnement devient voisine d'un amorçage sur 100 000, bien qu'une telle proportion soit vraiment négligeable lorsque le tube travaille sur une machine à souder. On pourra se reporter aux diagrammes de la figure 10, qui précisent que cette durée utile dépend beaucoup des conditions d'emploi. Le nombre moyen d'années de service de l'ignitron peut être facilement évalué, d'après ces diagrammes.

#### Systèmes de commande.

Afin de pouvoir réaliser le circuit de commande à l'aide d'un thyatron miniature, comme le montre la figure 2, la structure du tube est telle que l'amorçage s'y fait en deux temps. En premier lieu, l'impulsion de courant rigoureusement calibrée qui traverse le circuit de l'igniteur fait apparaître la « tache cathodique », après quoi l'anode auxiliaire entretient cette ionisation jusqu'à ce qu'elle se propage dans l'espace principal. La décharge s'entretient alors entre l'anode et la cathode. L'amorçage de cette décharge principale se fait en quelques micro-secondes, ce qui ne représente qu'une fraction du temps d'ionisation des ignitrons

### CONDITIONS NORMALES D'EMPLOI

Température d'entrée de l'eau : 32 °C ou température d'entrée de l'air : 25 °C (1)											
25 Hz < F < 60 Hz			Voir figure 7		Voir figures 8		Grandeurs calculées			OBSERVATIONS	
Tension d'alternance (5) $V_{eff}$	Temps d'intégration max $T_i$ (s)		Courant de crête max (3) $I_p$ (A)	Puissance demandée KVA	Courant moyen $I_{moy}$ (A)	Courant demandé (2) $I_{eff}$ (A <sub>eff</sub> )	Facteur de régime K (%)	Nombre de périodes (6) n			Courant dans la charge (4) $I_c$ (A <sub>eff</sub> )
	Eau	Air						Eau	Air		
220	25,6	12	2260	176 58 6	7,0 13,0 13,0	800 267 29	1,9 10,7 100	25 138 Contenance	12 65 29		110 87 29
250	25,6	12	2260	200 67 7	7,0 13,0 13,0	800 267 29	1,9 10,7 100	25 138 Contenance	12 65 29	110 87 29	max de KVA max de $I_{moy}$ Continu
380	16,8	10	1490	200 67 11	7,0 13,0 13,0	526 175 29	3,0 16,4 100	25 138 Contenance	15 82 29	91 71 29	max de KVA max de $I_{moy}$ Continu
440	14,5	9	1270	200 67 13	7,0 13,0 13,0	454 151 29	3,5 19,2 100	25 138 Contenance	16 86 29	85 66 29	max de KVA max de $I_{moy}$ Continu
500	12,8	8	1130	200 67 15	7,0 13,0 13,0	400 133 29	3,9 21,6 100	25 138 Contenance	16 86 29	79 62 29	max de KVA max de $I_{moy}$ Continu

(1) Pour un fonctionnement à des températures plus élevées, on se reportera aux figures 5 et 6.

(2) Deux tubes montés en parallèle inverse. Montage dit " tête-bêche ".

(3) Temps d'intégration maximal 0,15 s.

(4) Il s'agit de la valeur efficace du courant qui traverse la charge et les câbles d'alimentation, obtenue par intégration sur une période complète ( $I_c = I_{eff} \sqrt{k}$ ).

(5) Pour des tensions d'alimentation inférieures à 250 V<sub>eff</sub>, les valeurs de courant moyen sont les mêmes que pour cette valeur de tension.

(6) Il s'agit du nombre maximal de périodes pendant lesquelles une paire de tubes peut conduire avec ou sans interruption, sous réserve de ne pas dépasser le temps d'intégration maximal, à la fréquence de 50 Hz.



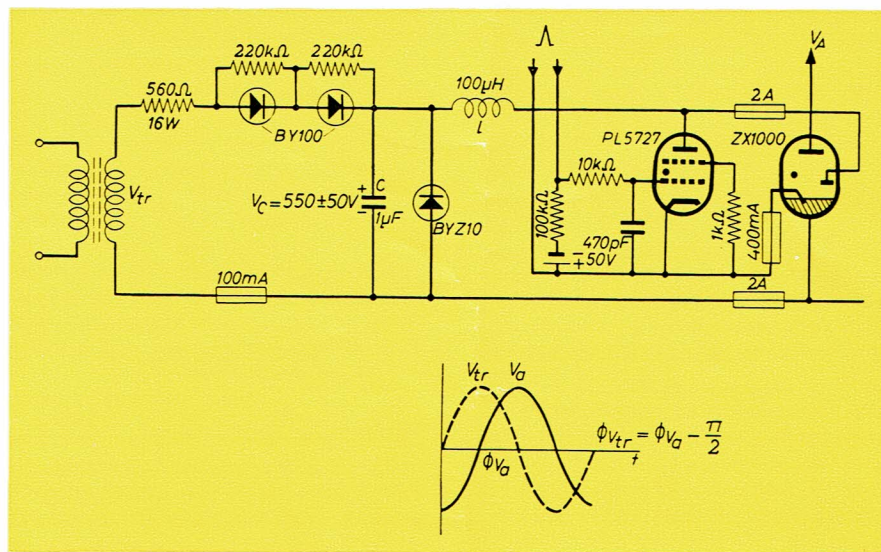


Figure 2.

classiques. Grâce à une telle disposition, les conditions d'amorçage sont indépendantes de l'impédance du transformateur de soudage et de la tension d'alimentation. Ces transformateurs peuvent alors être établis dans un volume réduit, car aucun inconvénient relatif à la saturation du noyau n'est à craindre.

Conformément aux caractéristiques de l'igniteur du type ZX 1000, l'ensemble de commande, représenté par la figure 2, a été étudié et définitivement choisi pour sa simplicité, sa fiabilité et son faible coût d'établissement. On peut s'en servir pour commander le courant, pratiquement entre zéro et plus de 1000 ampères... En effet, comme la décharge principale peut apparaître sous une différence de potentiel anode-cathode très basse, de l'ordre de 20 volts, on dispose d'une excursion de l'angle d'amorçage approchant de 180°.

### Recommandations générales pour l'emploi.

#### a) Dispositions mécaniques (\*).

L'ignitron ZX 1000 doit être monté verticalement, la sortie anodique étant dirigée vers le haut, et il doit être installé de façon que la fixation et le serrage des cosses ou des supports n'entraînent pas de contraintes mécaniques sur les soudures verre-métal. La section de la pièce qui constitue une patte de fixation est telle que cette pièce peut, à la fois, supporter le poids du tube et assurer le passage du courant cathodique. Le câble de liaison cathodique doit être fixé à cette patte à l'aide d'un boulon d'acier bien serré. Il en est de même pour le câble de connexion anodique. On devra s'assurer, de temps à autre, que ces boulons sont convenablement serrés et que les surfaces en contact sont restées

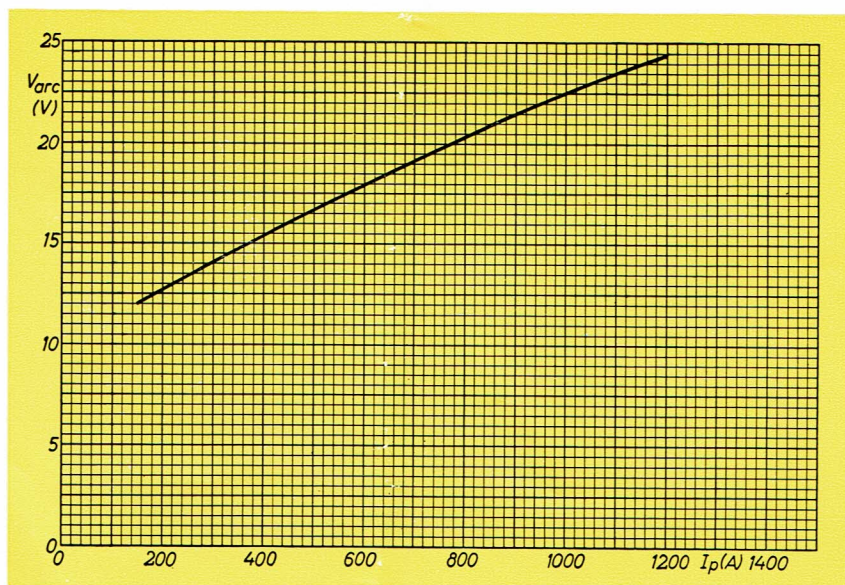


Figure 3.

(\*) voir le figure 1



propres. Ceci doit toujours se faire après les premières heures de fonctionnement d'un nouveau tube; une décoloration des surfaces en regard apporte alors la preuve d'un éventuel mauvais contact.

Il faudra veiller à ne pas abîmer, au cours du montage, les cosses de l'igniteur et de l'électrode auxiliaire. A cet effet, le bloc de connexion est démontable, et il doit être séparé pour la fixation des câbles.

Les ignitrons sont robustes et peuvent supporter des heurts modérés. Toutefois leur fonctionnement sera d'autant meilleur qu'ils seront protégés contre les chocs et les vibrations car ils pourraient occasionner des oscillations du mercure sur la surface cathodique; il en résulterait une modification des caractéristiques.

b) Refroidissement par eau.

La chemise dans laquelle s'effectue la circulation d'eau peut être montée sur le tube, avant ou après l'installation de ce dernier sur la machine. Le tube doit être enfoncé dans cette enveloppe de matière plastique jusqu'à quelques millimètres au-dessous du bord de l'enveloppe de l'ignitron proprement dit. Ensuite on serre le collier, afin d'assurer l'étanchéité. On pourra se reporter aux croquis cotés de la figure 1 où l'on voit un ignitron ZX 1000, associé à son système de refroidissement par air, ainsi que l'ignitron monté dans la chemise prévue pour la circulation d'eau. L'alimentation en eau doit être assurée par des tuyaux de caoutchouc ou de matière plastique, en s'assurant que le sens de circulation du liquide soit tel qu'il entre bien du côté

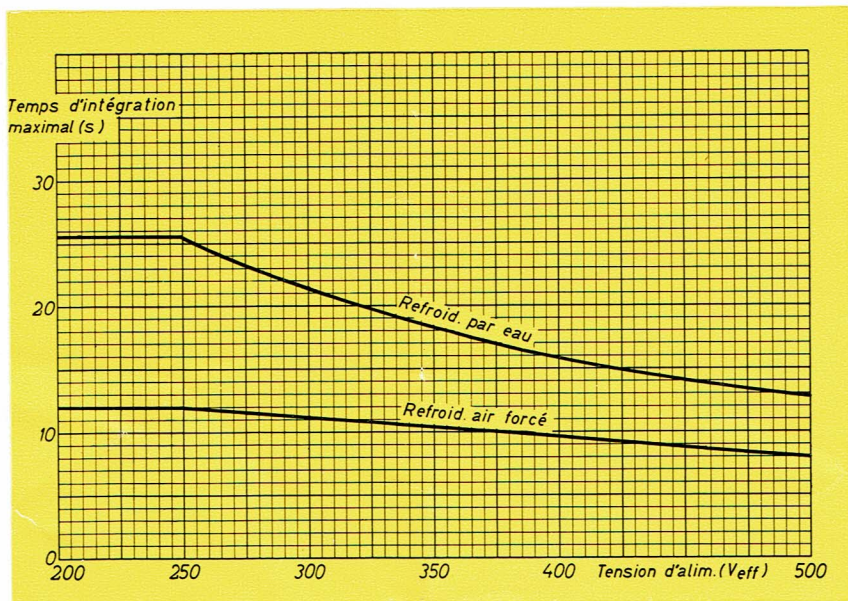


Figure 4.

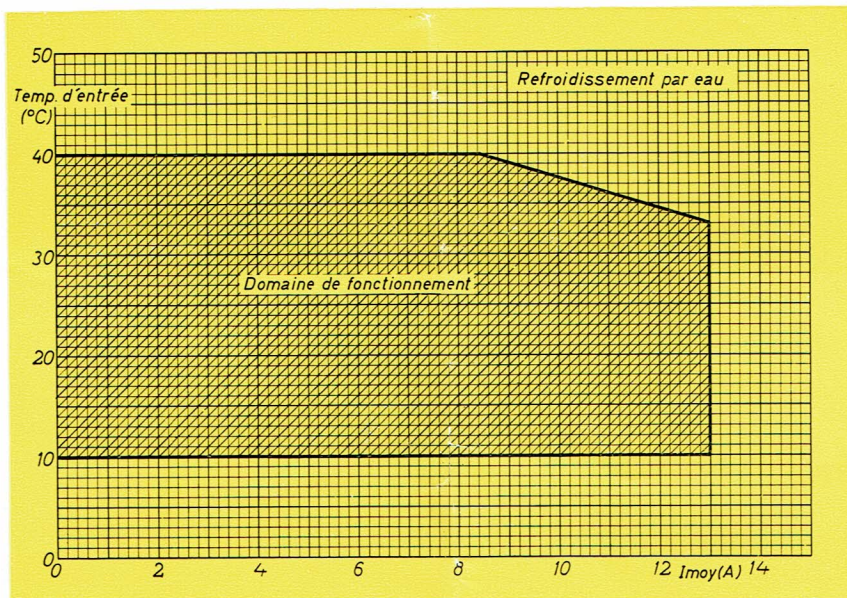


Figure 5.



marqué « IN ». Une même circulation d'eau peut refroidir, en série, deux ignitrons seulement, à la condition que la température d'entrée de l'eau circulant autour du tube le plus chaud ne dépasse pas la valeur maximale autorisée, cette eau ayant la température minimale à l'entrée de la chemise du premier tube. Les tuyaux doivent avoir une longueur minimale de 20 cm et l'emploi d'un filtre à eau est vivement recommandé.

L'eau doit s'écouler librement dans un entonnoir, dès la sortie du deuxième refroidisseur. Le robinet de régulation doit être placé sur le circuit d'eau, avant l'entrée des récipients, et il doit assurer un débit minimal de 0,2 litre par minute. Cette disposition nous offre le moyen d'arrêter aisément la circulation du liquide, sans que la pression à l'intérieur des chemises de matière plastique devienne excessive. En outre, le débit de l'eau courante ne devra pas dépasser 0,5 litre par minute.

Nous devons faire remarquer qu'il n'est pas prudent de mettre l'installation en marche dès l'ouverture du robinet, car les chemises à circulation ne sont pas encore pleines.

La composition chimique de l'eau doit satisfaire aux exigences suivantes :

- 1° Degré de pH : 7 à 9,
- 2° poids maximal des chlorures par litre : 20 mg,  
     »    »   des nitrates   »    » : 10 mg,  
     »    »   des sulfates   »    » : 100 mg,
- 3° poids maximal de corps insolubles : 250 mg par litre,
- 4° dureté maximale de l'eau : 18° par litre  
     (12,5° mesure anglaise, 10° mesure allemande, 10,5°  
     mesure américaine),
- 5° résistivité spécifique minimale 2 000  $\Omega/cm$ .

Dans la plupart des cas, l'eau de la ville est conforme à ces exigences. Si l'eau disponible ne convient pas, on pourra employer un dispositif refroidisseur par échange de chaleur, placé sur le parcours d'une circulation en circuit fermé, ou faire appel au refroidissement par de l'air forcé.

#### c) Refroidissement par air.

Le radiateur amovible peut être, lui aussi, monté avant ou après l'installation du tube. Ce dernier s'enfonce au milieu du système d'ailettes. On doit alors veiller à ne pas tordre ces ailettes, et il faut s'assurer qu'elles sont bien en contact avec l'enveloppe de l'ignitron.

Le courant d'air doit correspondre à un débit minimal de 600 litres par minute, à travers chaque radiateur. Les valeurs maximales de la température que peut atteindre l'enveloppe, dans diverses conditions, sont précisées dans le paragraphe suivant. Ajoutons que l'emploi d'un filtre à air est souhaitable.

#### Remarque.

Lorsqu'un tube est employé pour la première fois dans une installation, la cosse de sortie anodique et son isolateur doivent d'abord être chauffés pendant au moins 30 minutes. Pendant ce temps, la cathode doit être refroidie. Ceci a pour but d'éviter des arcs inverses et un mauvais fonctionnement de l'ignitron dus à une condensation des vapeurs de mercure sur le bloc anodique. Pour cette raison, la température de ce bloc doit être supérieure, de quelques degrés, à celle du bloc cathodique, avant et pendant le fonctionnement.

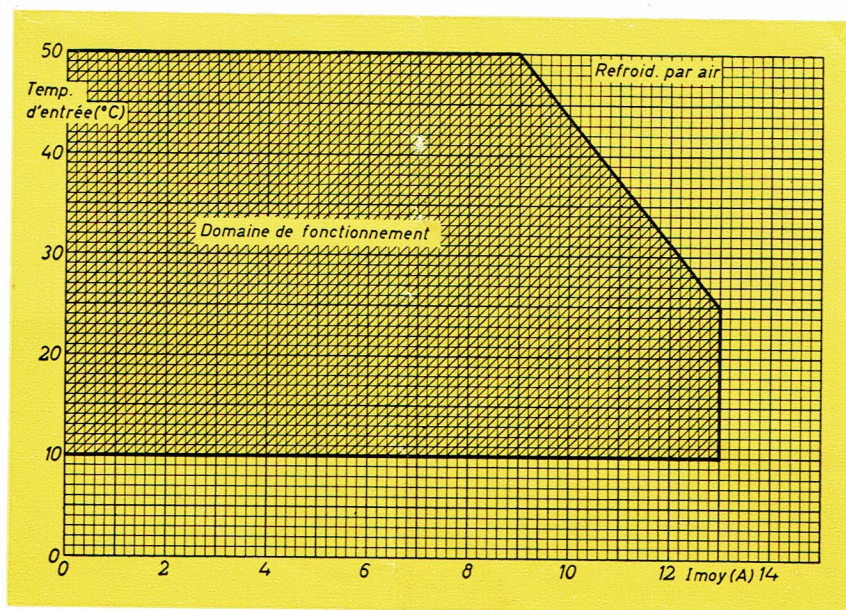


Figure 6.



## CARACTÉRISTIQUES DE L'IGNITRON ZX 1000

### Caractéristiques mécaniques.

Poids approximatif de l'ignitron..... 500 g  
 Poids du refroidisseur à eau..... 250 g  
 Poids du refroidisseur à air..... 300 g  
 Dimensions et connexions de sortie des électrodes : voir la figure 1.  
 Disposition du tube dans le montage : verticale (connexion d'anode vers le haut).

### Caractéristiques électriques.

#### a) Conditions normales d'emploi.

Ces conditions sont données par le tableau de la page 3

et précisées pour divers régimes de fonctionnement.

Temps d'ionisation ..... 9  $\mu$ s

Tension d'arc : voir la figure 3.

#### b) Valeurs à ne pas dépasser (limites absolues).

Tension anodique directe.....max : 800 V

Tension anodique inverse..... max : 800 V

Fréquence de fonctionnement..... min : 25 Hz

max : 60 Hz

Courant de crête (temps d'intégration maximal : 0,15 s)

max : 2,8 x I eff. (\*)

Temps d'intégration : voir tableau page 3 et fig. 4.

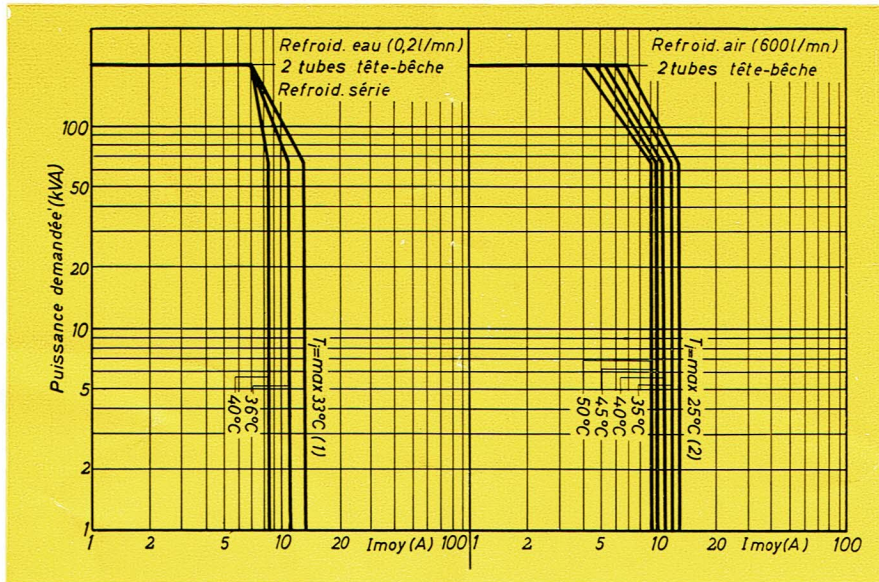


Figure 7.

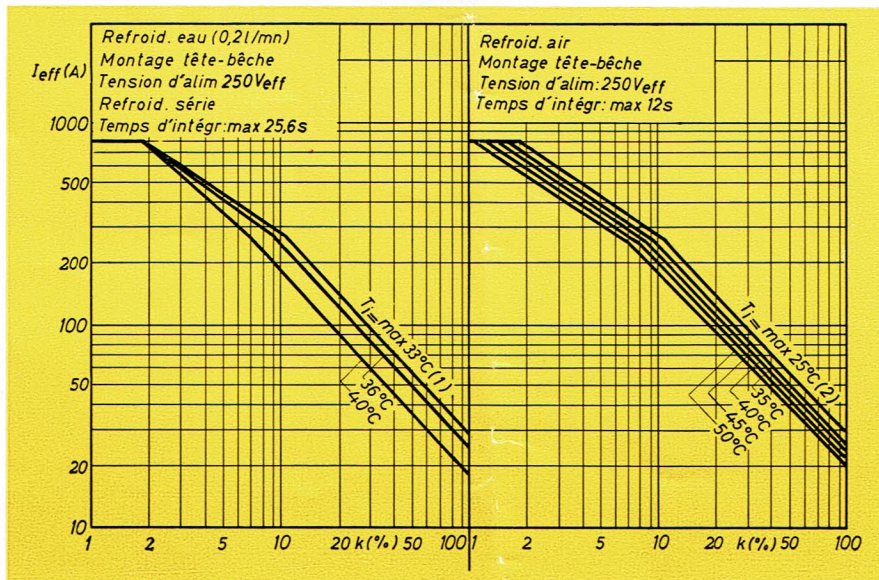


Figure 8a.

(\*) voir tableau page 3.



**c) Système de refroidissement.**

**Refroidissement par eau (\*).**

Débit d'eau à pleine charge de l'ignitron. max : 0,5 l/mn  
 min : 0,2 l/mn  
 Différence de pression à 0,2 l/mn..... max : 0,05 kg/cm<sup>2</sup>  
 Température de l'eau à l'entrée du refroidisseur : voir les figures 5 et 7.

**Refroidissement par courant d'air forcé (\*).**

Flux d'air à travers chaque radiateur, à pleine charge..... min : 600 l/mn  
 Température de l'air à 600 l/mn : voir les figures 6 et 7.  
 Température de la cathode au maximum du courant moyen..... max : 120° C  
 Température de la cathode au maximum du courant efficace..... max : 65° C  
 Température minimale de la cathode... min : 10° C

**Circuit de commande.**

Ce circuit est représenté par la figure 2.

Valeurs des composants :

Capacité du condensateur ..... C = 1 μF  
 Tension de service du condensateur .... 550 V ± 50 V  
 Inductance en série ..... L = 100 μH  
 Résistance du circuit ..... max : 0,5 Ω

**Durée utile de l'ignitron.**

Les diagrammes de la figure 10 donnent cette durée d'utilisation en années et en heures. On admet que l'année correspond à 50 semaines de 40 heures (soit environ 50 · 10<sup>6</sup> amorçages). On considère que la fin de durée utile du tube est atteinte lorsqu'il apparaît une probabilité d'un non-fonctionnement pour 10<sup>3</sup> amorçages.

L'axe horizontal donne l'indication du rapport cyclique d'utilisation.

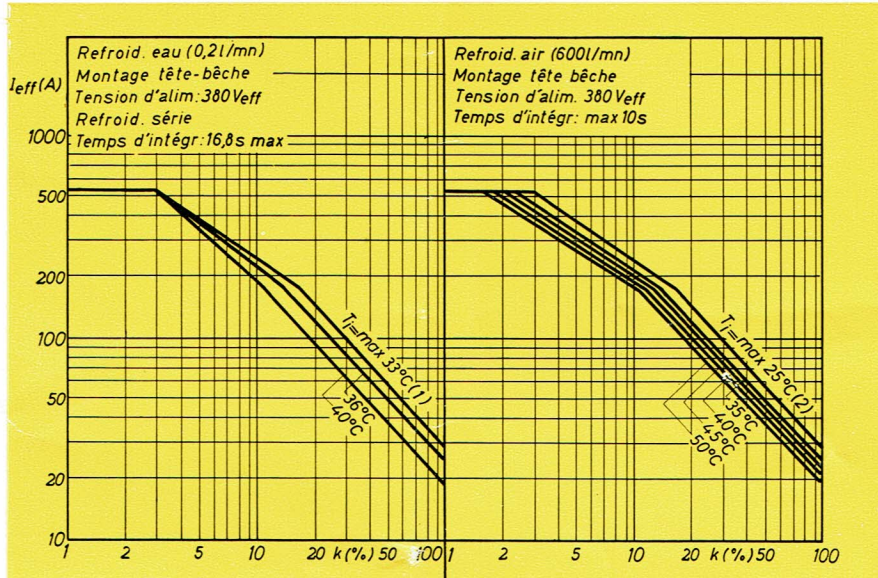


Figure 8b.

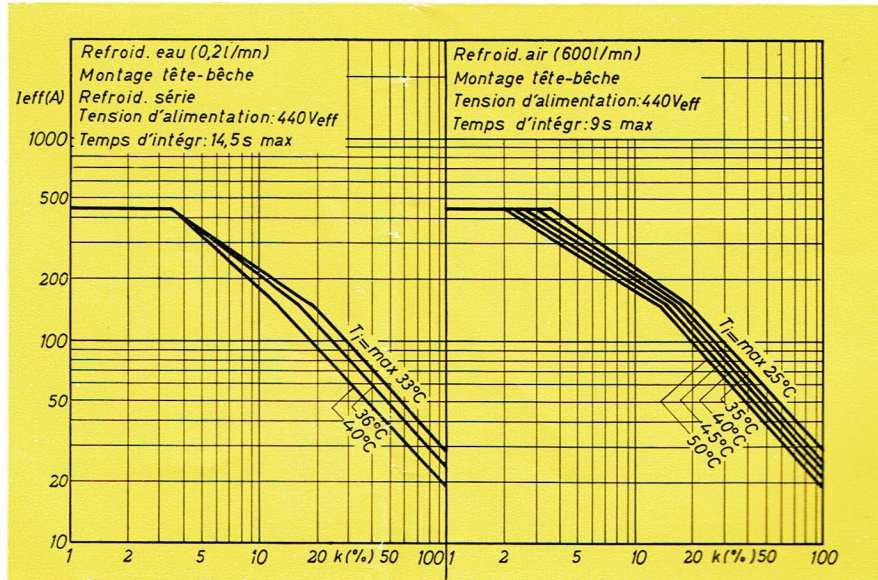


Figure 8c.

(\* ) voir aussi les diagrammes de la figure 8.



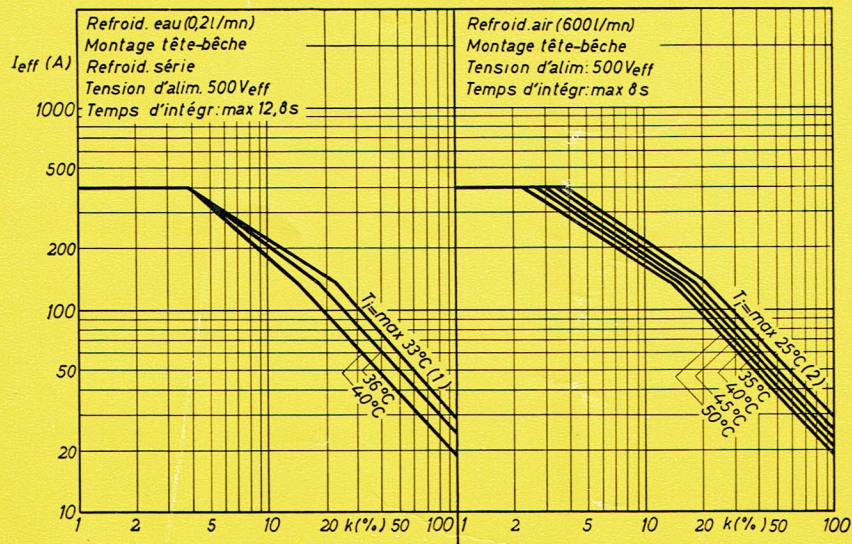


Figure 8d.

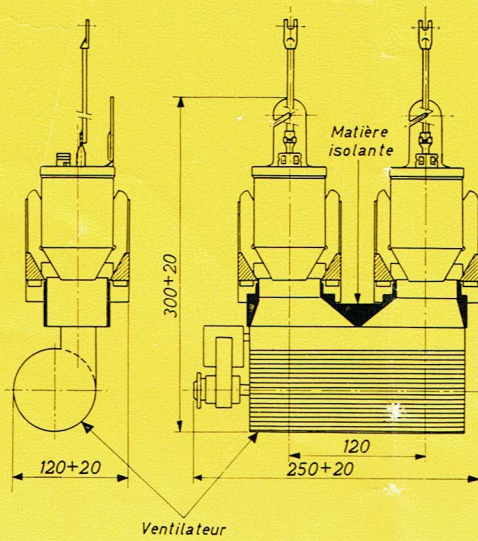


Figure 9.

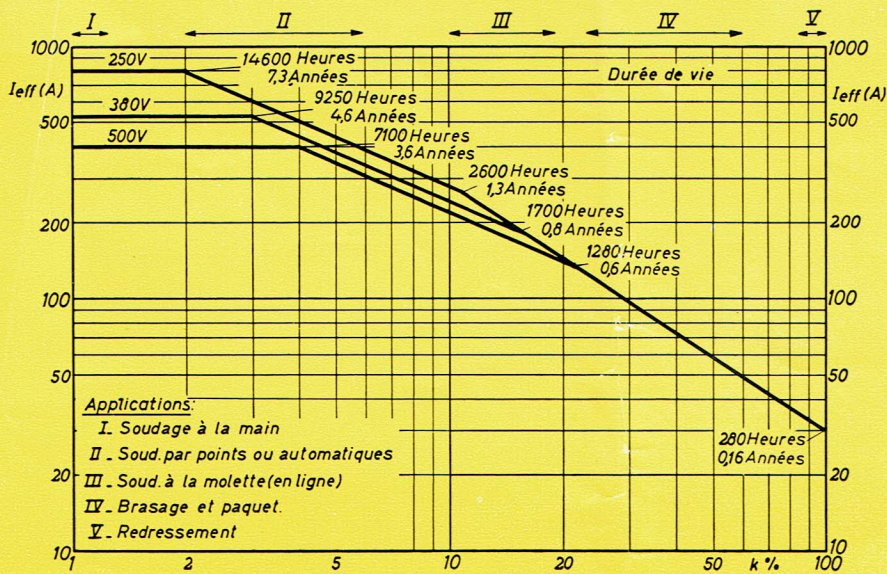


Figure 10.



## APPLICATION AUX MACHINES A SOUDER PAR RESISTANCE

Les ignitrons trouvent de nombreuses applications industrielles, puisque ce sont des redresseurs qui permettent de commander la circulation de courants très intenses. Ils trouvent donc leur emploi dans la commande de grosses machines, telles que les motrices à traction électrique, moteurs de levage, ponts roulants, laminoirs, etc. Dans le domaine de la soudure électrique par résistance, ils ont apporté de tels perfectionnements que le type ZX 1000 a été particulièrement étudié pour cette application. Nous ne nous intéresserons ici qu'à ce problème, mais il va sans dire que l'ignitron ZX 1000 peut fournir ses services dans de nombreux ensembles automatiques.

transformateur de soudure, mais aussi des instants précis de fermeture et d'ouverture de ce circuit, relié au réseau de distribution. Du choix de ces instants va dépendre la forme des signaux qui apparaissent au secondaire de ce transformateur, c'est-à-dire dans le circuit de soudage proprement dit.

Les ignitrons sont donc particulièrement bien adaptés à ces techniques, car, directement alimentés par la tension alternative du réseau, ils permettent de fermer, à un instant judicieusement choisi, un circuit traversé par un courant d'intensité élevée. De plus, leur conduction cessant dès que la différence de potentiel entre leur anode et leur cathode s'annule, ils ouvrent donc le circuit à un instant favorable.

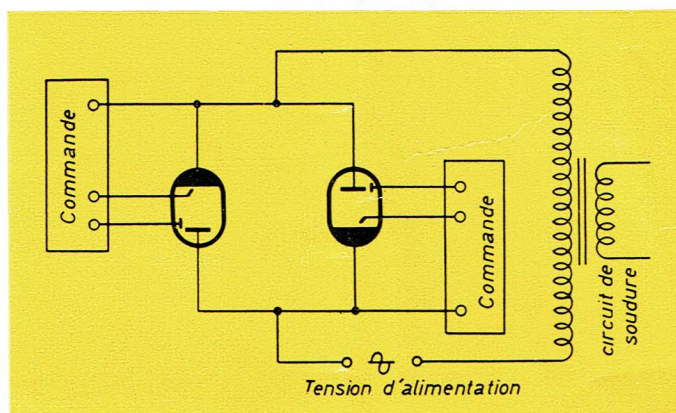


Figure 11.

Dans les machines à souder, le circuit de soudure doit précisément être alimenté par des courants très intenses, et cela pendant des intervalles de temps très courts et très exacts. Les techniques de soudure exigent, aujourd'hui, une

La figure 11 représente le schéma électrique d'un tel montage dans lequel les ignitrons travaillent tour à tour au cours de chaque demi-période qui rend leur anode positive par rapport à leur cathode.

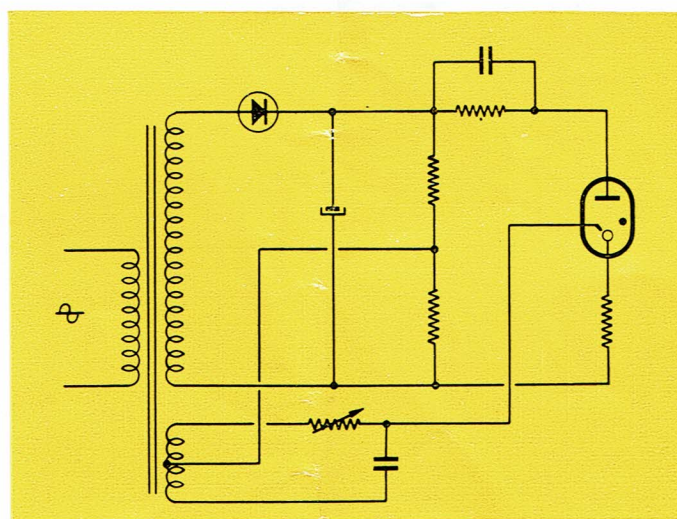


Figure 12.

précision telle qu'elle interdit, dans la plupart des cas, l'emploi de systèmes de commutation mécaniques. En effet, la qualité de la soudure dépend, non seulement du temps de circulation du courant à travers le circuit primaire du

Dans les premières machines à souder, le temps de passage du courant, comme les autres temps opératoires de la machine, était défini par un temporisateur électronique, obtenu par un dispositif à constante de temps réglable. Cette



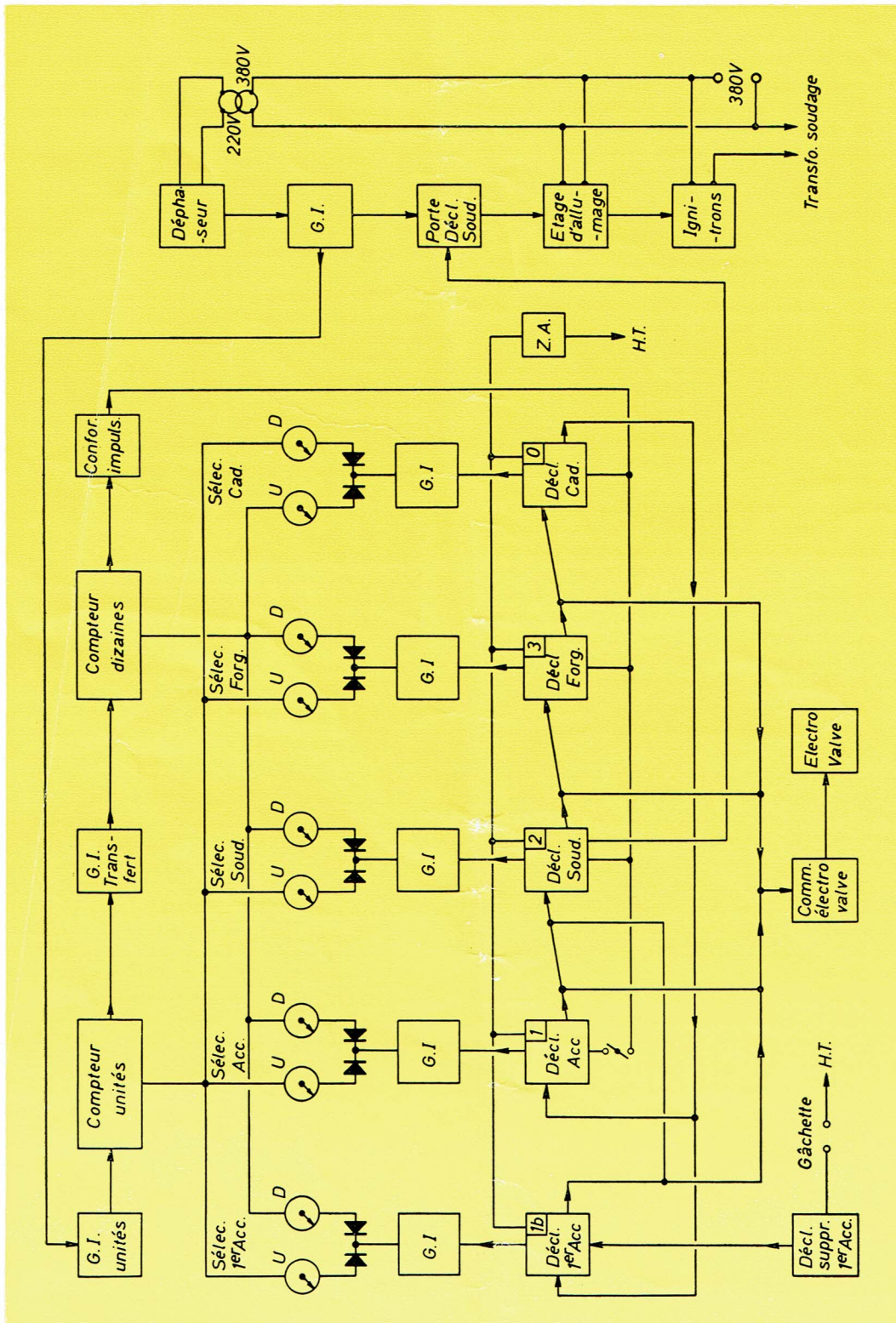


Figure 13.



méthode, qui améliorerait déjà la qualité des soudures, présente cependant les défauts suivants :

— les circuits de temporisation doivent être précis et demandent à être étalonnés fréquemment, en raison du vieillissement de leurs composants,

— la forme du courant qui traverse le secondaire du transformateur de soudure dépend de l'instant d'amorçage des ignitrons au cours de chaque demi-période. On est alors conduit à synchroniser la temporisation avec le signal sinusoïdal du réseau d'alimentation, ce qui entraîne une certaine complexité du montage.

A la lumière de ces critiques, on établit aujourd'hui des ensembles qui permettent de tirer un meilleur profit des qualités des ignitrons. Dans ces ensembles, l'instant d'amorçage des redresseurs est le même au cours de chaque demi-période. Les réglages qui agissent, d'une part sur cet instant d'amorçage, d'autre part sur les temps opératoires, sont absolument indépendants. La durée de ces temps opératoires correspond alors à un nombre entier de périodes (ou de demi-périodes), qu'il suffit donc de compter soit à l'aide d'un compteur soit à l'aide d'un temporisateur, synchronisé sur le secteur. Nous obtenons ainsi un réglage très précis du temps de soudure, par paliers élémentaires d'une période ou d'une demi-période.

L'ensemble de programmation se compose alors essentiellement d'un générateur d'impulsions et d'un certain nombre de systèmes de comptage. Le générateur d'impulsions, déclenché par le signal alternatif du réseau de distribution (à la fréquence de 50 Hz sur le réseau européen), est simplement un thyatron à cathode froide, par exemple, selon un schéma tel que celui de la figure 12. Dans ce montage, l'angle de phase entre le signal sinusoïdal du réseau et l'impulsion peut être réglé à l'aide de la résistance variable R d'un circuit déphaseur.

Les temporisateurs qui définissent les divers temps opératoires de la machine sont alors constitués par de simples systèmes de comptage, à prédéterminations multiples. L'opérateur peut ainsi régler la durée de chaque opération élémentaire au moyen de contacteurs à galettes dont la position détermine, par avance, un nombre caractérisant cette durée.

Le même générateur pourra alors fournir, à la fois, les signaux qui alimentent le compteur, et les signaux d'ordre qui doivent déclencher les ignitrons, de sorte que l'énergie dissipée dans le circuit de soudure sera parfaitement définie et facilement prédéterminée.

La structure générale de notre ensemble de commande correspond à celle que nous offre le schéma synoptique de la figure 13. Il représente un dispositif à « séquences » d'une

machine à souder par points, où nous trouvons les cinq séquences suivantes :

a) descente d'approche des électrodes pendant un certain temps dit de « premier accostage »,

b) serrage des tôles entre les électrodes de la pince à souder, pendant un certain temps dit « d'accostage »,

c) passage du courant dans le circuit de soudure pendant une durée parfaitement définie, dite de soudage,

d) maintien des électrodes serrées pendant un certain temps de refroidissement ou « forgeage »,

e) écartement de ces électrodes pendant un certain temps pour permettre le déplacement des pièces ou « cadence ».

Sur ce schéma fonctionnel, nous trouvons, tout d'abord, dans le haut de la figure, le compteur de périodes, alimenté par notre générateur (G.I.), par l'intermédiaire de conformateurs d'impulsions. Ce compteur a été prévu pour totaliser un maximum de 100 périodes successives, ce qui offre une temporisation maximale de 2 secondes, pour une alimentation à 50 Hz. Cinq paires de contacteurs à galettes intéressant chacune des séquences permettent de régler par avance la durée qui convient à chacune d'elles. Considérons par exemple le premier temps ou premier accostage : l'approche des électrodes se fait pendant que le compteur additionne les impulsions, et dès que le nombre, à deux chiffres prédéterminés, apparaît sur le compteur, le conformateur associé au circuit logique d'intersection ordonne l'arrêt de cette séquence et le démarrage de la suivante, après remise à zéro du compteur. Il en est de même pour les autres séquences, que l'opérateur peut éventuellement supprimer, comme le temps de premier accostage (« marche à la volée ») pour effectuer une ligne de points de soudure), ou interrompre pour reprendre le contrôle de la machine, en cas de nécessité. Toutefois, le cycle sera verrouillé pendant les temps de soudage et de forgeage, afin qu'une fausse manœuvre ne puisse perturber la qualité du point de soudure. Ces conditions seront traduites électriquement par divers circuits logiques/simples.

L'ensemble programmeur peut être avantageusement réalisé à l'aide de tubes à cathode froide (thyatrons ou tubes décimaux à gaz tels que Z 502 S, Z 303 C, Z 504 S) car ils offrent la possibilité de suivre, par un simple contrôle visuel, le bon fonctionnement de la machine et le déroulement des opérations successives.

Le développement des ignitrons, leur souplesse de commande, et l'élaboration de ces systèmes programmeurs ont activement contribué à l'évolution des techniques de la soudure. Qu'il s'agisse de soudure par points ou de soudure à la molette, de telles machines fonctionnent couramment dans les industries car elles y donnent toute satisfaction.



## “ INFORMATIONS ÉLECTRONIQUES ”