



TUBES REDRESSEURS

## TUBES ÉLECTRONIQUES

CATALOGUE N° R. 148

enregistré au nom de

Monsieur F. LANGFORD SMITH

Firme ENGLISH ELECTRIC VALVE COMPANY LIMITED

WATERHOUSE Lane CHELMSFORD ( Essex ) ENGLAND.

Service Poste

*Nota. - Les feuillets de mise à jour de ce catalogue seront adressés au nom et à l'adresse ci-dessus indiqués. Notifier tout changement à*

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON

GRUPE ÉLECTRONIQUE

173. BOULEVARD HAUSSMANN - PARIS-VIII<sup>e</sup>



C. F. T. H.

- Tubes Redresseurs.

Kendrons.

TH 3B24W

THX 80

TH250R

TH YOSA.

Phanotrons.

TH 5040-5042.

TH 5130

TH 5221

Thyratrons.

TH 6041

TH 6090

TH 6091

TH 6130

TH 6220A

TH 6240

TH 6250

Ignitrons

TH 7010

TH 7020-TH 7021.

TH 7030-TH 7031

TH 7040-TH 7041

Accessories

TH 14 103

13th November, 1963.

NOMENCLATURE DU CATALOGUE

<u>NOTICES</u>		<u>N° D'EDITION</u>	<u>DATE D'EDITION</u>
<u>GENERALITES</u>			
Nomenclature du catalogue		TE 001 G ✓	Jan 1960
Tableau d'équivalence		TE 002 G ✓	Jan 1960
Liste alphanumérique		TE 010 A ✓	Jan 1960
Caractéristiques générales des tubes de maintenance et des tubes abandonnés		TE 011 A ✓	Jan 1960
<u>INFORMATIONS TECHNIQUES</u>			
Tubes redresseurs		TE 017 ✓	Juin 1958
<u>KENOTRONS</u>			
TH 3 B 24 W ✓		TE 148 B	Mars 1958
TH X 80 ✓		TE 197 A	Juin 1955
TH 250 R ✓		TE 149 A	Mars <del>1958</del> 1960
TH 705 A ✓		TE 150 B	Mars <del>1958</del> 1960
<u>PHANOTRONS</u>			
TH 5040 ✓		TE 106 C	Juil 1959
TH 5130 ✓		TE 115	Nov <del>Mai</del> 1955
TH 5221 ✓		TE 111 B C	Feb <del>Mai</del> 1958 1960
<u>THYRATRONS</u>			
TH 6041 ✓		TE 133 B C	May <del>Nov</del> 1959 1960
TH 6090 ✓		TE 126 D E	March <del>Juil</del> 1958 1960
TH 6091 ✓		TE 132 C	Juil 1958
TH 6130 ✓		TE 134 A	Mai 1956
TH 6220 A ✓		TE 137 B	Mai 1959
TH 6240 ✓		TE 135 C	Juin 1959
TH 6250 ✓		TE 136 A B	March <del>Déc</del> 1957 1960
<u>IGNITRONS</u>			
TH 7010 ✓		TE 138 B	Oct 1957
TH 7020/7021 ✓		TE 139 B	Oct 1957
TH 7030/7031 ✓		TE 144	Oct 1957
TH 7040/7041 ✓		TE 145	Oct 1957
<u>ACCESSOIRES</u>			
Connexions		TE 606 ✓	Nov 1955 1957
Thermorégulateur	TH 14 103 ✓	TE 603 H ✓	Oct 1959
Supports		TE 602 ✓	Nov <del>Sept</del> 1955 1957

all OK

TABLEAU D'EQUIVALENCE DES TUBES C.F.T.H. AMERICAINS & ANGLAIS

<u>TYPES C.F.T.H.</u>	<u>TYPES AMERICAINS</u>	<u>TYPES ANGLAIS</u>
<u>KENOTRONS</u>		
TH 3 B 24 W	3 B 24 W	
TH X 80	X 80	
TH 250 R	250 R	
TH 705 A	705 A	
<u>PHANOTRONS</u>		
TH 5040	GL 869 B	
TH 5221	3 B 28	
<u>THYRATRONS</u>		
TH 6220 A	GL 5545/GL 6807	
TH 6240	GL 6011	
TH 6250	GL 5855	
<u>IGNITRONS</u>		
TH 7010 taille A	GL 415-WL 5550/681	BK 66
TH 7020 " B	FG 271-WL 5551/652	BK 42
TH 7030 " C	FG 235 A-WL 5552/651	BK 24
TH 7040 " D	FG 258 A-WL 5553/655	BK 34

TUBES DE MAINTENANCE ET TYPES ABANDONNES  
CARACTERISTIQUES GENERALES

Référence des Tubes	CATHODE			CARACTERISTIQUES (Valeurs maxima)			DIMENSIONS H.T.	
	Mode de Chauffage	Tension V	Intensité A	Tension inverse de crête V	Courant moyen redressé A	Courant redressé crête A	Diamètre mm	Hauteur mm
B 8/20		2,5	5,5	20 000	0,02	0,15	47	175
B 8/40		5	5,5	20 000	0,04	0,3	47	175
LR 1616	direct	2,5	5	5 500	0,13	0,8	52	170
PA 68	"	2,5	5	6 000	0,3	1,2	62	175
PA 69	"	2,5	5	10 000	0,3	1,2	62	160
PA 70	"	5	10	7 500	0,75	2,5	60	240
PA 73	indirect	5	17,5	3 500	12,5	75	130	370
PA 5010	direct	2,5	5	6 000	0,3	1,2	62	175
PA 5020	"	2,5	5	10 000	0,3	1,2	62	160
PA 5030	"	5	10	7 500	0,75	2,5	60	240
PA 5060	indirect	5	17,5	2 000	10	40	130	370
PH 19	direct	5	10	7 500	0,75	2,5	60	240
PH 28	"	2,5	5	5 000	0,3	1,2	62	175
PH 28 a	"	2,5	5	10 000	0,3	1,2	62	160
PH 30	indirect	5	17,5	2 000	10	40	130	370
TH 2 W 100	direct	9,5	6,75	15 000	0,2	0,8	110	385
TH 2 W 600	"	11	22	60 000	0,6	2	135	230
TH 17	"	2,5	5	2 500	0,25	1	62	175
TH 29	indirect	5	17,5	2 000	12,5	75	130	370
TH 41	"	5	17,5	10 000	12,5	75	130	445
TH 57	"	5	5	1 000	2,5	15	76	180
TH 67	"	5	4,5	1 000	2,5	15	76	180
TH 81	direct	2,5	5	180	0,25	1	62	175
TH 97	"	2,5	5	1 000	0,25	1	80	175
TH 98	"	2,5	5	180	0,25	1	83	168
TH 5021	"	2,5	5	10 000	0,4	1,2	62	165
TH 5031	"	5	7,5	10 000	1,2	4,8	62	245
TH 5050	indirect	5	5	2 000	2,5	10	75	188
TH 5061	direct	5	5	10 000	0,6	2,4	52	170
TH 5062	"	4	7	10 000	0,6	2,4	52	200
TH 5070	"	5	40	15 000	4	16	160	445
TH 5071	"	5	30	22 000	5	20	160	395
TH 5080	"	5	13	18 000	2,5	10	72	400
TH 5090	"	5	11	15 000	1,5	6	60	280
TH 6010	"	2,5	5	2 500	0,25	1	62	175
TH 6011	"	2,5	5	5 000	0,5	2	50	180
TH 6030	indirect	5	5	1 000	2,5	15	76	180
TH 6031	"	5	4,5	1 000	2,5	15	74	184

## TUBES DE MAINTENANCE ET TYPE ABANDONNES

## CARACTERISTIQUES GENERALES

Référence des Tubes	CATHODE			CARACTERISTIQUES (Valeurs maxima)			DIMENSIONS H. T.	
	Mode de chauffage	Tension V	Intensité A	Tension inverse de crête V	Courant moyen redressé A	Courant redressé crête A	Diamètre mm	Hauteur mm
TH 6041	direct	5	18	20 000	2,5	10	132	367
TH 6050	Indirect	5	4,5	1 000	2,5	15	74	189
TH 6070	"	5	17,5	10 000	12,5	75	130	445
TH 6100	"	5	4,5	1 000	2,5	15	86	191
TH 6120	"	5	10	2 500	6,4	40	100	286
TH 6230	direct	2,5	7	1 250	1,5	6	53	150
TY 74	direct	2,5	5	2 500	0,25	1	62	175
TY 75	"	2,5	5	180	0,25	1	62	175
TY 76	indirect	5	5	1 000	2,5	15	76	180
TY 77	"	5	5	1 000	2,5	15	76	180
TY 79	"	5	17,5	3 000	8	40	130	370
TY 80	"	5	17,5	10 000	12,5	75	130	445
TY 82	direct	2,5	5	1 000	0,25	1	80	175
TY 83	"	2,5	5	180	0,25	1	83	168
TY 6040	Indirect	5	4,5	1 000	2,5	15	76	180
TY 6060	"	5	17,5	3 000	8	40	130	370
TY 6080	direct	2,5	5	1 000	0,25	1	80	175
VB 2/400		4	2,5	4 000	0,4	1,6	45	135
VB 3/250		2	4,5	6 300	0,25	1	45	126
VB 4/600/4		4	7	10 000	0,6	2,4	52	200
VB 8/400		2,5	5	20 000	0,4	1,6	115	190
VB 8/600		5	5	20 000	0,6	2,4	62	235
VC 1/3000		5	8	2 000	3	25	62	220
VC 1/6000	Indirect	5	16	2 000	6	50	85	285
VC 4/1200		5	8	4 000	1,2	4,8	62	220





# **TUBES REDRESSEURS A VIDE POUSSE**

**et**

# **TUBES IONIQUES**

*d*

Edité par le Service de Liaison Technique de  
la C.F.T.H. Groupe Electronique - Département Tubes  
6, rue Mario Nikis - Paris XVème - SUffren 91-00

NOTICE TE 017

Juin 1958

## TUBES REDRESSEURS

Les montages et schémas figurant dans la présente notice ne sont donnés qu'à titre documentaire et ne sauraient engager la responsabilité de la  
Compagnie Française THOMSON - HOUSTON  
quant à leur protection éventuelle par des brevets

X

## Errata

Pages

- 20 Colonne 1 § 5.2-1 à 5.2-5  
 lire: page 9  
§ 5.2-6  
 lire: page 10
- 24 Colonne 2 6ème ligne  
 lire: page 87
- 28 Légende de la figure 5.4-7, au lieu de 12 kV - 72 kV  
 lire: 12 kV - 72 kW
- 30 § 5.6-3 ligne TH 6091 colonne If au lieu de = 35  
 lire: 26
- 57 Colonne 2-19ème ligne  
 lire: page 85
- 77 Colonne 2 3ème ligne  
 lire:  $I_{\text{moy}} = \frac{E_0}{2\pi R} (1 + \cos \varphi_1)$
- 79 Colonne 1 3ème ligne à partir du bas  
 lire:  $-180^\circ < \varphi < 0^\circ$   
 (Réglage de  $i_{\text{moy}}$  depuis 0 jusqu'à  $i_{\text{moy max}}$ )
- 82 Colonne 1 légende de la figure 9.6-1 au lieu de:  $70 \pm 10\%$ ,  
 lire:  $70 \text{ V} \pm 10\%$   
Colonne 2 légende de la figure 9.6-2 au lieu de:  $100 \pm 10\%$ ,  
 lire:  $100 \text{ V} \pm 10\%$
- 90 Légende de la figure 10.3 au lieu de:  $\frac{I_{\text{crête}}}{I_{\text{moy}}}$   
 lire:  $\frac{I_{\text{crête}}}{I_{\text{eff}}}$
- 91 5.4-4 au lieu de: 12 kW - 10 A,  
 lire: 12 kV - 10 A
- 94 9.5-2-3 au lieu de:  $e \sin t + \frac{\pi}{2}$   
 lire:  $e \sin (\omega t + \frac{\pi}{2})$
- 95 10.2 et 10.3 au lieu de: retard d'amorçage  $0^\circ$   
 lire: retard d'amorçage  $\theta^\circ$



CENTRE "SUFFREN"

L'après - guerre a vu la TECHNIQUE ELECTRONIQUE prendre un essor considérable et étendre son champ d'action à tous les domaines de l'activité humaine.

Les TELECOMMUNICATIONS se perfectionnent, les APPLICATIONS SCIENTIFIQUES, INDUSTRIELLES ou ARTISANALES deviennent chaque année plus nombreuses. Le souci de se maintenir à la pointe du PROGRES ou la CONCURRENCE amènent nécessairement le SAVANT, l'INDUSTRIEL, le TECHNICIEN, pour résoudre les problèmes TECHNIQUES ou de PRODUCTIVITE, à adopter les solutions les plus MODERNES.

L'ELECTRONIQUE offre en ce sens des possibilités immenses et sans cesse renouvelées.

La COMPAGNIE FRANCAISE THOMSON-HOUSTON attache parmi ses nombreuses activités, une importance particulière au DEVELOPPEMENT et à l'EVOLUTION de l'ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE. Elle offre une gamme très étendue de TUBES D'EMISSION de toutes puissances, de TUBES IONIQUES et de certains types de TUBES SPECIAUX.

La présente notice traite particulièrement des TUBES REDRESSEURS A VIDE POUSSE : les KENOTRONS, et des TUBES REDRESSEURS IONIQUES : PHANOTRONS, THYRATRONS, IGNITRONS.

Cette notice a deux objectifs : d'une part, rappeler au PROJETEUR, ou au TECHNICIEN, les éléments qui lui permettront de choisir le TUBE QUI CONVIENT A CHAQUE CAS PARTICULIER; d'autre part, RENSEIGNER le PROFESSIONNEL, l'USAGER, sur les quelques PRECAUTIONS à prendre pour tirer le meilleur parti des équipements électroniques qu'il possède, POUR EVITER LES INCIDENTS TECHNIQUES si nocifs à la PRODUCTIVITE, et pour augmenter la DUREE DE VIE des tubes.

Le texte en double caractère correspond à ce souci, le PETIT étant surtout destiné au TECHNICIEN et pouvant être laissé de côté en première lecture par l'USAGER.

## Sommaire

Avant-propos

### 1- DIFFERENTS TUBES REDRESSEURS

- 1.1 Tubes à vide poussé
- 1.2 Tubes ioniques
  - 1.2-1 - Le phanotron
  - 1.2-2 - Le thyatron
  - 1.2-3 - L'ignitron

### 2- CHOIX DES TUBES

A chaque problème sa solution:

- 2.1 Un redresseur haute tension à faible débit: Voir chapitre 3: Kénotrons.
- 2.2 Un redresseur de petite et moyenne puissance à tension fixe ou réglable à faible taux de ronflement: Voir chapitre 4: Phanotrons.
- 2.3 Un redresseur de petite à moyenne puissance à tension réglable: Voir chapitre 5: Thyratrons.
- 2.4 Un redresseur à très forte puissance en haute et basse tension: Voir chapitre 6: Ignitrons.
- 2.5 Un contacteur précis et rapide pour fortes puissances: Voir chapitre 6: Ignitrons.
- 2.6 Un montage particulier des tubes ioniques: Voir chapitre 7.
- 2.7 Recommandations générales: Voir chapitre 8.
- 2.8 Annexe: Exposé sommaire des phénomènes, systèmes de commande, tables numériques: Voir chap. 9.

### 3- KENOTRONS

- 3.1 Description
- 3.2 Définition des caractéristiques générales
  - 3.2-1 - La tension de chauffage.
  - 3.2-2 - L'intensité du courant de chauffage.
  - 3.2-3 - Le mode de refroidissement.
- 3.3 Conditions d'emploi - Valeurs limites d'utilisation
  - 3.3-1 - La tension directe et la tension inverse maximum de crête.
  - 3.3-2 - Le courant anodique instantané maximum.
  - 3.3-3 - Le courant anodique moyen maximum.
  - 3.3-4 - La chute de tension interne, résistance interne.
- 3.4 Choix des tubes
  - 3.4-1 - Tableau des kénotrons C.F.T.H. et équivalence U.S.A.

## 4 - PHANOTRONS

### 4.1 Description

#### 4.2 Définition des caractéristiques générales

- 4.2-1 - La tension de chauffage.
- 4.2-2 - L'intensité du courant de chauffage.
- 4.2-3 - Le temps de préchauffage.
- 4.2-4 - Le délai d'application de la tension anodique.
- 4.2-5 - La température du mercure condensé.

#### 4.3 Conditions d'emploi - Valeurs limites d'utilisation

- 4.3-1 - La tension inverse maximum de crête.
- 4.3-2 - Le courant anodique instantané maximum.
- 4.3-3 - Le courant de pointe maximum ou courant de court-circuit.
- 4.3-4 - Le courant anodique moyen maximum.
- 4.3-5 - La chute de tension interne.
- 4.3-6 - Le mode de refroidissement.

#### 4.4 Choix des tubes

#### 4.5 Tableau des principaux types de phanotrons C.F.T.H. et équivalence U.S.A.

## 5 - THYRATRONS

### 5.1 Description

#### 5.2 Définition des caractéristiques générales

- 5.2-1 - La tension de chauffage.
- 5.2-2 - L'intensité du courant de chauffage.
- 5.2-3 - Le temps de préchauffage.
- 5.2-4 - Le délai d'application de la tension anodique.
- 5.2-5 - La température du mercure condensé.
- 5.2-6 - Le mode de refroidissement.
- 5.2-7 - Le temps d'ionisation.
- 5.2-8 - La caractéristique de commande.

#### 5.3 Conditions d'emploi - Limites maximum d'utilisation

- 5.3-01- La tension inverse maximum de crête.
- 5.3-02- La tension directe maximum de crête.
- 5.3-03- Le courant anodique ou cathodique instantané maximum.
- 5.3-04- Le courant de pointe maximum ou courant de court-circuit.
- 5.3-05- Le courant anodique moyen maximum.
- 5.3-06- La tension de grille négative maximum avant amorçage.
- 5.3-07- La tension de grille négative maximum après amorçage.
- 5.3-08- Le courant de grille maximum (anode positive).
- 5.3-09- Les caractéristiques de courant ionique.
- 5.3-10- Le temps d'intégration.
- 5.3-11- Le facteur de commutation.
- 5.3-12- Courant crête x tension crête x fréquence de répétition.
- 5.3-13- La pente maximum du front de l'impulsion anodique en ampères par microseconde.
- 5.3-14- La tension crête minimum du signal de déclenchement.
- 5.3-15- La largeur minimum du signal de déclenchement.
- 5.3-16- La pente minimum du front du signal de déclenchement.
- 5.3-17- L'impédance maximum du circuit de grille.

#### 5.4 Choix des tubes

#### 5.5 Comparaison entre divers types de thyratrons

5.6 Tableau des divers types de thyratrons C.F.T.H. et équivalence U.S.A.

- 5.6-1 - Thyratrons à basse tension à vapeur de mercure.
- 5.6-2 - Thyratrons à basse tension à gaz inerte.
- 5.6-3 - Thyratrons à haute tension à vapeur de mercure.
- 5.6-4 - Thyratrons spéciaux à hydrogène.

5.7 Possibilité d'emploi industriel des thyratrons à hydrogène

**6- IGNITRONS**

6.1 Description

6.2 Principes de fonctionnement

6.3 Différents types d'ignitrons

6.4 Principales applications des ignitrons

- 6.4-1 - Application à la soudure électrique.
- 6.4-2 - Application au redressement.
- 6.4-3 - Application à la conversion de puissance.
- 6.4-4 - Applications spéciales.

6.5 Régimes de fonctionnement

- 6.5-1 - Ignitrons de soudure.
- 6.5-2 - Utilisation des courbes de charge.
- 6.5-3 - Ignitrons redresseurs.

Tableau des principaux types C.F.T.H. et équivalences Grande-Bretagne et U.S.A.

6.6 Choix des tubes

- 6.6-1 - Ignitrons de soudure.
- 6.6-2 - Ignitrons redresseurs.
  - 6.6-2-1 - Montages.
  - 6.6-2-2 - Tableau des principales combinaisons.
  - 6.6-2-3 - Circuits d'excitation des ignitrons de soudure.
  - 6.6-2-4 - Circuits d'excitation dans le cas des ignitrons redresseurs.
  - 6.6-2-5 - Chutes de tension réelles et régulation.

6.7 Le thermorégulateur d'ignitrons

**7- QUELQUES SCHEMAS DE MONTAGES PARTICULIERS UTILISANT DES TUBES IONIQUES**

**8- RECOMMANDATIONS GENERALES A L'USAGER**

8.1 Phanotrons et thyratrons

- 8.1-1 - A la réception.
- 8.1-2 - Si le tube doit être stocké.
- 8.1-3 - Retrait de service et remplacement après incident.

8.2 Ignitrons

- 8.2-1 - A la réception.
- 8.2-2 - Stockage.
- 8.2-3 - Utilisation et entretien.
  - 8.2-3-1 - Précautions à prendre en hiver.
  - 8.2-3-2 - Précautions à prendre en été.
  - 8.2-3-3 - Conseils particuliers aux applications à la soudeuse.
  - 8.2-3-4 - Cas particuliers des réseaux d'alimentation de valeur de tension insuffisante.
- 8.2-4 - Mise hors service.
- 8.2-5 - Avis important (fiches suiveuses).

8.3 Quelques conseils pour la réalisation de redresseurs à tubes ioniques

- 8.3-1 - Conception.
- 8.3-2 - Choix du matériel et disposition conseillée.
- 8.3-3 - Sécurité.



## 9- ANNEXE

Notions sommaires sur les phénomènes intervenant dans le fonctionnement des tubes redresseurs à vide poussé et des tubes ioniques - Circuits de commande - Calculs sommaires des caractéristiques des redresseurs - (Tables).

### 9.1 Propriétés générales des tubes redresseurs diodes (à 2 électrodes)

- 9.1-1 - Charge d'espace.
- 9.1-2 - Répartition des potentiels.
- 9.1-3 - Désintégration cathodique par bombardement ionique.
- 9.1-4 - Effets de la pression sur les caractéristiques d'une diode à gaz.
- 9.1-5 - Effet de la température.
- 9.1-6 - Cas des tubes à cathode liquide.

### 9.2 Propriétés générales des triodes à gaz ou thyratrons

- 9.2-1 - Triodes à vide.
- 9.2-2 - Triodes à gaz.

### 9.3 Caractéristiques de grille des thyratrons

- 9.3-1 - Caractéristiques de grille d'un thyatron avant l'amorçage.
- 9.3-2 - Caractéristiques de grille d'un thyatron après l'amorçage.
- 9.3-3 - Conditions de travail des grilles de thyratrons. Résistances de grille minimum et maximum.

### 9.4 Phénomènes liés à l'ionisation

- 9.4-1 - Temps d'ionisation et de désionisation.
- 9.4-2 - Facteur de commutation.
- 9.4-3 - Importance du facteur de commutation.
- 9.4-4 - Mesure du facteur de commutation.
- 9.4-5 - Amélioration du facteur de commutation.
- 9.4-6 - Chute de tension dans les thyratrons.

### 9.5 Circuits de commande des grilles des thyratrons

- 9.5-1 - Différentes caractéristiques d'amorçage.
- 9.5-2 - Différents systèmes de commande de grille.
  - 9.5-2-1 - Commande de la grille par une tension continue.
  - 9.5-2-2 - Commande de la grille par une tension alternative et déphasage.
  - 9.5-2-3 - Commande de la grille par variation d'une polarisation continue superposée à une tension alternative.
  - 9.5-2-4 - Commande de la grille par deux tensions alternatives.
  - 9.5-2-5 - Commande de la grille en impulsions.
  - 9.5-2-6 - Commande de la grille par déphasage d'une tension alternative superposée à une polarisation continue fixe.
  - 9.5-2-7 - Commande de la grille par réseau déphaseur. Cas général.

### 9.6 Exemples de réalisations pratiques de circuits pour la commande de grilles

### 9.7 Formes des courants et des tensions obtenus avec la commande de grille retardée

### 9.8 Mesure de la chute de tension dans un tube ionique

- 9.8-1 - Méthode du Wattmètre.
- 9.8-2 - Méthode oscillographique (avec tension inverse appliquée).
- 9.8-3 - Autre méthode oscillographique (sans tension inverse).

- 10- - Tables numériques et courbes
- Répertoire des figures
- Références bibliographiques

# 1 - Différents Tubes Redresseurs

## DEFINITIONS SOMMAIRES

### 1.1 - TUBES A VIDE POUSSE

Le KENOTRON est un tube redresseur à 2 électrodes: une cathode chaude qui émet les électrons et une anode qui les collecte. Soumis à une différence de potentiel alternative, le KENOTRON ne laisse passer le courant que dans un seul sens. Ce passage s'accompagne d'une chute de tension assez importante et variable avec le courant. Par contre, le KENOTRON peut redresser des tensions très élevées.

### 1.2 - TUBES IONIQUES

Le PHANOTRON, le THYRATRON, l'IGNITRON sont des tubes dont le fonctionnement est, dans l'essentiel, basé sur un même principe physique: ce sont des TUBES REDRESSEURS, dits TUBES IONIQUES. Soumis à une différence de potentiel alternative de valeur suffisante, ils laissent passer le courant dans un seul sens. Ce passage s'accompagne d'une chute de tension dans le tube relativement faible (10 à 20 V) et pratiquement indépendante de la charge (dans les limites d'emploi prévues).

Cette caractéristique est propre aux tubes à remplissage gazeux à faible pression (xénon, argon, hydrogène ou vapeur métallique, en général, vapeur de mercure). Toutefois, ces trois catégories de tubes similaires possèdent des propriétés différentes que l'on peut définir sommairement ainsi:

#### 1.2-1 - Le PHANOTRON

Le PHANOTRON est un tube ayant 2 électrodes: une anode qui collecte les électrons, lorsqu'elle est positive, et une cathode chaude qui émet ces électrons. Le courant est constitué par ces électrons qui circulent dans le milieu gazeux suivant des lois complexes. Le phanotron se comporte vis-à-vis du courant alternatif comme une simple soupape qui s'ouvre par l'action de la tension positive d'anode et se ferme lorsque cette tension devient nulle.

#### 1.2-2 - Le THYRATRON

Le THYRATRON ressemble au phanotron, mais il possède en plus une troisième électrode, la grille, qui permet aisément de doser et d'asservir le passage du courant à travers le tube en retardant, à la manière d'un obturateur, le début du passage de ce courant. Il agit comme une soupape ouverte par l'action de la grille au moment choisi (l'anode étant positive), et fermée par l'action de l'anode lorsque la tension de celle-ci s'annule.

#### 1.2-3 - L'IGNITRON

L'IGNITRON est également un tube à 3 électrodes. Une anode collecte les électrons émis par une cathode froide constituée par un bain de mercure. La troisième électrode, l'igniteur, permet de provoquer cette émission au moment choisi. L'ignitron se comporte comme une soupape à très fort débit qui s'ouvre par l'action de l'igniteur (l'anode étant positive) et qui se ferme par l'action de l'anode lorsque sa tension s'annule.

## 2 - Choix des Tubes.

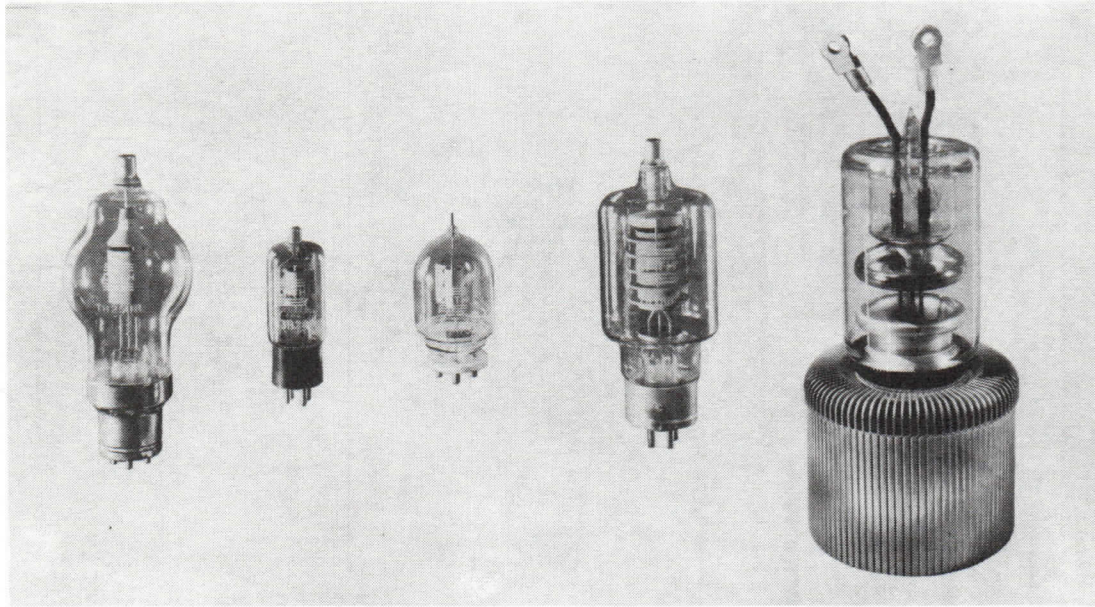
❖ ❖ ❖ A C H A Q U E P R O B L E M E S A S O L U T I O N . . . ❖ ❖ ❖

CONSULTEZ  
LES  
CHAPITRES

Les quatre catégories de tubes redresseurs: kénotrons, phanotrons, thyratrons, ignitrons, répondent à des besoins différents. On peut dire dans la pratique industrielle courante que si l'on désire réaliser:

- 2.1 - UN REDRESSEUR HAUTE TENSION A FAIBLE DEBIT ————— 3  
on choisira un ou plusieurs kénotrons.
- 2.2 - UN REDRESSEUR DE PETITE A MOYENNE PUISSANCE A TENSION FIXE OU REGLABLE ————— 4  
ayant un faible taux de ronflement de la tension redressée en absence de tout filtrage, ou bien appelé à fonctionner à puissance variable et avec une intensité pouvant rester en permanence égale à la valeur maximum, on fera usage de phanotrons. Ils seront alimentés par une source alternative, par l'intermédiaire d'un variateur de tension approprié si la tension redressée doit être variable.
- 2.3 - UN REDRESSEUR DE PETITE A MOYENNE PUISSANCE A TENSION REGLABLE ————— 5  
dont la puissance varie avec la tension, celle-ci pouvant être asservie à un phénomène variable quelconque, on fera appel aux thyratrons. Toutefois, on se rappellera qu'un redresseur à thyratrons nécessite souvent un excellent filtrage et que le courant maximum utilisable diminue avec la tension.
- 2.4 - UN REDRESSEUR A TRES FORTE PUISSANCE EN HAUTE ET BASSE TENSION ————— 6  
on choisira de préférence les ignitrons du type redresseur.
- 2.5 - UN CONTACTEUR PRECIS ET RAPIDE POUR FORTES PUISSANCES ————— 6  
on prendra des ignitrons du type soudure que l'on groupera par 2 en montage inverse-parallèle. Pour les appareils synchronisés et précis on commandera les ignitrons par des thyratrons du type TH 6240 ou TH 6220 A.
- 2.6 - UN MONTAGE PARTICULIER DES TUBES IONIQUES ————— 7  
tel que relais sensible, relaxateur, transformateur de fréquence ou de tension continue, contacteur ultra-rapide, commande automatique et très souple de moteurs à courant continu, etc..., on groupera différents tubes suivant des montages semblables à ceux donnés en exemples.
- 2.7 - RECOMMANDATIONS GENERALES ————— 8
- 2.8 - Une ANNEXE ————— 9  
contient un exposé sommaire sur les phénomènes intervenant dans le fonctionnement des tubes redresseurs, et sur les principaux systèmes de commande.  
Quelques abaques et tables numériques faciliteront le travail d'étude des redresseurs.

10



### 3 - Kénotrons

Le Kénotron est un tube électronique à vide poussé; il est muni de 2 électrodes: une anode et une cathode.

L'anode constituée par du métal ou du graphite collecte, lorsqu'elle est positive par rapport à la cathode, les électrons émis par celle-ci.

La cathode, à chauffage direct, est en tungstène thorié. Sa capacité d'émission d'électrons est relativement limitée.

Soumis à une différence de potentiel alternative, le kénotron ne se laisse traverser par le courant que dans un sens. Par convention, le sens est celui qui circule de la cathode vers l'anode à l'

extérieur du kénotron (Fig. 3.1).

Ce passage s'accompagne d'une chute de tension qui est fonction du courant traversant le tube. A cette chute de tension correspond une puissance dégradée sous forme de chaleur sur l'anode. Les tubes sont refroidis par convection naturelle, par ventilation ou par air soufflé pour les gros modèles.

La chute de tension, le courant redressé peu élevé, limitent l'emploi de ces tubes à des redresseurs à faible courant; par contre, la qualité de leur vide leur permet de résister à des tensions inverses très élevées.

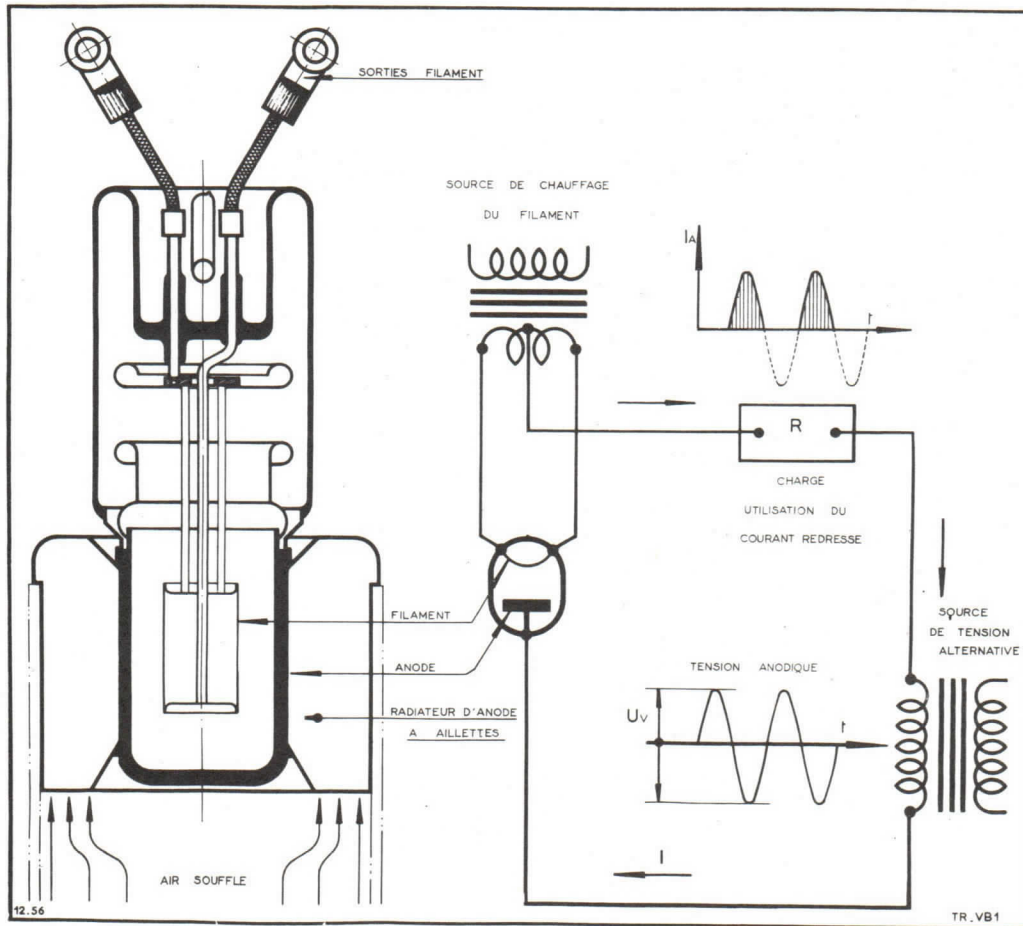


Fig. 3.1 - Coupe schématique d'un Kénotron à anode en cuivre et représentation symbolique d'un Kénotron utilisé en redresseur.

### 3.2 - DEFINITION DES CARACTERISTIQUES GENERALES

Les valeurs pour chaque tube sont données par une feuille descriptive individuelle.

#### 3.2-1

LA TENSION DE CHAUFFAGE des filaments mesurée en valeur efficace, détermine la température de cathode la plus favorable à une longue existence. Elle doit être aussi proche que possible de la valeur indiquée sur les feuillets caractéristiques (tolérance maximum  $\pm 5\%$ ).

#### 3.2-2

L'INTENSITE DU COURANT DE CHAUFFAGE est une ca-

ractéristique qui permet de définir la source de chauffage.

#### 3.2-3

LE MODE DE REFROIDISSEMENT. Les Kénotrons de forte puissance peuvent dissiper une puissance non négligeable sur l'anode. Celle-ci est munie d'ailettes de refroidissement que l'on souffle en air forcé. Dans ce cas on définit le débit d'air en l/mn ou m<sup>3</sup>/h sous une pression de p cm d'eau.

### 3.3- CONDITIONS D'EMPLOI - VALEURS LIMITES D'UTILISATION

#### 3.3-1

LA TENSION DIRECTE ET LA TENSION INVERSE MAXIMA DE CRETE sont respectivement les tensions instantanées maxima que le tube peut supporter sans dommage, dans le sens où il doit conduire normalement et dans le sens opposé. Dans l'évaluation de ces tensions il faut tenir compte des tensions réelles qui existent du fait de la présence possible des surtensions de ligne dues à des ouvertures ou à des fermetures brusques de circuits, ou bien encore par exemple à des oscillations de commutation (montages polyphasés).

#### 3.3-2

LE COURANT ANODIQUE INSTANTANE MAXIMUM est le courant instantané le plus élevé que le tube peut transporter dans les conditions normales d'emploi et dans le sens normal du courant. Le courant anodique instantané est largement affecté par des circuits utilisant des filtres. Dans un redresseur 2 alternances, débitant sur des circuits à forte inductance,

il peut approcher de la valeur calculée pour un courant continu dans la charge. Dans un redresseur polyphasé à point milieu (montage en étoile) débitant sur un circuit fortement inductif, il peut être peu différent de la valeur du courant continu total débité par le groupe redresseur. Si le circuit de sortie est fortement capacitif, il peut atteindre plusieurs fois la valeur du courant de charge.

#### 3.3-3

LE COURANT ANODIQUE MOYEN MAXIMUM est une caractéristique basée sur l'échauffement du tube; c'est le courant moyen maximum qui peut traverser le tube en régime permanent.

#### 3.3-4

LA CHUTE DE TENSION INTERNE liée à la RESISTANCE INTERNE entre anode et cathode, varie avec l'intensité traversant le tube. Pour chaque tube, on peut la déterminer d'après la courbe en diode  $I_p (U_p)$ , pour des conditions de travail données.

### 3.4 - CHOIX DES TUBES

Les tubes sont choisis, pour une application donnée, en fonction des caractéristiques, de courant crête, de courant moyen transporté, des tensions directes et inverses appliquées, de la résistance interne. Les feuillets caractéristiques individuels fournis par le constructeur donnent des exemples de réalisations possibles (les exemples donnés supposent toutes les conditions idéales réunies) (2).

Dans la pratique industrielle, l'expérience prouve de façon certaine que l'utilisateur ne bénéficie

d'un fonctionnement sûr que si le constructeur du matériel a prévu une bonne MARGE DE SECURITE dans le choix des éléments du redresseur. Le tableau 10-1 fournit les relations entre diverses grandeurs intéressant le calcul d'un redresseur. Ce tableau n'est valable pour les redresseurs à Kénotrons que pour autant que la chute interne peut être considérée comme négligeable devant la résistance du circuit de charge.

La fig. 3-2 donne un exemple de réalisation de redresseur à Kénotrons.

(2) Alimentation sinusoïdale - Absence de filtrage - Charge purement ohmique - Chutes internes négligeables

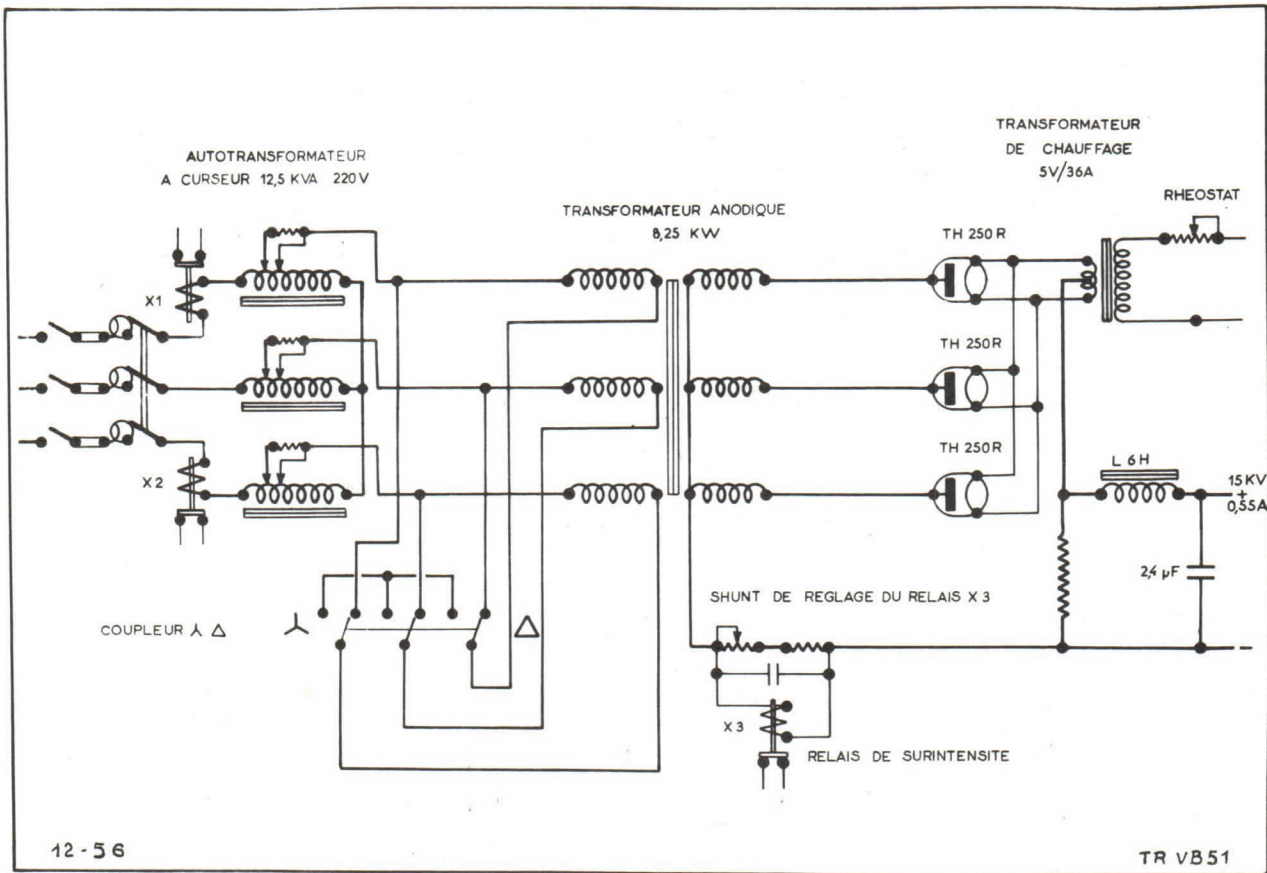


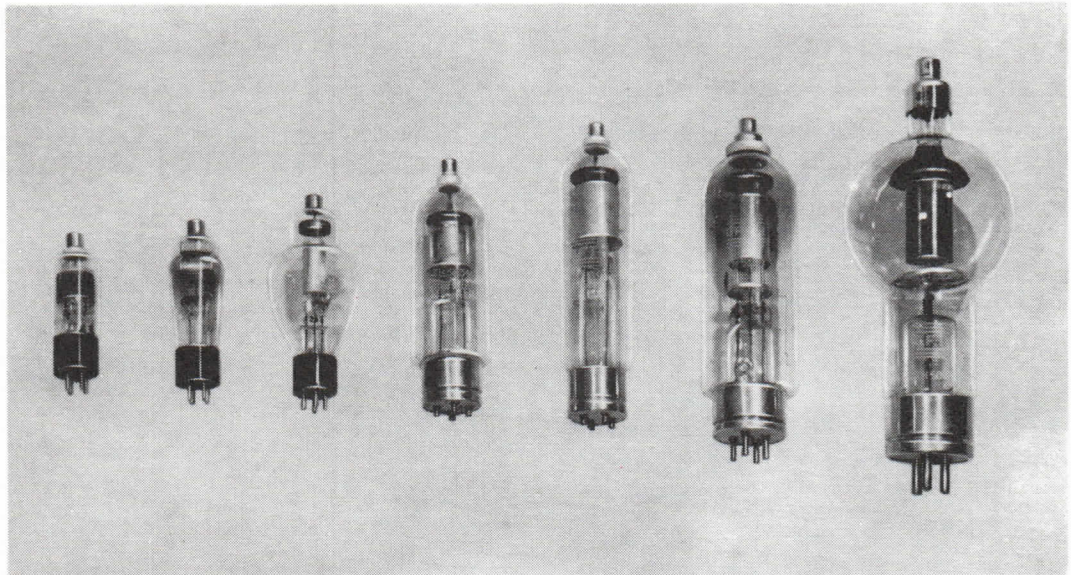
Fig. 3.2 - Exemple de Redresseur à Kénotrons. P=8,2 kW - U réglable de 0 à 15 000 V - I=0,55 A maximum - Ondulation résiduelle 3%.

3.4-1

KENOTRONS INDUSTRIELS C.F.T.H. (Diodes à vide poussé)

Référence	Cathode		Caractéristiques (max)			Accessoires		Equivalence U.S.A
	Ef V	If A	E inv. crête V	Ia moy. A	Ia crête A	Connexions d'anode	Support	
TH X 80	11,2	15,5	40 000	0,400	4	12 015	16 030	X 80
TH 3 B 24 W	2,5	3	20 000	0,030	0,150	-	16 006	3 B 24 W
	5	3	20 000	0,060	0,300			
TH 250 R	5	10,5	50 000	0,250	1	13 305	16 012	250 R
TH 705 A	5	5	30 000	0,100	0,400	-	16 029	705 A
TH 5501 (a)	6,3	40	60 000	1,5	6	-	-	-

(a) Tube à anode extérieure refroidie par air forcé.



## 4 - Phanotrons

### 4.1 - DESCRIPTION

Le phanotron, sous sa forme la plus usuelle, est un redresseur demi-onde à deux électrodes: une anode et une cathode. C'est un tube thermoionique, c'est-à-dire que sa cathode est chauffée et que l'espace inter-électrode est à une faible pression d'un gaz inerte tel que le xénon, l'argon ou à la pression de vapeur d'une goutte de mercure. La présence de ce gaz, ou de cette vapeur, neutralise par ionisation la charge d'espace (1) créée autour de la cathode par les électrons émis par celle-ci.

Dans les tubes électroniques où l'on a cherché, à la différence avec les tubes ioniques, à réaliser un vide aussi parfait que possible, cette charge d'espace, qui

est négative, tend à repousser les électrons émis et limite le courant électronique.

L'anode, constituée par du métal ou du graphite, collecte les électrons lorsqu'elle est à un potentiel positif par rapport à la cathode. Le mouvement des électrons s'effectue à travers le gaz ionisé (appelé plasma); cette ionisation n'existe que si le tube est soumis à une différence de potentiel suffisante égale ou supérieure à la tension dite d'amorçage, et à condition que la tension de vapeur ou la pression de gaz soient suffisantes (donc que leur température se situe dans certaines limites prévues).

(1) Voir Chapitre 9.



Ces conditions étant remplies, tout se passe comme si le tube ne se laissait traverser par le courant électrique que dans un seul sens; par convention, ce sens est celui de l'anode vers la cathode à l'intérieur du tube (Fig 4.1).

Ce passage s'accompagne d'une chute de tension (de 12 à 20 V) à peu près indépendante de l'intensité du courant, dans les limites normales d'utilisation prévues pour chaque tube. A ce courant et à cette chute de tension correspond une partie de la puissance dégradée sous forme de chaleur à l'intérieur du tube. Cette chute dépend de la nature du gaz formant le plasma et de sa pression; si celle-ci est insuffi-

sante (température trop basse ou absorption de gaz) la chute de tension augmente ainsi que la puissance dégradée sur l'anode. A la limite, le tube peut se comporter comme un tube à vide, à forte résistance interne, la puissance dégradée peut alors détruire le tube (fêlure des traversées d'anode). La perte d'émissivité (sous-chauffage ou surchauffage) de la cathode entraîne également une augmentation de la chute interne.

La cathode peut être à chauffage direct ou indirect, elle est en général entourée d'un écran qui la calorifuge. Il existe sur certains phanotrons une sortie spéciale dite sortie cathode qui doit obligatoirement être traversée par le courant redressé.

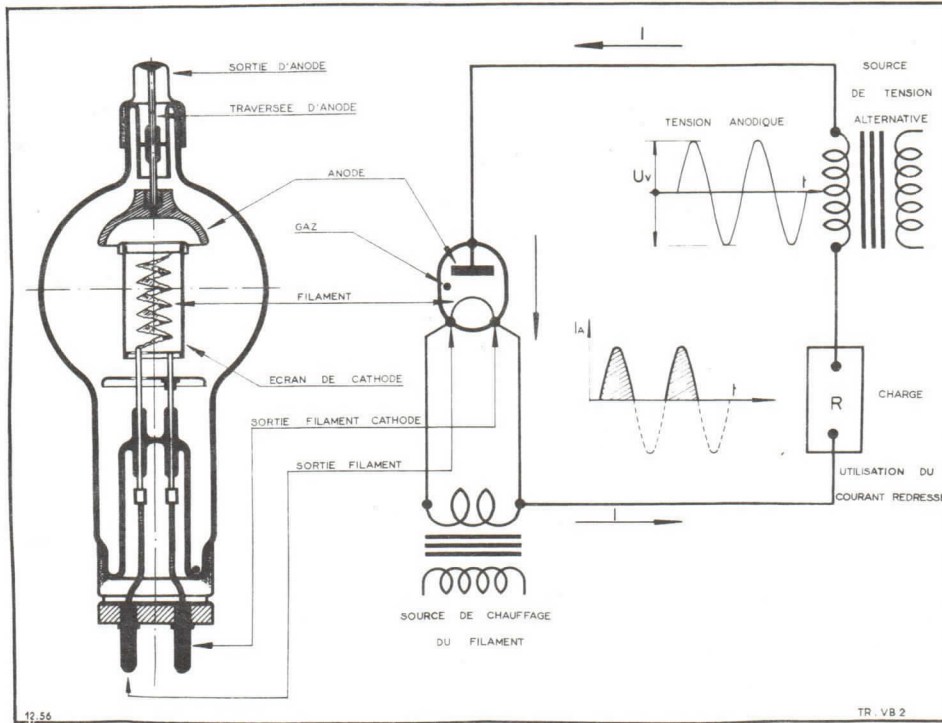


Fig. 4.1

Coupe schématique d'un Phatron et Symbole représentatif d'un Phatron utilisé en redresseur

4.2 - DEFINITION DES CARACTERISTIQUES GENERALES

Les caractéristiques d'un tube à décharge dans un gaz sont rapportées au tube lui-même plutôt qu'aux constantes du circuit. Les valeurs pour un tube particulier sont données dans une notice descriptive individuelle.

4.2-1

LA TENSION DE CHAUFFAGE du filament, mesurée en valeur efficace, détermine la température de la cathode la plus favorable à une longue existence. Elle doit être aussi proche que possible de la valeur indiquée sur les feuillets caractéristiques (tolérances maximum  $\pm 5\%$ ). Dans le cas des tubes à chauffage direct, on recommande un déphasage de  $90^\circ$  de la tension de chauffage par rapport à la tension anodique.

4.2-2

L'INTENSITE DU COURANT DE CHAUFFAGE est une caractéristique qui permet de définir la source de chauffage.

4.2-3

LE TEMPS DE PRECHAUFFAGE est le temps indispensable à la cathode pour atteindre la température nécessaire à l'émission. C'est le temps qui est en général indiqué sur les feuillets caractéristiques du catalogue.

4.2-4

LE DELAI D'APPLICATION DE LA TENSION ANODIQUE n'est pas à proprement parler une caractéristique qui figure sur les feuillets individuels; en effet, le délai d'application de la tension anodique est lié au temps de formation à l'intérieur du tube, d'une tension de vapeur (tubes à vapeur de mercure - voir notion de chute de tension interne § 9.4-6 page 75) compte tenu de la température ambiante et de l'apport de chaleur venant de la cathode.

Il faut éviter de confondre, ainsi que cela se fait couramment, la notion de temps de préchauffage et celle de délai d'application de la tension anodique.

Toutefois, il est admis, pour les petits tubes à faible inertie thermique, de donner le temps de préchauffage en fonction de la température ambiante.

Pour les tubes à vapeur de mercure à grande inertie thermique, on définit:

4.2-5

LA TEMPERATURE DU MERCURE CONDENSE qui détermine la pression de vapeur; elle se mesure juste au-dessus du culot sur le ballon, à l'endroit où se condense le mercure.

Pour les gros tubes, les feuillets caractéristiques fournissent une courbe qui donne l'élévation de température du mercure condensé au-dessus de la température ambiante en fonction du temps de chauffage.

4.3 - CONDITIONS D'EMPLOI - VALEURS LIMITES D'UTILISATION

4.3-1

LA TENSION INVERSE MAXIMUM DE CRETE est la tension instantanée maximum que le tube peut supporter, sans dommage, dans le sens opposé à celui où il est employé pour transporter le courant et dans les limites spécifiées de température et de courant de crête. Il faut insister sur le fait que la caractéristique maximum d'un tube se rapporte à la tension inverse réelle et non à sa valeur calculée. En effet, la présence de surtensions de ligne, de surtensions de coupure ou d'amorçage ou d'autres phénomènes transitoires, ainsi que la déformation de l'onde peuvent porter la valeur instantanée de crête à une valeur qui est plus forte que celle calculée à partir d'une forme d'onde sinusoïdale. On utilise généralement un oscilloscope cathodique connecté aux électrodes du tube pour déterminer la tension inverse de crête réelle.

Dans le cas des tubes fonctionnant en haute tension, cette mesure se fait par l'intermédiaire d'un diviseur de tension qui doit être compensé de façon à être à peu près apériodique jusqu'à environ 20 000 Hz, les régimes transitoires qui prennent naissance comportant des harmoniques élevés, un diviseur non compensé peut introduire des erreurs importantes (voir fig. 9.4-4-1 et 9.7-2).

4.3-2

LE COURANT ANODIQUE INSTANTANE MAXIMUM est le courant instantané le plus élevé que le tube peut transporter dans des conditions normales d'emploi et dans le sens normal du courant.

La possibilité pour un tube donné de conduire ce courant instantané, sans une chute interne excessive, dépend du chauffage de la cathode, et de la

qualité de la surface émissive.

Le courant anodique instantané mesuré est largement affecté par des circuits de sortie utilisant des filtres. Un redresseur deux alternances débitant sur un circuit à forte inductance peut approcher de la valeur calculée pour un courant continu dans le circuit de charge. Dans un redresseur polyphasé à point milieu (montage en étoile) débitant sur un circuit à forte inductance, le courant anodique maximum est très voisin de la valeur du courant total redressé débité par le groupe redresseur. Si le circuit de sortie est fortement capacitif, le courant instantané dans le tube peut atteindre plusieurs fois la valeur du courant de charge.

L'analyse de chaque circuit est nécessaire.

#### 4.3-3

LE COURANT DE POINTE MAXIMUM OU COURANT DE COURT-CIRCUIT correspond à la possibilité maximum qu'offre un tube de transporter exceptionnellement des courants transitoires extrêmement élevés: il donne une indication de la résistance du circuit d'anode dans lequel le tube pourra travailler de façon satisfaisante, à la température demandée, et avec la tension de pointe maximum inverse appliquée.

Cette caractéristique est donnée à titre indicatif pour limiter le courant anormal que le tube peut supporter en cas de court-circuit. Cela ne signifie pas que le tube puisse être soumis à des court-circuits répétés sans une réduction correspondante probable de sa vie, et un risque de destruction immédiate.

#### 4.3-4

LE COURANT ANODIQUE MOYEN MAXIMUM est une caractéristique basée sur l'échauffement du tube: c'est le courant moyen maximum qui peut traverser le tube en régime permanent.

Dans le cas de cycles se répétant rapidement, le courant peut être mesuré avec un appareil à courant continu. D'autre part, il est nécessaire de calculer le courant moyen sur une durée qui n'excède pas un intervalle défini de temps appelé "temps d'intégration" et qui est spécifié pour chaque catégorie de tube. Par exemple, soit un redresseur à 2 tubes, 50 périodes, débitant sur une charge inductive de telle

sorte que chaque tube soit conducteur à peu près la moitié du temps (dans ce cas la valeur moyenne diffère peu de la valeur crête du courant).

Si chaque tube admet un courant d'anode instantané maximum de 15 ampères, un courant moyen maximum de 2,5 ampères et une période d'intégration de 15 secondes, chaque tube peut transporter une certaine quantité d'électricité pendant le temps d'intégration soit:

$2,5 \text{ amp.} \times 15 \text{ sec.} = 37,5 \text{ (A} \times \text{s)}$  ou 37,5 Coulombs  
c'est-à-dire 75 Coulombs pour les deux tubes.

Ainsi, le redresseur peut débiter une série d'impulsions:

- a) soit 15 ampères pendant 5 secondes sur 15  
 $15 \times 5 = 75 \text{ Coulombs.}$
- b) soit 7,5 ampères pendant 10 secondes sur 15  
 $7,5 \times 10 = 75 \text{ Coulombs.}$
- c) soit 5 ampères pendant 15 secondes sur 15  
 $5 \times 15 = 75 \text{ Coulombs.}$

Le cycle se renouvelle dans chaque cas toutes les 15 secondes. (Voir fig. 4.2).

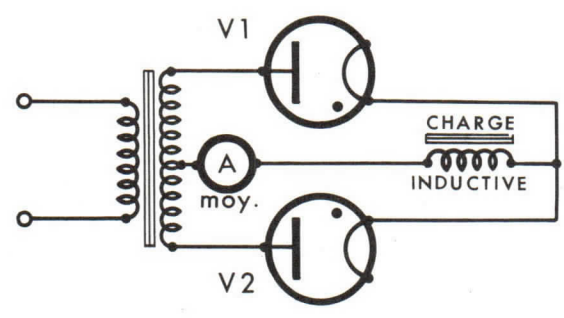
#### 4.3-5

LA CHUTE DE TENSION INTERNE entre anode et cathode est une caractéristique qui devient importante quand la tension appliquée à l'anode est faible et que le tube retient une forte partie de l'énergie fournie. Sa valeur maximum est incluse dans les caractéristiques du tube. La valeur indiquée tient compte des effets de variations de température et des écarts entre différents tubes.

Si l'on désire un service continu, la chute de tension interne du tube doit être mesurée à intervalles réguliers à l'aide d'un oscilloscope à rayons cathodiques ou par tout autre moyen. (Voir § 9.8). Cette chute est le critère de l'état du tube et son augmentation donne la certitude de la prochaine fin de la vie du tube qu'il est prudent dès lors de remplacer.

#### 4.3-6

LE MODE DE REFOIDISSEMENT est fonction des notions précédentes. Il est recommandé de souffler sur les gros tubes, en un point défini pour fixer la température du mercure condensé. Par temps froid on peut munir le haut des phanotrons d'une jupe de température (Voir recommandations générales § 8.3-2).



EXEMPLE : V1 : V2 : TH. 5050  
 I moy. : 2,5 A max.  
 I crête : 15 A  
 Temps d'intégration : 15 s

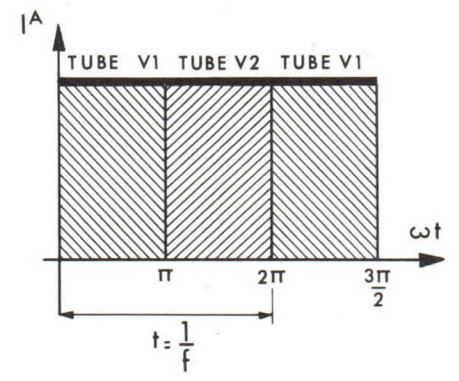
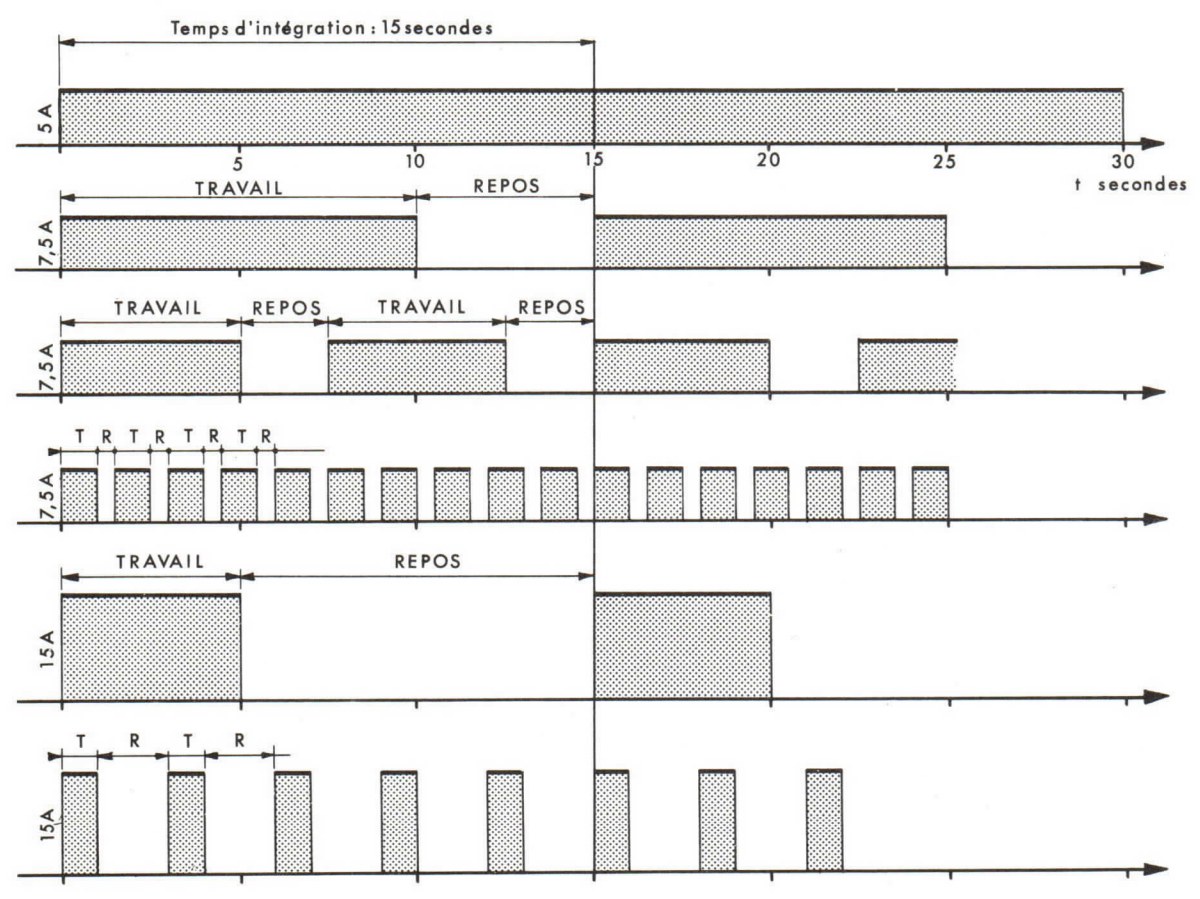


Diagramme supposé des courants dans la charge du redresseur



12.56

TR.VB3

Fig. 4.2

Schématisation de la notion "TEMPS D'INTEGRATION"

#### 4.4 - CHOIX DES TUBES

##### 4.4-1

Les tubes sont choisis pour une application donnée en fonction des caractéristiques de courant crête et de courant moyen transporté ainsi que de la tension crête inverse appliquée. La température ambiante doit également entrer en considération pour le choix: les tubes à mercure ne peuvent être utilisés que si le mercure condensé peut être maintenu à une température convenable (environ 40°C). Si la convection naturelle est insuffisante, on peut utiliser avec succès un conditionnement, soit de l'air ambiant, soit plus simplement de l'air soufflé à la base des tubes.

Les feuillets caractéristiques individuels donnent des exemples de réalisations possibles, les exemples donnés supposent toutes les conditions idéales réunies (1).

##### 4.4-2

Dans la pratique industrielle, l'expérience prouve de façon certaine que ces conditions sont très rarement réunies et que l'utilisateur ne bénéficie d'un fonctionnement sûr avec le minimum de défaillances de son matériel que si le constructeur a prévu une bonne MARGE DE SECURITE dans le choix des éléments des redresseurs.

Un prix un peu plus élevé du premier équipement sera nettement compensé par la durée accrue des éléments consommables, et par la diminution des heures d'arrêt et de

panne. Finalement, l'utilisateur gagnera sur le prix d'exploitation et le constructeur sur les frais de garantie et de plus son matériel bénéficiera d'une meilleure réputation.

##### 4.4-3

Les graphiques fig. 4.3 et 4.4 (pages 14 et 15) ont été établis afin de déterminer rapidement le nombre et le groupement le plus économique en tubes pour les types de redresseurs les plus courants: (2)

- monophasé 2 alternances
- monophasé en pont
- triphasé 1 alternance
- triphasé en pont
- double triphasé ou hexaphasé

##### 4.4-4

Il faut rappeler toutefois que dans le "rendement économique" d'un redresseur complet peuvent intervenir d'autres éléments: Taux de travail du transformateur anodique - Taux de ronflement admis - Type de filtrage imposé s'il y a lieu - Régime de service du redresseur.

Pour toutes ces questions, nous renvoyons le lecteur aux ouvrages spécialisés (Voir bibliographie).

Le chapitre 8 - Recommandations générales à l'usager - donne quelques indications utiles (pages 55 à 64).

que ceux cités ci-dessous, le tableau 10-1 (page 87) fournit les relations entre diverses grandeurs intervenant dans le calcul d'un redresseur.

(1) Alimentation sinusoïdale - Absence de filtrage - Charge purement ohmique - Chutes de tension internes négligeables.

(2) Pour les types de redresseurs autres

4.5 - PRINCIPAUX TYPES DE PHANOTRONS C.F.T.H.

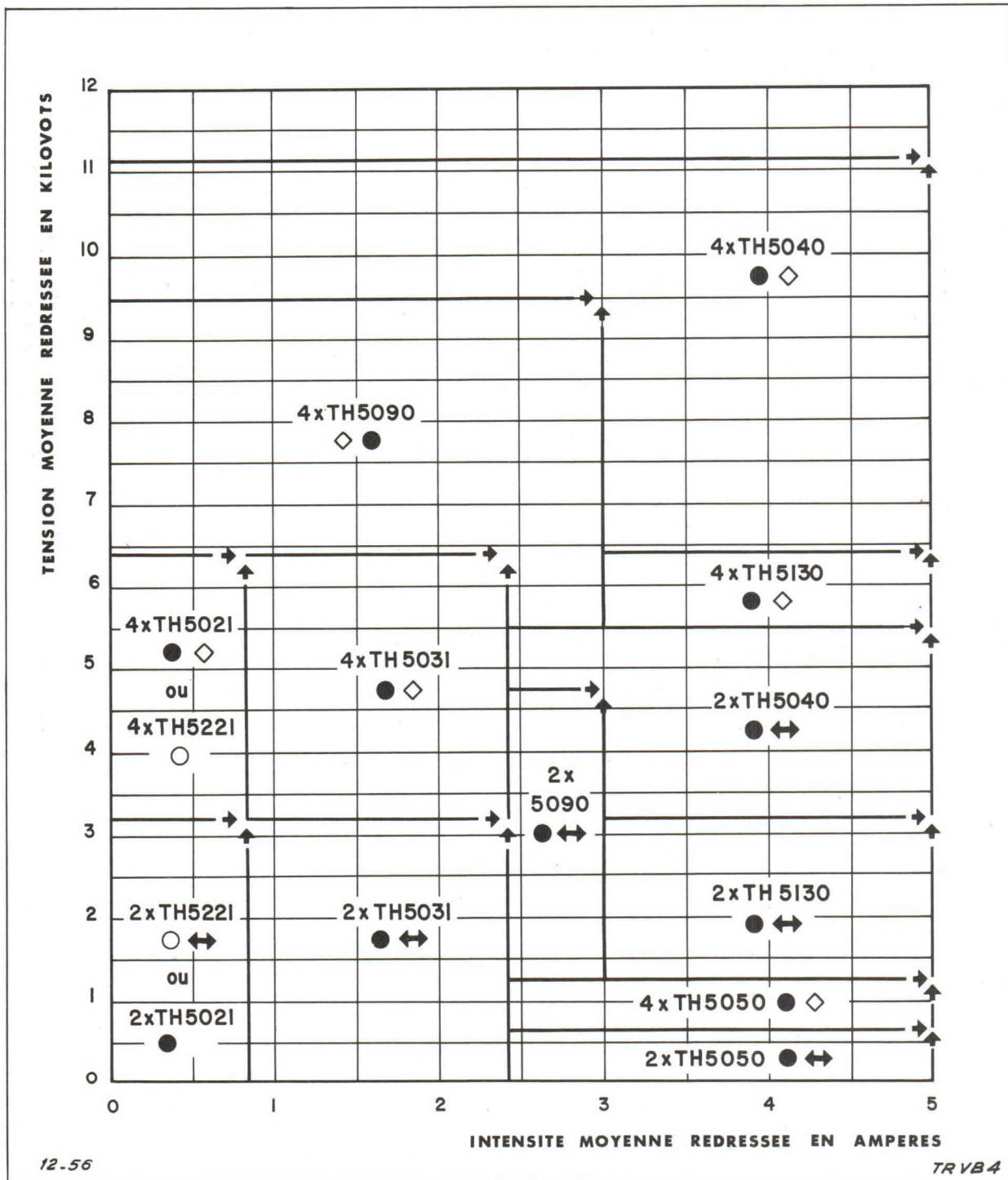
Référence	Cathode		Caractéristiques (max)			Equivalence U.S.A.
	Ef V	If A	E inv. crête V	Ia moy. A	Ia crête A	
● TH 5021 <sub>B</sub> V	2,5	5	10 000	0,4	1,2	866 866 A
● TH 5031 <sub>B</sub> V	5	7,5	10 000	1,2	4,8	872 872 A
● TH 5040	5	19	17 500	2,5	10	869 B
● TH 5050	5	5	2 000	2,5	15	5558 / FG632
● TH 5061 <sub>B</sub> V	5	5	10 000	0,6	2,4	-
● TH 5090	5	11	15 000	1,5	6	575 A
● TH 5130	5	10	10 000	2,5	10	-
■ TH 5221 <sub>B</sub> V	2,5	5	10 000	0,4	1,6	3 B 28

● Valves à vapeur de mercure.

■ Valves à gaz inerte (xénon)

B : Culot à Broches

V : Culot à Vis



12-56

TRVB4

Fig. 4.3

- Tube à gaz
- Tube à vapeur de mercure
- Tube mixte
- ↔ Monophasé 2 alternances
- ◇ Pont monophasé

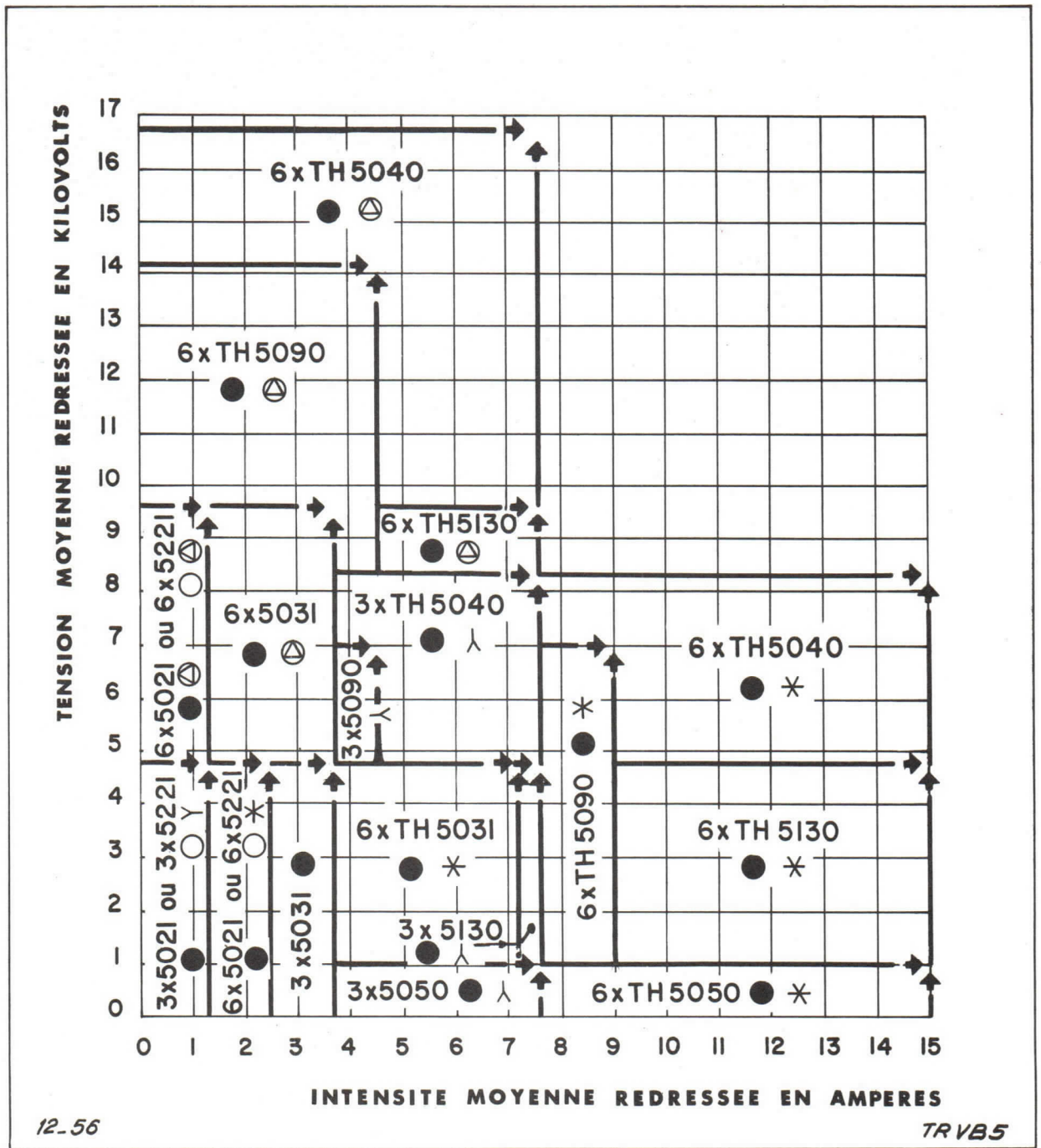
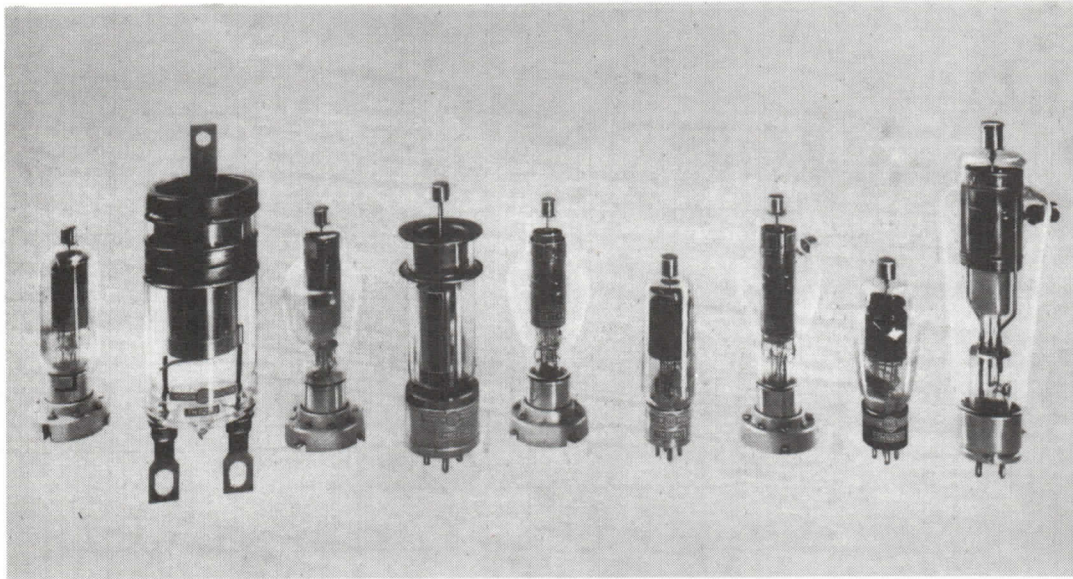


Fig. 4.4

- |   |                       |   |                          |
|---|-----------------------|---|--------------------------|
| ⋈ | Triphasé 1 alternance | ○ | Tube à gaz               |
| ⊗ | Triphasé en pont      | ● | Tube à vapeur de mercure |
| * | Hexaphasé             | ◐ | Tube mixte               |





## 5 - Thyratrons

### 5.1 - DESCRIPTION

Le thyatron est un redresseur demi-onde à 2 électrodes principales comme le phanotron, une anode et une cathode, mais il comporte de plus une ou deux grilles qui jouent le rôle d'électrodes de commande.

C'est un tube thermoionique, c'est-à-dire que sa cathode est chauffée et que l'espace interélectrode est à une faible pression d'un gaz inerte tel que le xénon, l'argon ou l'hydrogène ou à la pression de vapeur d'une goutte de mercure. La présence de ce gaz ou de cette vapeur neutralise par ionisation la charge d'espace (1) créée autour de la cathode par les électrons émis par celle-ci.

Dans les tubes électroniques à vide poussé où l'on a cherché à réaliser un vide aussi parfait que possible, cette charge

d'espace, qui est négative, tend à repousser les électrons émis et limite le courant électronique.

La construction du thyatron est semblable à celle d'un phanotron. Toutefois, l'addition d'une grille dans un thyatron accroît les possibilités d'emploi de ces tubes. Comme l'action de cette grille est complètement différente de celle d'une triode à vide poussé, il est nécessaire de décrire son fonctionnement en détail.

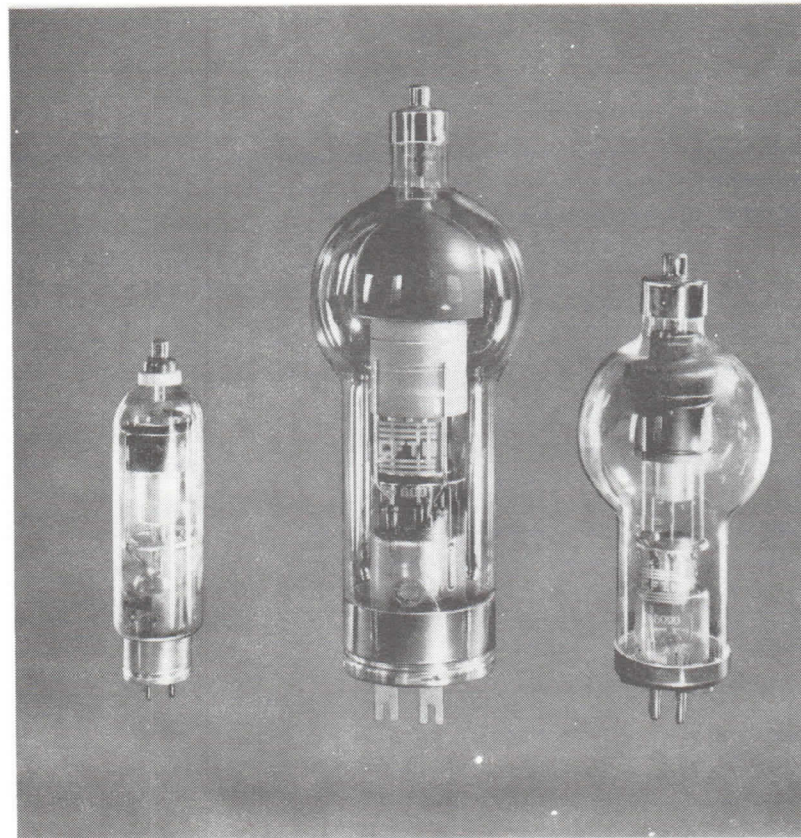
La grille d'un thyatron commande seulement le départ de la décharge; après cet amorçage, dans les conditions ordinaires d'emploi, elle ne peut ni moduler, ni limiter, ni éteindre l'arc; c'est là que réside la différence fondamentale entre le thyatron, tel qu'il est utilisé norma -

(1) Voir paragraphe 9.

lement, et le tube à vide poussé. Dans un tube à gaz, les ions positifs neutralisent la charge d'espace de sorte qu'il faudrait fournir à la grille un courant trop élevé pour qu'elle retrouve le pouvoir de commander le courant qui s'écoule vers l'anode (et à condition que les mailles de la grille soient très fines, ce qui n'est pas le cas des thyratrons usuels).

En général, pour permettre à la grille de travailler avec un courant acceptable, la tension d'anode doit revenir à zéro ou être rendue négative pendant un temps suffisamment long pour que le gaz ou la vapeur se désionise et que la grille puisse à nouveau commander.

Dans un tube à vide poussé, puisqu'il n'y a pas d'ionisation, la grille conserve son pouvoir de commande en permanence. A toute modification de la tension de la grille du tube à vide poussé correspondra une modification du courant anodique. Si une tension alternative est appliquée à l'anode du thyatron, la grille a une possibilité de recouvrer la commande à chaque cycle et on peut retarder le départ de l'arc, dans la demi-période positive, aussi longtemps que la tension de grille reste suffisamment négative; ceci permet à la grille de commander seulement le courant moyen passant à travers le tube, et ce courant moyen peut être réparti en autant de



TH 6130

TH 6091

TH 6090

THYRATRONS HAUTE TENSION à vapeur de mercure

passages courts qu'on le veut, en augmentant la fréquence des interruptions.

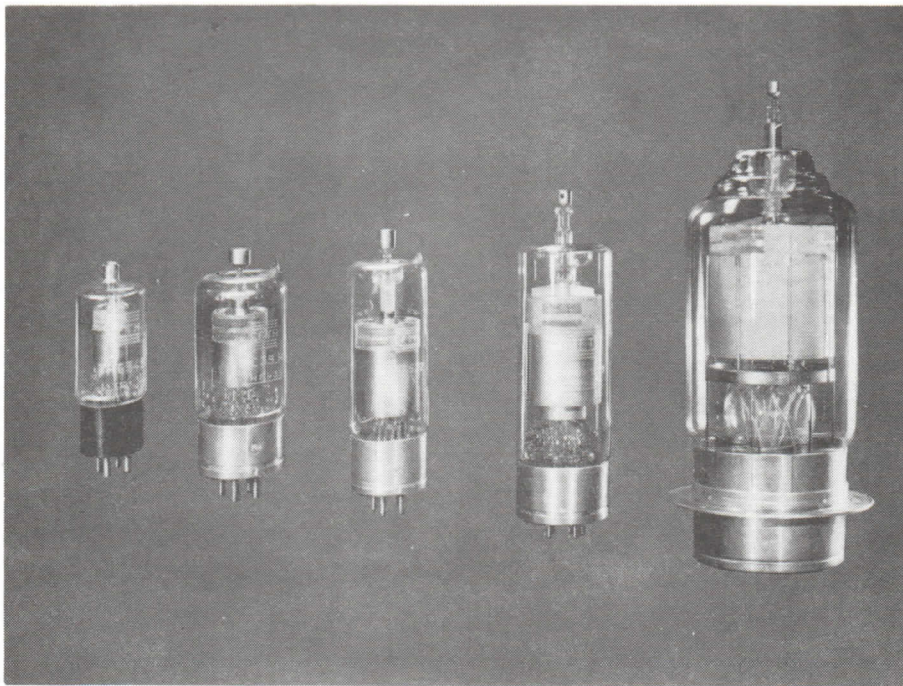
La tension nécessaire pour amorcer le passage du courant anodique dépend largement de la construction du tube. Un tube peut être construit de telle sorte que, dans les limites normales de tension anodique, ce courant s'amorce toujours avec une tension de grille négative pour des tensions d'anode élevées, et une tension de grille positive pour de faibles tensions d'anode.

Les tubes à caractéristique négative ne demandent qu'une puissance de commande sur la grille relativement faible et sont donc utilisés avec des circuits de commande à forte impédance; on utilise les tubes à caractéristique positive dans les applications où l'on désire un courant de repos nul en l'absence d'excitation de grille.

Les tubes de types intermédiaires sont souvent utilisés dans les circuits onduleurs (inverters) et sont particulièrement favorables à une désionisation rapide. Pour certaines applications, le temps alloué pour la désionisation est parfois très court.

En dehors de leur utilisation en redresseurs, certains thyratrons sont souvent employés en tant que relais très sensibles et rapides, en relaxateurs, ou d'une façon générale en régime d'impulsions. Notamment on peut citer les thyratrons à hydrogène.

Ces tubes bien que plus spécialement conçus pour les modulateurs radars, peuvent néanmoins être utilisés dans tous les cas où l'on désire des thyratrons pouvant contrôler des courants très importants durant un intervalle de temps très bref.



TH 6345

TH 6435

TH 6522

TH 6907

TH 6257

THYRATRONS A HYDROGENE

Le passage du courant anodique à travers le tube s'accompagne d'une chute de tension (de 12 à 20 V dans la plupart des tubes en régime continu); en régime d'impulsions brèves et fortes cette chute de tension est un peu plus élevée (de 100 à 500 V pour les thyratrons à hydrogène). Comme dans le phanotron, cette chute de tension dépend de la nature et de la pression du gaz, donc de sa température (on veillera à la maintenir dans les limites prévues par le constructeur).

Certains thyratrons à hydrogène travaillant dans des conditions particulièrement dures, comportent un réservoir spécial à hydrogène qui permet de compenser la perte de pression due à l'absorption du gaz par le métal.

De même que pour les phanotrons, il existe sur certains thyratrons une broche spéciale de cathode qui doit obligatoirement servir au circuit du courant redressé et au retour du circuit de grille.

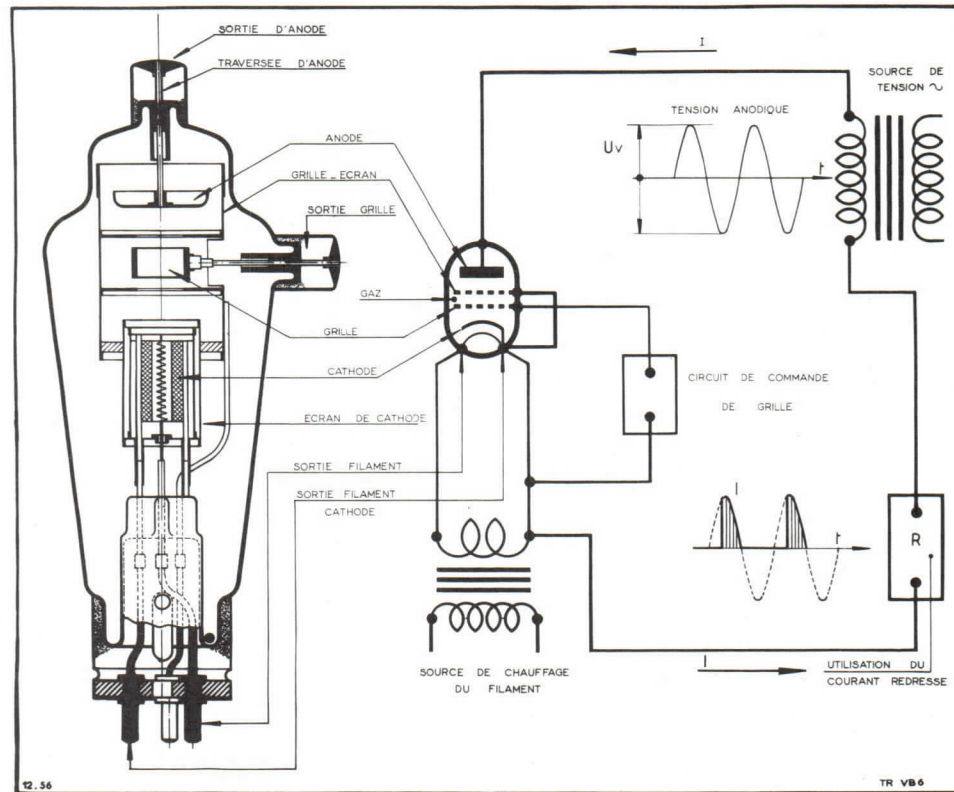


Fig. 5.1

Coupe schématique d'un thyatron bigrille

et symbole représentatif d'un thyatron bigrille utilisé en redresseur.

## 5.2 - DEFINITION DES CARACTERISTIQUES GENERALES

5.2-1

LA TENSION DE CHAUFFAGE,

voir les définitions § 4.2 (Phanotrons) Page .

5.2-2

L'INTENSITE DU COURANT DE CHAUFFAGE,

voir les définitions § 4.2 (Phanotrons) Page .

5.2-3

LE TEMPS DE PRECHAUFFAGE,

voir les définitions § 4.2 (Phanotrons) Page .

5.2-4

LE DELAI D'APPLICATION DE LA TENSION ANODIQUE,

voir les définitions § 4.2 (Phanotrons) Page .

5.2-5

LA TEMPERATURE DU MERCURE CONDENSE,

voir les définitions § 4.2 (Phanotrons) Page .

5.2-6

LE MODE DE REFROIDISSEMENT,

voir les définitions § 4.3-6 (Phanotrons) Page .

5.2-7

LE TEMPS D'IONISATION peut être défini comme étant le temps requis pour permettre à la conduction de s'établir, quand le tube opère sous une tension anodique suffisante, et avec la ou les grilles portées à un potentiel plus positif que celui nécessaire à l'amorçage.

Ce temps varie avec la forme d'onde et l'amplitude de la tension appliquée à la grille. Quand le

tube opère dans des conditions normales, ce temps n'excède pas la valeur donnée.

5.2-8

LE TEMPS DE DESIONISATION représente le temps requis, dans les conditions normales d'emploi, pour obtenir la désionisation nécessaire à la reprise de commande. Le temps donné par les notices est établi dans des conditions du courant d'anode moyen maximum et d'une température du mercure condensé de 40 °C.

Ce temps dépend de la température, de la tension de grille, de la tension d'anode et du courant instantané d'anode. Dans les conditions normales cette valeur est incluse dans les informations techniques. Les temps d'ionisation et de désionisation imposent une limite à la fréquence maximum à laquelle le tube peut fonctionner.

5.2-9

LA CARACTERISTIQUE DE COMMANDE (caractéristique de grille) montre la relation entre les tensions de grille et d'anode pour l'amorçage (1) de la décharge et donne l'amplitude des variations entre différents tubes pour une température du mercure condensé de 40 °C. Dans le cas des tubes à gaz inerte, la caractéristique de commande est peu affectée par la température.

Cette caractéristique est donnée en général sous la forme d'un diagramme représentant une surface (comprise entre 2 courbes) et non par une courbe unique afin de tenir compte de la dispersion possible des caractéristiques d'un tube à un autre et, pour un même tube, en fonction de la température (dans le cas des tubes à mercure).

## 5.3 - CONDITIONS D'EMPLOI - LIMITES MAXIMUM D'UTILISATION.

5.3-01

LA TENSION INVERSE MAXIMUM DE CRETE est une caractéristique commune aux thyatron et aux phanotrons. C'est la tension instantanée maximum que le tube peut supporter, sans dommage, appliquée dans le sens opposé à celui qui donne naissance au courant normalement transporté, dans les limites spécifiées de température et de courant de crête.

Il faut insister sur le fait que la caractéristique maximum d'un tube se rapporte à la tension inverse réelle et non à sa valeur calculée. La présence

de surtensions de ligne, de surtensions de coupure ou d'amorçage ou d'autres phénomènes transitoires, ainsi que la déformation de l'onde, peuvent porter la valeur instantanée de crête à une valeur plus forte que celle calculée à partir d'une forme d'onde sinusoïdale. Cette remarque est particulièrement applicable aux thyatron fonctionnant en redresseurs à amorçage retardé.

On utilise généralement un oscilloscope cathodique connecté aux électrodes du tube pour déterminer la tension inverse de crête réelle. Si on opère

(1) Elle permet de déterminer ce qu'il est convenu d'appeler la " tension critique d'amorçage ".

avec un diviseur haute tension, celui-ci doit être du type "compensé" (voir le paragraphe 4.3-1 au chapitre phanotrons et fig. 9.4.4-1 et 9.7-2).

#### 5.3-02

LA TENSION DIRECTE MAXIMUM DE CRETE est une caractéristique qui ne peut s'appliquer qu'aux thyratrons, c'est la tension instantanée maximum appliquée au tube dans le sens normal de conduction et à laquelle le tube peut être maintenu éteint par l'action d'une tension de grille convenable. Pour les tubes à vapeur de mercure, elle dépend notamment de l'emploi dans les conditions de température spécifiées.

#### 5.3-03

LE COURANT ANODIQUE OU CATHODIQUE INSTANTANE MAXIMUM CRETE est le courant instantané le plus élevé que le tube peut transporter dans des conditions normales d'emploi et dans le sens normal du courant.

Ce courant maximum ne doit jamais être dépassé; on y veillera particulièrement lors de l'établissement des redresseurs à thyratrons, fonctionnant en régime d'amorçage retardé ou débitant sur un filtre capacitif.

La courbe représentée fig. 10.2 donne le rapport  $I_{\text{crête}}$  en fonction du retard d'amorçage.  $I_{\text{moyen}}$

#### 5.3-04

LE COURANT DE POINTE MAXIMUM OU COURANT DE COURT-CIRCUIT (voir même définition au chapitre phanotrons en 4.3-3)

#### 5.3-05

LE COURANT ANODIQUE MOYEN MAXIMUM est une caractéristique basée sur l'échauffement du tube; c'est le courant moyen maximum qui peut traverser le tube en régime permanent. Ce courant moyen varie avec le retard à l'amorçage.

#### 5.3-06

LA TENSION DE GRILLE NEGATIVE MAXIMUM AVANT AMORÇAGE est la valeur maximum de la tension négative autorisée sur la grille, le tube étant bloqué; en effet, à ce moment la tension anode-grille est la plus élevée en valeur absolue et son dépassement risquerait de provoquer l'amorçage intempestif d'un arc (voir fig. 9.3-3-1 et § 9.3-1, page 70).

#### 5.3-07

LA TENSION DE GRILLE NEGATIVE MAXIMUM APRES AMORÇAGE définit la tension négative réelle que l'on doit trouver au maximum sur la grille lorsque le tube est amorcé. La grille est plongée dans le plasma et,

si la tension tendait à être maintenue négative par le signal de commande, il y aurait risque d'accélération trop importante des ions (positifs) et d'un bombardement destructif de la cathode (voir § 9.3-2 page 71).

#### 5.3-08

LE COURANT POSITIF DE GRILLE MAXIMUM (ANODE POSITIVE). On distingue de même que pour l'anode, la valeur instantanée et la valeur moyenne.

Le courant grille doit être maintenu en-dessous des valeurs maximum indiquées, car il contribue par ses effets, à chauffer la grille qui peut ainsi devenir émissive et perturber le fonctionnement du tube. De plus, dans les tubes à gaz, un courant grille trop important favorise la disparition du gaz. La résistance de grille a pour rôle de limiter le courant à une valeur acceptable.

#### 5.3-09

LES CARACTERISTIQUES DE COURANT IONIQUE (après amorçage) sont données sous la forme d'une famille de courbes (voir § 9.3-2 et fig. 9.3-2-1) représentant les valeurs du courant ionique de grille en fonction de la tension grille pour différents débits anodiques.

Ces caractéristiques permettent de calculer la valeur de la résistance de grille nécessaire pour maintenir la grille après amorçage, à une valeur de tension autorisée, dans le cas où le signal de commande tendrait à la rendre négative.

#### 5.3-10

LE TEMPS D'INTEGRATION caractérise la capacité de dissipation régulière du tube en régime de courant moyen. Il permet de déterminer la répartition des temps de travail et de repos consécutifs ou "taux de travail" autorisé et le régime du courant pendant les temps de travail. (voir figure 4.2 au chapitre Phanotrons).

#### 5.3-11

LE FACTEUR DE COMMUTATION est une caractéristique qui s'applique surtout aux tubes à remplissage gazeux: il est égal au produit de la vitesse de décroissance du courant exprimée en ampères par microseconde, juste avant la commutation, par la vitesse de croissance de la tension inverse en volts par microseconde, juste après la commutation.

Ce facteur caractérise l'accélération que subissent les particules du plasma au moment de la commutation et il entraîne, s'il est trop important, la disparition du gaz par incrustation dans le métal de l'anode.

Voir en 9.4-4 page 74 : Mesure du facteur de commutation.

Si, lors de l'utilisation, la commutation naturelle de l'équipement est défavorable, il est recommandé de prendre des dispositions qui permettent de l'améliorer.

Voir en 9.4-5 page 74 : Amélioration du facteur de commutation.

Pour les thyratrons à hydrogène, les feuillets caractéristiques donnent de plus les caractéristiques suivantes:

#### 5.3-12

COURANT CRETE × TENSION CRETE × FREQUENCE DE REPETITION MAXIMUM est un facteur qui caractérise la puissance dissipée dans le tube.

#### 5.3-13

LA PENTE MAXIMUM DU FRONT DE L'IMPULSION ANODIQUE (en ampères par microseconde) définit les possibilités maximum de la cathode au-dessus desquelles celle-ci est en danger.

#### 5.3-14

LA TENSION CRETE MINIMUM DU SIGNAL DE DECLENCHEMENT (en volts) est l'équivalent de la caracté-

ristique de commande de grille pour les thyratrons classiques.

#### 5.3-15

LA LARGEUR MINIMUM DU SIGNAL DE DECLENCHEMENT (en microsecondes) se mesure à 70 % de l'amplitude du signal; ce temps correspond à celui nécessaire pour une ionisation certaine.

#### 5.3-16

LA PENTE MINIMUM DU FRONT DU SIGNAL DE DECLENCHEMENT (en volts/microseconde) pour une largeur et une amplitude données, la diminution de la pente correspond à une diminution de la précision du déclenchement et à une augmentation du temps d'ionisation.

#### 5.3-17

L'IMPEDANCE MAXIMUM DU CIRCUIT DE GRILLE. (en ohms). Le courant grille en dépend ainsi que tous les phénomènes qui lui sont liés en général dans tout thyatron.

Un minimum d'amplitude étant également demandé, le maximum d'impédance correspond à une limite minimum pour la puissance de commande, au-dessous de laquelle la puissance dissipée dans le tube augmente.

## 5.4 - CHOIX DES TUBES

### 5.4-1

Le choix du type de thyatron convenant à une application donnée se fait en tenant compte des caractéristiques de courant crête, de courant moyen transporté, des tensions directes et inverses appliquées, et de la nature du circuit de commande de la grille. La température ambiante doit également entrer en considération: les tubes à mercure ne peuvent être utilisés que si le mercure condensé peut être maintenu à une température convenable (environ 40°C). Si la convection naturelle est insuffisante, on peut utiliser avec succès un conditionnement, soit de l'air ambiant, soit plus simplement de l'air soufflé à la base des tubes.

En basse tension, on peut utiliser les tubes à gaz rare ou à remplissage mixte qui admettent des écarts de température plus importants.

Les tubes à gaz rare présentent également l'avantage de pouvoir fonctionner dans une position quelconque.

Les feuillets caractéristiques individuels donnent des exemples de réalisations possibles; les exemples donnés supposent toutes les conditions idéales réunies. (1)

---

(1) Alimentation sinusoïdale - Absence de filtrage - Charge ohmique - Retard d'amorçage nul - Chutes de tension négligeables - Température optimum.

### 5.4-2

Dans la pratique industrielle, l'expérience prouve de façon certaine que ces conditions sont très rarement réunies et que l'utilisateur ne bénéficie d'un fonctionnement sûr, avec le minimum de défaillances de son matériel, que si le constructeur a prévu une bonne MARGE DE SECURITE dans le choix des éléments des redresseurs.

Un prix un peu plus élevé du premier équipement sera nettement compensé par la durée grandement accrue des éléments consommables, et par la diminution des heures d'arrêt et de panne. Finalement, l'utilisateur gagnera sur le prix d'exploitation, et le constructeur sur les frais de garantie et son renom.

### 5.4-3

Le tableau synoptique 5.5, page 29 donne un résumé comparatif des propriétés de chaque catégorie: tubes à mercure, tubes à remplissage gazeux, tubes mixtes, tubes à hydrogène.

### 5.4-4

Les graphiques fig. 5.4-1 et 5.4-2, pages 24 et 25 ont été établis afin de déterminer rapidement le groupement le plus économique en tubes pour les types de redresseurs les plus courants:

- monophasé 2 alternances
- monophasé en pont
- triphasé 1 alternance
- triphasé en pont (2 alternances)
- double triphasé ou hexaphasé

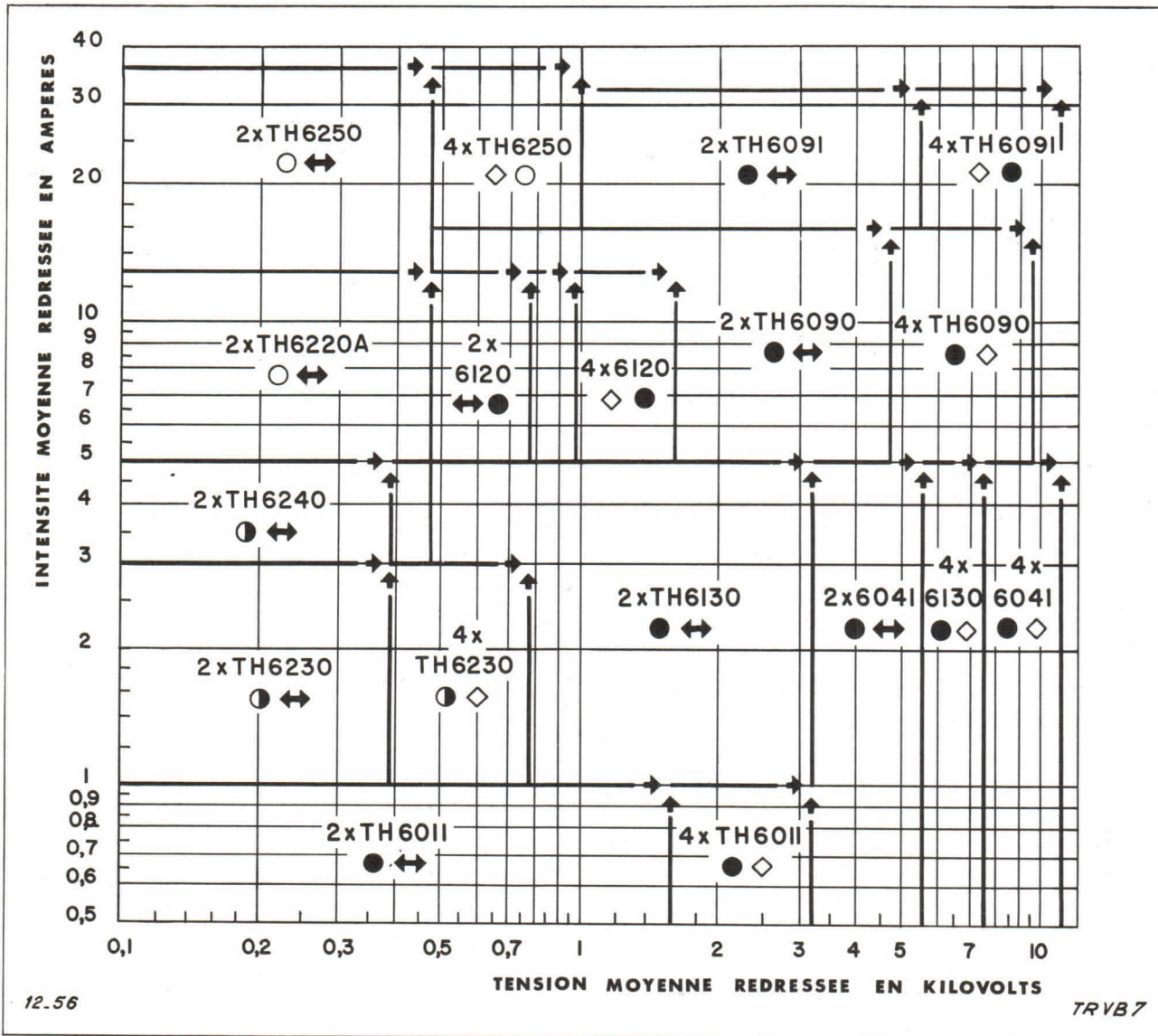


Il faut rappeler toutefois que dans le "rendement économique" d'un redresseur complet peuvent intervenir d'autres éléments :

- Taux de travail du transformateur anodique
- Taux de ronflement admis
- Type de filtrage imposé s'il y a lieu
- Régime de service du redresseur

Pour toutes ces questions, nous renvoyons le lecteur aux ouvrages spécialisés (voir bibliographie).

Pour les types de redresseurs, autres que ceux cités plus haut, le tableau 10.1, page , fournit les relations entre diverses grandeurs intervenant dans le calcul d'un redresseur.



12.56

TRVB7

Fig. 5.4-1

- - Tube à gaz
- - Tube à vapeur de mercure
- - Tube mixte
- ◊ - Monophasé pont
- ↔ - Monophasé 2 alternances

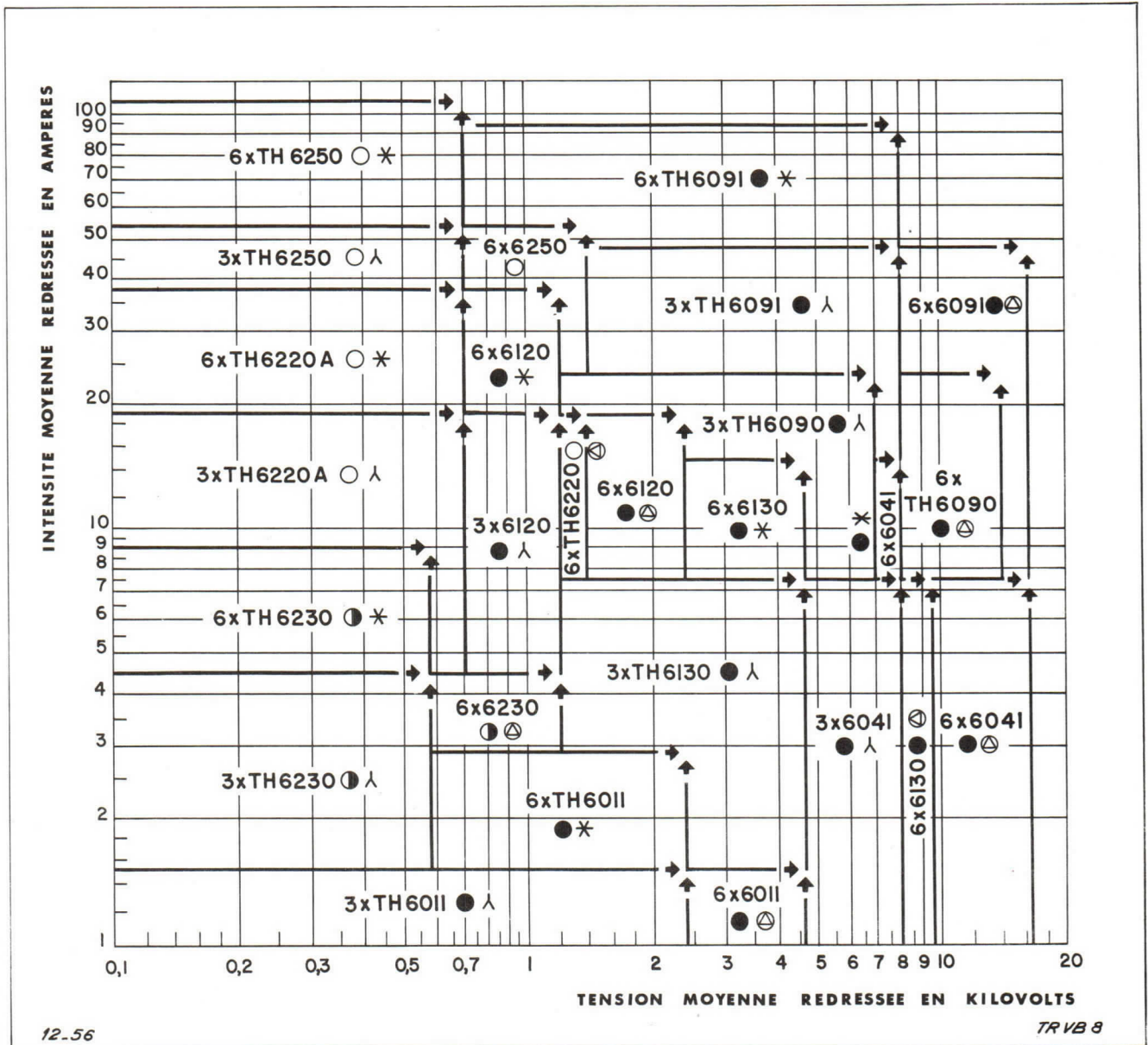


Fig. 5.4-2

- - Tube à gaz
- - Tube à vapeur de mercure
- ⊙ - Tube mixte
- ⋈ - Triphasé 1 alternance
- ⊗ - Triphasé 2 alternances
- \* - Hexaphasé

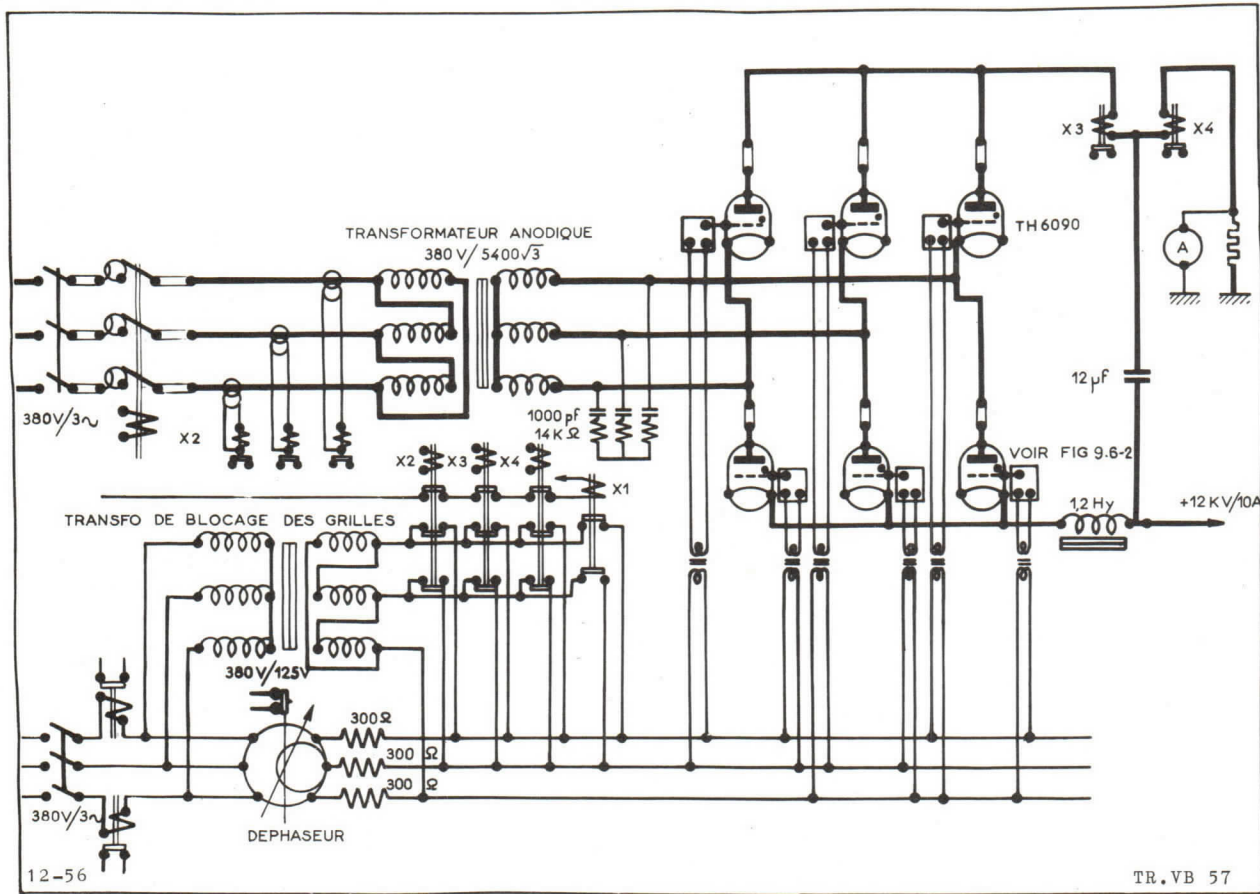


Fig. 5.4-3

Exemple de redresseur de 12 kV - 10 A à Thyratrons - Montage triphasé à 6 tubes en pont de Graëtz - Commande de grille par tension alternative à phase variable superposée à une tension continue. (Voir Fig. 9.6-2). Blocage des grilles par inversion du signal alternatif de grille. Retour à zéro automatique du déphaseur.

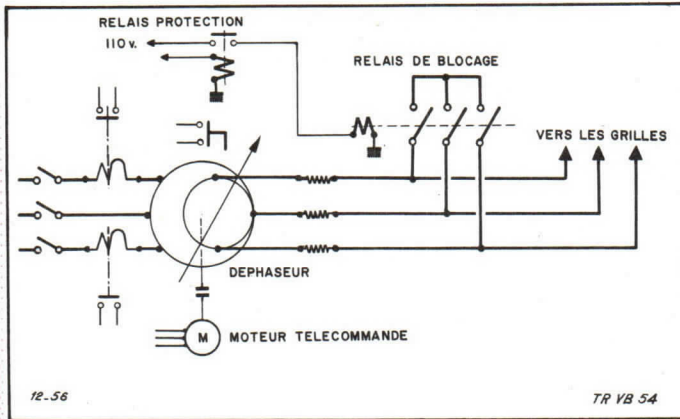


Fig. 5.4-4

Variante de réalisation du circuit de grilles du redresseur 12 kV - 10 A. (Fig. 5.4-3). Le blocage se fait ici par suppression de la composante alternative de grille. Le circuit de commande dans ce cas est celui de la Fig. 9.6-1 ou 9.6-3.

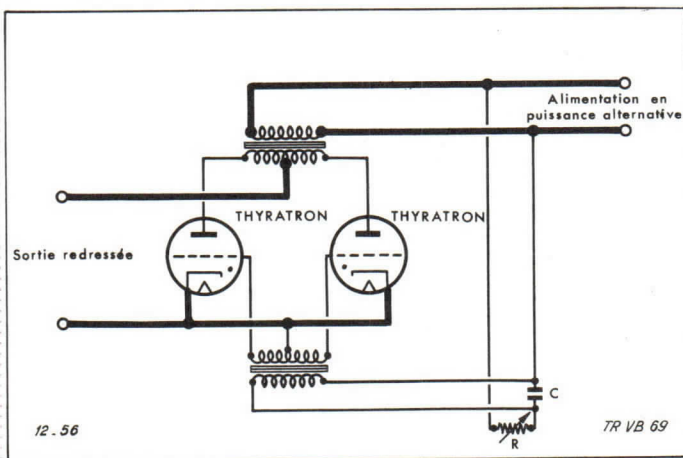


Fig. 5.4-5

Redresseur monophasé 2 alternances à grilles commandées par réseau déphaseur R.C. Élément variable R.

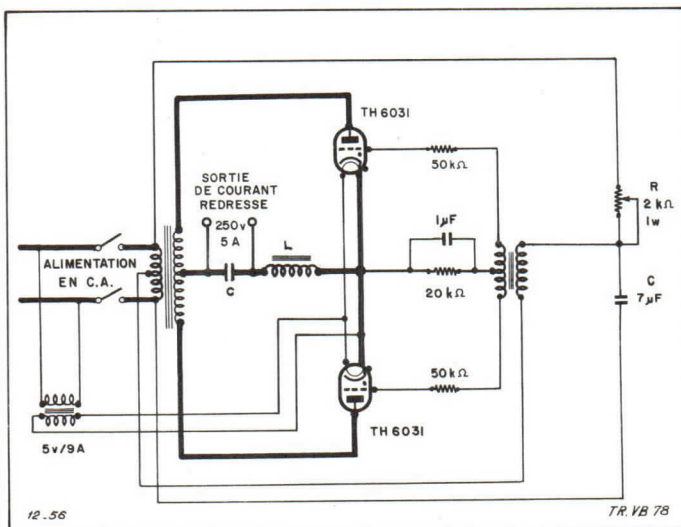


Fig. 5.4-6

Exemple de redresseur monophasé 2 tubes à tension réglable de 0 à 250 V. Débit maximum 5 A. Réglage par variation de la résistance R du réseau déphaseur R.C.

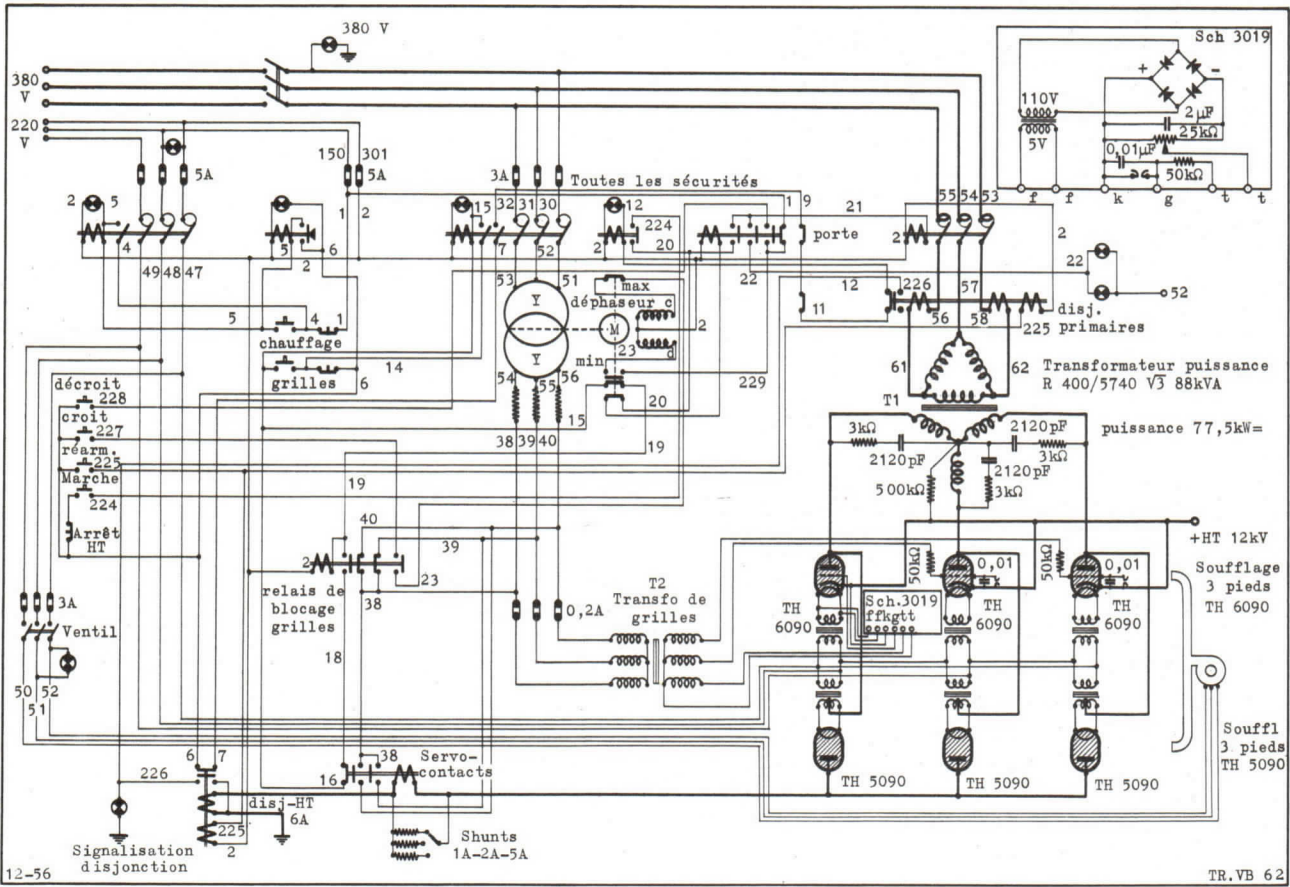


Fig. 5.4-7

Exemple de Redresseur triphasé en pont de Graëtz mixte à Phanotrons et Thyratrons - 12 kV - 72 kV. - Commande des grilles par tension alternative de phase variable superposée à une tension continue (voir détail SCH 3019).

5.5 - COMPARAISON ENTRE DIVERS TYPES DE THYRATRONS.

	TYPES DE THYRATRONS			
	A vapeur de mercure	A remplissage mixte gaz rare-mercure	A remplissage par gaz rare	A hydrogène
1 - Tensions directe et inverse	hautes et basses	basses	basses	hautes
2 - Débit moyen	important	important	important	faible
3 - Débit instantané	moyen	moyen	élevé	très élevé
4 - Vitesse d'ionisation	faible	faible	faible	grande
Vitesse de désionisation *	faible	faible	moyenne	grande
5 - Facteur de commutation	très élevé	élevé	faible ou moyen	faible
6 - Limites de température ambiante	étroites	larges	larges	larges
7 - Délais d'application de la HT	longs	courts	courts	variables suivant le tube
8 - Position de fonctionnement	verticale	verticale	indifférente	indifférente
9 - Durée de vie	longue	longue	moyenne	courte

\* dépend aussi du circuit d'utilisation.

5.6 - DIVERS TYPES DE THYRATRONS C.F.T.H.

5.6-1 THYRATRONS BASSE TENSION (à vapeur de mercure)

Référence	Cathode		Caractéristiques (max)			Accessoires		Equivalence U.S.A
	Ef V	If A	E inv. crête V	Ia moy. A	Ia crête A	Connexion d'anode	Support	
TH 6011	2,5	5	5 000	0,5	2	13305	16006	5557/FG17-967
TH 6031	5	4,5	1 000	2,5	15	13305	16006	5559/FG57
TH 6050 (a)	5	4,5	1 000	2,5	15	13305	16006	5720/FG33
TH 6100 (b)	5	4,5		2,5	15			
(c)	5,5	5	1 000	0,5	30	13305	16006	5560/FG95
TH 6120 (b)	5	10	2 500	6,4	40			
(d)	5,5	11	750	2,5	77	13306	16030	FG105
(d)	5	10	10 000	4	16			

(a) Tube à caractéristique de grille positive

(b) Thyatron bigrille

(c) Valeurs applicables seulement dans le cas où le tube est utilisé pour la commande d'igniteur

(d) Valeurs applicables seulement dans le cas où le tube est utilisé pour le contrôle de soudure

5.6-2 THYRATRONS BASSE TENSION (à gaz inerte)

Référence	Cathode		Caractéristiques (max)			Accessoires		Equivalence U.S.A
	Ef V	If A	E inv. crête V	Ia moy. A	Ia crête A	Connexion d'anode	Support	
TH 6220	2,5	21	1 500	6,4	80	13305	16030	GL 5545
TH 6220 A	2,5	21	1 500	6,4	80	13305	16030	GL 6807
TH 6230	2,5	7	1 250	1,5	6		16006	GL 3 C 23
TH 6240	2,5	9	1 250	2,5	30	13305	16006	GL 6011
TH 6250	2,5	34	1 500	18	160	13305	16006	GL 5855

5.6-3 THYRATRONS HAUTE TENSION (à vapeur de mercure)

Référence	Cathode		Caractéristiques (max)			Accessoires		Equivalence U.S.A
	Ef V	If A	E inv. crête V	Ia moy. A	Ia crête A	Connexion d'anode	Support	
TH 6090	5	18	15 000	8	50	13306	16014	
TH 6091	5	35	17 000	16	100	13306	16027	
TH 6130	5	10	10 000	2,5	10	13305	16030	

5.6-4 THYRATRONS SPECIAUX (à hydrogène)

Types		Cathode			Tension anodique crête		Courant anodique		Courant crête x Tension crête x Fréq. répétit. max	di/dt max A/μs	Signal de déclenchement			Impédance du circuit grille max Ω	Chauffage Réservoir	
Désignation C.F.T.H	Equivalence U.S.A	Ef V	If A	Temps de chauffage minutes	Directe kV	Inverse kV	Crête A	Moyen mA			Amplitude V cr min.	Larg. min. μs (a)	Pente V/μs min.		Er V	Ir A
TH 6345	3C45	6,3	2,5	2	3	3	35	45	$0,3 \times 10^9$	750	175	2	150	1 500		
TH 6435	4C35	6,3	6	3	8	8	90	100	$2 \times 10^9$	1 000	175	2	150	1 500		
TH 6552	5C22	6,3	10	5	16	16	325	200	$3,2 \times 10^9$	1 500	200	2	150	500		
TH 6907	5949	6,3	20	15	25	25	500	500	$6,25 \times 10^9$	2 500	550	2	1 800	200	3 à 5	2 à 5
TH 6257	1257	6,3	40	15	33	33	2 000	2 600	$20 \times 10^9$	10 000	1 300	2 (b)	2 000	50	3,5 à 6	3 à 8

(a) La largeur du signal de déclenchement est mesurée à 70 % de l'amplitude.

(b) La largeur du signal de déclenchement ne doit pas dépasser celle de l'impulsion de courant anode.

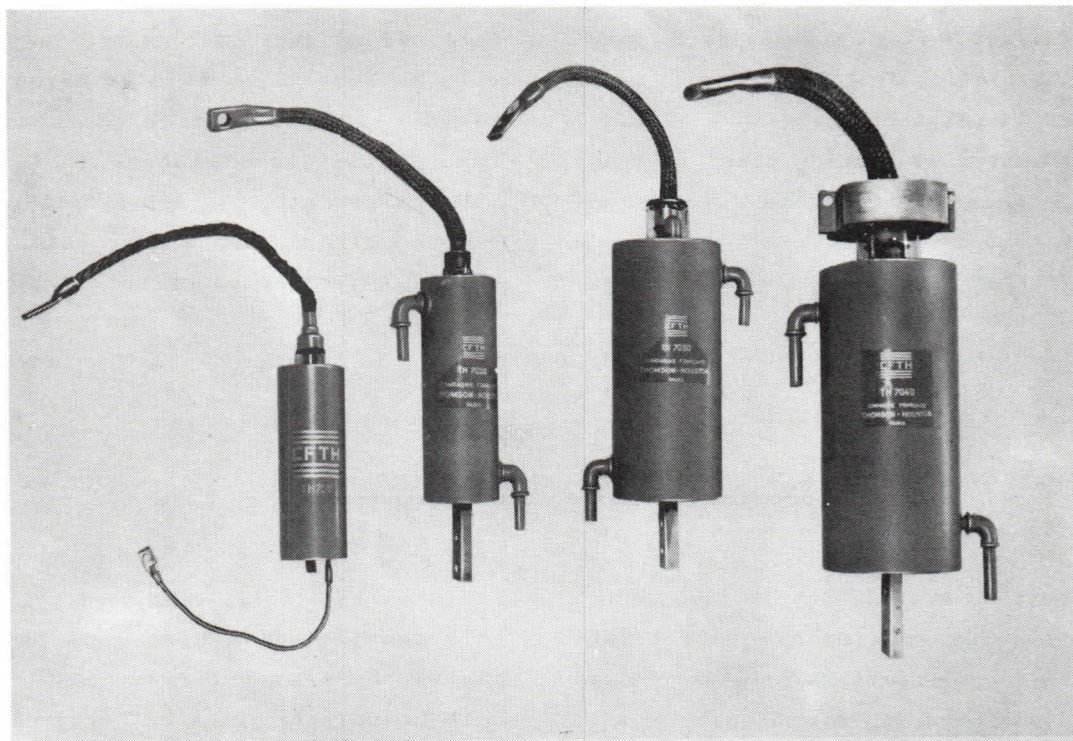
5.7 - POSSIBILITES D'EMPLOI INDUSTRIEL DES THYRATRONS A HYDROGENE.

Les thyratrons à hydrogène utilisés normalement dans les modulateurs hyperfréquences sont employés avec succès dans les applications suivantes:

- Protection des tubes d'émission et réenclenchement rapide en cas d'incidents (rocky-point).
  - Soudure électrique rapide.
  - Remplacement des éclateurs dans les postes HFI.
- Les impulsions obtenues avec les thyratrons à

hydrogène conviennent également pour les utilisations suivantes:

- Diathermie, bistouri électrique.
- Balayage à très grande vitesse pour oscillographie des ondes centimétriques.
- Modulateurs de lumière, flashes pour mesure des vitesses de déflagration ou de projectiles.
- Application aux revêtements électrolytiques.



## 6 - Ignitrons.

### 6.1 - DESCRIPTION

Les ignitrons sont des tubes à cathode liquide dans lesquels l'arc est amorcé, à chaque alternance positive de la tension, à l'aide d'une électrode auxiliaire appelée "igniteur". Ces tubes sont du type dit "redresseur 1 alternance". Durant l'alternance négative de la tension d'anode pendant laquelle le tube ne laisse pas passer le courant, l'ionisation résiduelle atteint une très faible valeur, en compa-

raison de celle existant dans les tubes à anodes multiples, où elle est proportionnelle au courant de charge. Ceci permet de réduire la protection de l'anode par écran et d'abaisser ainsi la chute de tension dans l'arc, de telle sorte que ces tubes peuvent être utilisés avec un bon rendement sur des tensions basses ( 125 à 250 volts ).



En faisant varier la phase de la tension d'alimentation de l'igniteur, on peut déterminer le point de la période où l'ignitron s'amorce et réduire ainsi la tension et le courant de sortie au-dessous de leur valeur maximum.

L'ignitron possède donc de nombreuses

caractéristiques de commande du thyatron mais sa cathode, à bain de mercure, peut fournir une émission de courant de plusieurs milliers d'ampères.

En général, ces tubes sont refroidis par une circulation d'eau, mais les plus petits peuvent être refroidis par air.

## 6.2 - PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

L'igniteur est une petite tige d'une matière très réfractaire ayant la forme et la taille approximative de l'extrémité pointue d'un crayon ordinaire. Cette pointe plonge dans un bain de mercure. Par le passage dans l'igniteur d'une impulsion de courant de durée suffisante, on provoque l'établissement d'une tache cathodique sur le mercure, qui devient ainsi une source d'électrons puissante.

L'ionisation s'étend de cette tache initiale à tout le volume du tube, et, si l'anode principale est positive, les électrons commencent à l'atteindre. Le passage des électrons ionise la vapeur de mercure, créant les conditions d'une faible chute dans l'arc et la possibilité de passage d'un courant important. Cette tache cathodique disparaît immédiatement quant le courant s'annule.

L'ionisation décroît alors rapidement jusqu'à des valeurs qui permettent l'application de la tension inverse pour laquelle

le tube est établi, sans production d'arcs en retour, c'est-à-dire sans passage du courant en sens inverse.

Le mercure qui s'est évaporé du bain de mercure se condense sur les parois refroidies du tube. De là, il retourne dans le bain de mercure pour maintenir le niveau qui est nécessaire au fonctionnement de l'igniteur. La pression de vapeur due au mercure est déterminée par la température de la chambre intérieure refroidie par une circulation d'eau. D'où l'importance du contrôle exact de celle-ci.

La C.F.T.H. a développé un thermorégulateur spécial à cet effet, et dont on lira la description plus loin. (§ 6.7, page 44).

Moyennant ce contrôle de température et dans les conditions normales de charge la chute dans l'arc est relativement basse, environ 12 à 18 volts; le rendement global, même aux basses tensions, est donc très élevé.

### 6.3 - DIFFERENTS TYPES D'IGNITRONS

Il existe deux principaux types d'ignitrons :

a) - les ignitrons du type soudure (fig. 6.3-1) utilisés comme contacteurs pour alimenter en courant alternatif les transformateurs des soudeuses. Ces ignitrons se caractérisent en gros par :

- une forte capacité de débit pendant des temps courts.

- des tensions d'utilisation allant de 220 Veff. à 600 Veff. (tension inverse 1 500 V maximum).

- un taux de travail

$$T_t\% = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Temps de travail} + \text{Temps de repos}} \times (100)$$

d'autant plus faible que le courant est plus élevé.

- un débit minimum (de l'ordre de 50 A) nécessaire pour un fonctionnement stable.

Certains de ces ignitrons peuvent fonctionner en redresseurs intermittents.

b) - les ignitrons du type redresseur caractérisés par la possibilité de fonctionner en régime permanent; un débit aussi faible que l'on désire, la stabilité étant assurée par une anode auxiliaire d'entretien. La tension inverse maximum admissible est de 20.000 V pour les plus gros tubes.

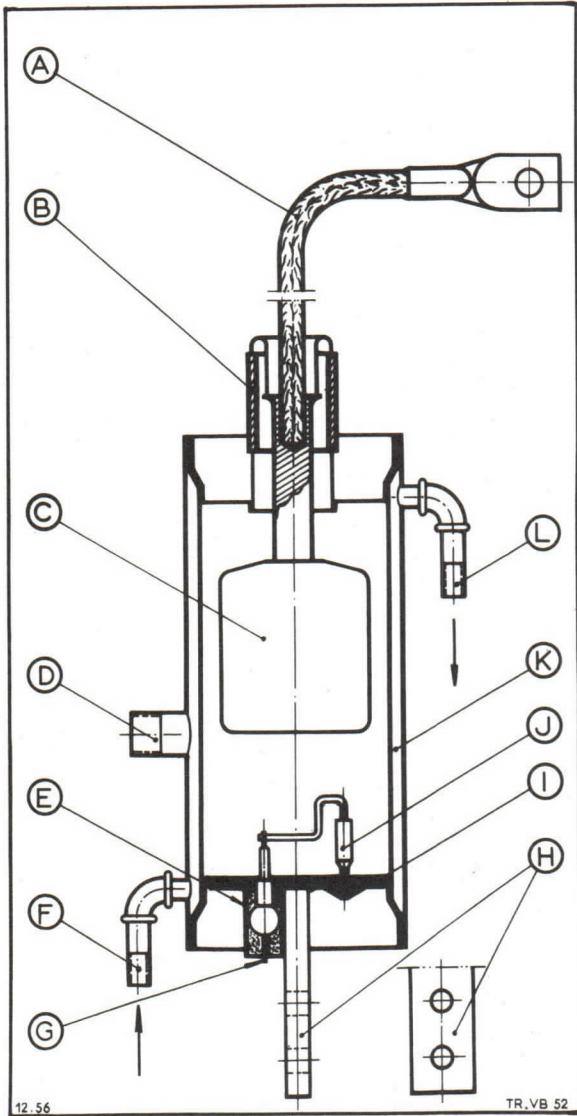


Fig. 6.3-1

Coupe schématique d'un ignitron de soudure

- A - Tresse et connexion d'anode.
- B - Manchon de verre (enrobage de sortie isolée d'anode).
- C - Anode en graphite.
- D - Ajutage de prise de température.
- E - Protection de sortie de l'igniteur.
- F - Ajutage d'entrée de l'eau de réfrigération.
- G - Connexion de l'igniteur.
- H - Connexion de cathode.
- I - Cathode liquide de mercure.
- J - Igniteur.
- K - Enceinte de réfrigération.
- L - Ajutage de sortie d'eau.

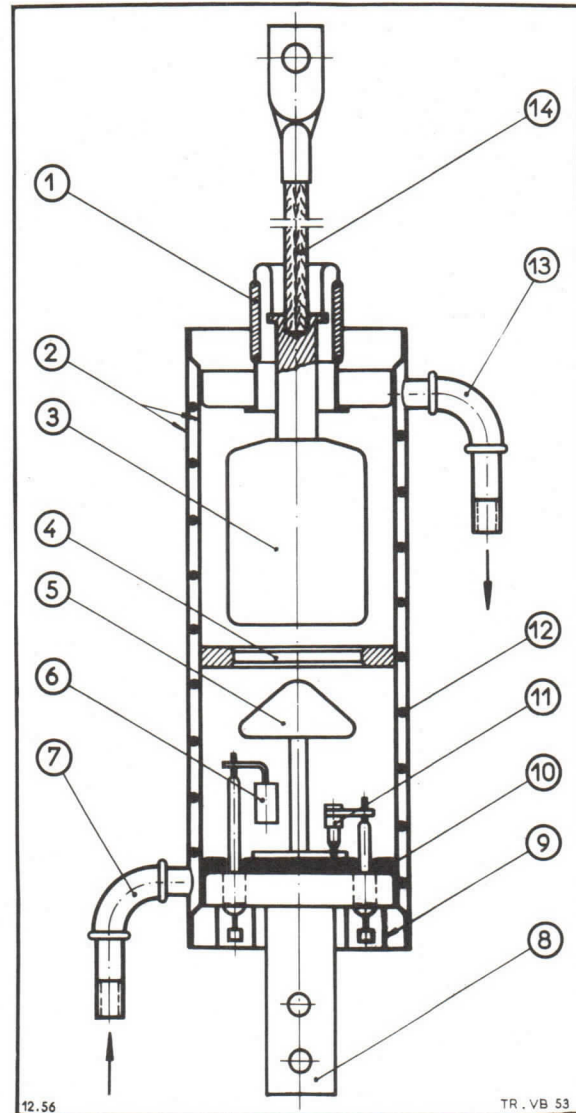


Fig. 6.3-2

Coupe schématique d'un ignitron redresseur

- 1 - Manchon de verre (enrobage de sortie isolée d'anode).
- 2 - Chemises intérieure et extérieure.
- 3 - Anode en graphite.
- 4 - Baffle de désionisation.
- 5 - Baffle de déflexion.
- 6 - Anode auxiliaire d'entretien.
- 7 - Ajutage d'entrée de l'eau de réfrigération.
- 8 - Connexion de cathode.
- 9 - Connexion d'igniteur.
- 10 - Cathode liquide de mercure.
- 11 - Igniteur.
- 12 - Enceinte de réfrigération.
- 13 - Ajutage de sortie de l'eau.
- 14 - Tresse et connexion d'anode.

## 6.4 - PRINCIPALES APPLICATIONS DES IGNITRONS

Les ignitrons conviennent particulièrement aux trois domaines d'applications suivants :

- a) Commande des circuits de soudure par résistance.
- b) Redressement des courants alternatifs.
- c) Conversion de puissance.

### 6.4-1

#### APPLICATION A LA SOUDURE ELECTRIQUE

Les ignitrons sont particulièrement adaptés à la soudure par résistance et sont alors employés pour commander le courant primaire fourni aux transformateurs de soudure. C'est la commande la plus exacte qui puisse être utilisée. Les ignitrons agissent comme des contacteurs; par l'intermédiaire de thyratrons ou d'autres dispositifs électroniques de commande convenables, on peut faire passer le courant pendant le nombre de périodes désiré.

Les périodes de coupure peuvent être commandées de la même façon et avec la même exactitude dans les travaux de soudure en ligne; les cycles de soudure établis peuvent être répétés indéfiniment sans changement du nombre de périodes. On obtient ainsi une très grande régularité dans les soudures, et les déchets pour soudure défectueuse sont presque réduits à zéro.

### 6.4-2

#### APPLICATION AU REDRESSEMENT

Les ignitrons fonctionnent aussi comme redresseurs. Ils fournissent alors des puissances en courant continu de 40 à 1.000 kilowatts (ces valeurs varient avec la tension d'alimentation) et des tensions de sortie de 125, 250, 600 ou 900 volts. Un régulateur de tension peut leur être adjoint, assurant une tension de sortie constante. Au contraire, par la variation de la tension de sortie, on peut commander la vitesse des moteurs à courant continu.

### 6.4-3

#### APPLICATION A LA CONVERSION DE PUISSANCE

Les ignitrons permettent de convertir une puissance fournie par une source alternative en une puissance équivalente, soit sous haute tension continue, soit sous tension alternative, mais de fréquence différente.

### 6.4-4

#### APPLICATIONS SPECIALES

L'ignitron peut être utilisé comme contacteur très rapide permettant de court-circuiter un circuit, par exemple pour couper une queue d'onde de décharge et pour servir de "pare-étincelles" à un organe électromécanique de coupure de courant.

6.5 - REGIMES DE FONCTIONNEMENT

Le régime de fonctionnement des ignitrons est fonction de la tension inverse maximum, du courant maximum instantané que le tube peut supporter, de la température de l'eau de refroidissement, (température qui définit la pression de la vapeur de mercure à l'intérieur de l'ignitron), et enfin de la capacité de l'ignitron quant à la dissipation des pertes de puissance liées au courant moyen anodique.

Les électrodes des ignitrons, comme celles de tout tube électronique, ont une masse beaucoup plus faible que les machines tournantes ou tout autre appareil plus ancien. Les températures d'équilibre sont beaucoup plus rapidement atteintes : quelques secondes pour les ignitrons de soudure, quelques minutes pour les ignitrons de redressement.

Le régime de l'igniteur est défini par la tension instantanée maximum et le courant nécessaire pour l'allumage, ainsi que par les tensions maxima admissibles, dans le sens direct et dans le sens inverse.

L'igniteur au repos et à froid peut avoir une résistance de 20 à 250 ohms. Dans les conditions d'emploi, cette résistance décroît jusqu'à une valeur se situant de 2 à 10 ohms. L'igniteur se comporte comme une résistance constante durant chaque période; mais à cause du mouvement de vagues dans le bain de mercure :

1° La résistance durant plusieurs périodes successives peut varier beaucoup. Le courant d'allumage variera donc d'une période à l'autre.

2° L'igniteur ne supporte pas de courant inverse, celui-ci pouvant provoquer une tache cathodique sur l'igniteur, et la chaleur résultante tendant à détruire la pointe. Un système tel qu'un thyatron ou un redresseur à couche d'arrêt à très faible courant inverse doit donc être connecté en série avec l'igniteur.

Les régimes maxima des igniteurs sont les mêmes dans le cas de l'emploi en soudure et dans le cas de l'emploi en redresseur intermittent.

6.5-1

Ignitrons de soudure

Le régime d'un tel ignitron est déterminé :

- au point de vue instantané, par la tension maximum inverse et le courant maximum instantané qu'il peut supporter.

- au point de vue moyen, par le courant moyen maximum qu'il peut supporter.

Le courant doit être calculé pendant un "temps maximum d'intégration" qui est indiqué pour chaque type d'ignitron sur les courbes de puissance correspondantes. Ces deux valeurs de courant moyen et de temps maximum définissent le courant qui peut passer dans l'ignitron pendant un temps donné.

Les valeurs caractéristiques de chaque type de tube et les courbes de puissance qui sont données dans les notices sont valables pour deux tubes placés devant une soudeuse, de telle sorte que les deux demi-périodes - positive et négative - puissent passer.

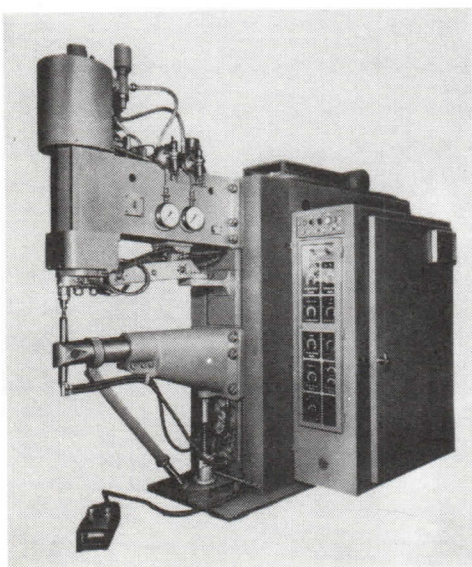


Fig. 6.4-2

Soudeuse commandée par ignitrons.

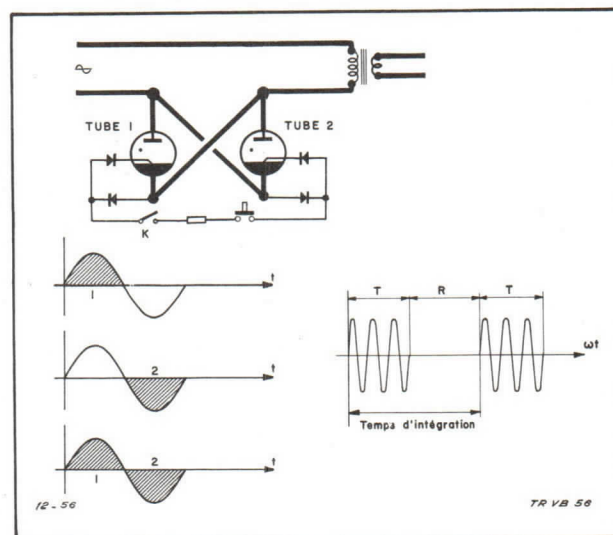


Fig. 6.4-1

Contacteur à ignitrons. Montage en parallèle inverse. (Soudeuse électrique). Schéma de principe. Diagramme des courants - Temps d'intégration. T = Temps de travail; R = Temps de repos.

6.5-2

Utilisation des courbes de charge.

(Fig. 6.5-2-1)

Soit une soudeuse devant absorber une puissance maximum de 500 kVA sous 250 V.

- L'appel de courant en ligne est de  $I = \frac{500\ 000}{250} = 2\ 000$  A efficaces, soit  $2\ 000 \times \sqrt{2} = 2\ 800$  A crête

- Le courant moyen par tube pendant la période où il conduit le courant est:

$$I_{\text{moyen}} = \frac{2\ 800}{\pi} = 891\ \text{A}$$

- En se référant à la courbe on voit que le tube TH. 7020 convient pour 500 kVA et que le courant moyen d'anode admissible dans le tube est alors de 33 ampères.

- Le temps d'intégration du TH. 7020 est de 18 secondes pour 250 V. Durant ce temps on peut faire passer dans ce tube:

$$33 \times 18 = 594\ \text{ampères seconde.}$$

- Le courant moyen pendant la période de passage du courant étant de 891 ampères, on peut écrire en appelant "t" le temps de soudure:

$$891 \times t = 594\ \text{ampères seconde}$$

$$\text{d'où } t = 0,67\ \text{seconde.}$$

soit en périodes, sur un réseau à 50 périodes:

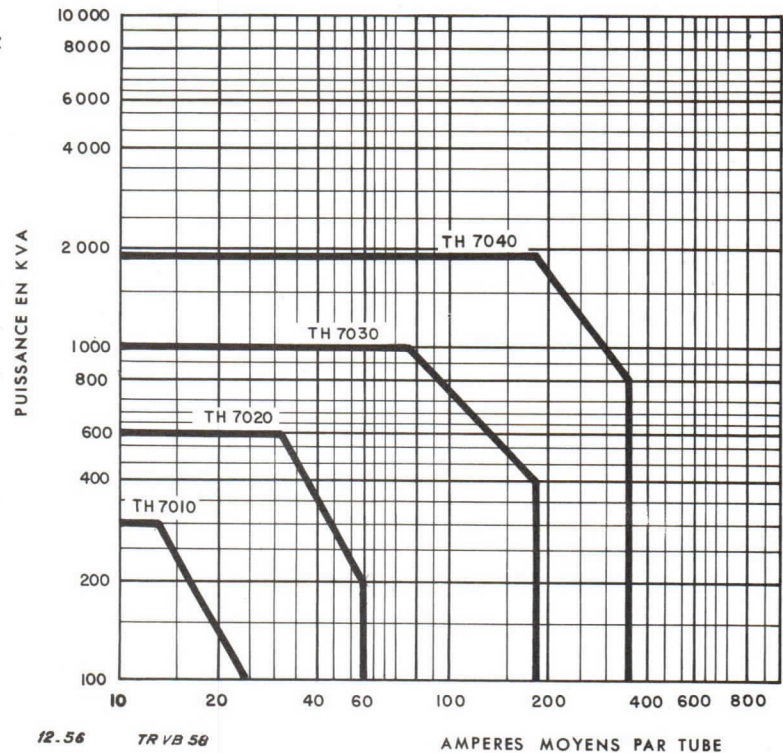
$$t = 0,67 \times 50 = 33\ \text{périodes.}$$

- La durée totale de conduction, pendant un temps total de 18 secondes ne doit pas excéder 33 périodes, celles-ci se trouvant réparties en un ou plusieurs points de soudure.

Le pourcentage du temps de travail par rapport au temps total peut être déduit d'ailleurs sans calcul des courbes de la figure 6.5-2-2 (250 volts). On trouve, en effet, sur la courbe du tube TH 7020 et pour une intensité de soudure de 2.000 ampères efficaces, que ce rapport est de : 3,7% de 18 secondes, soit en nombre de périodes :

$$\frac{18 \times 50 \times 3,7}{100} = 33$$

Le courant maximum de crête est le courant que



12.56 TR VB 56

AMPERES MOYENS PAR TUBE

Fig. 6.5-2-1.

COURBES DE CHARGE

Puissance de soudure maximum en fonction du courant moyen par tube.

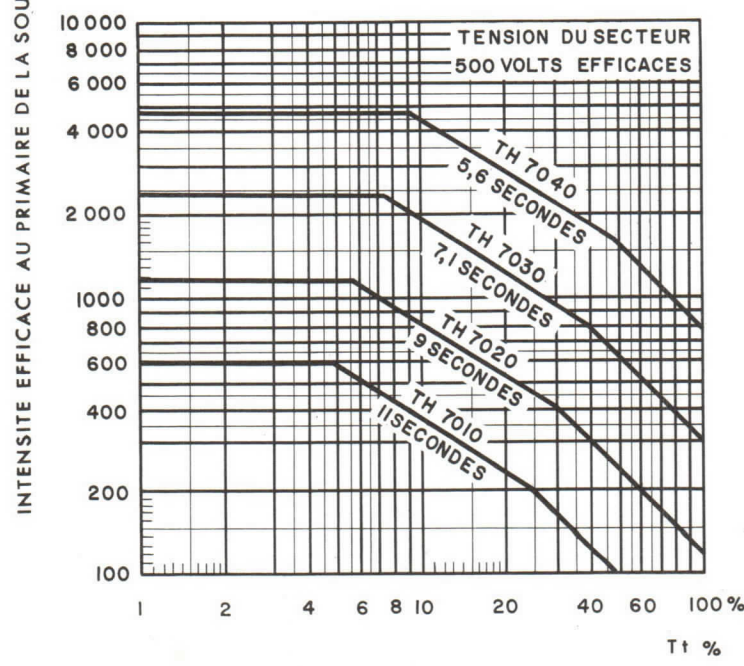
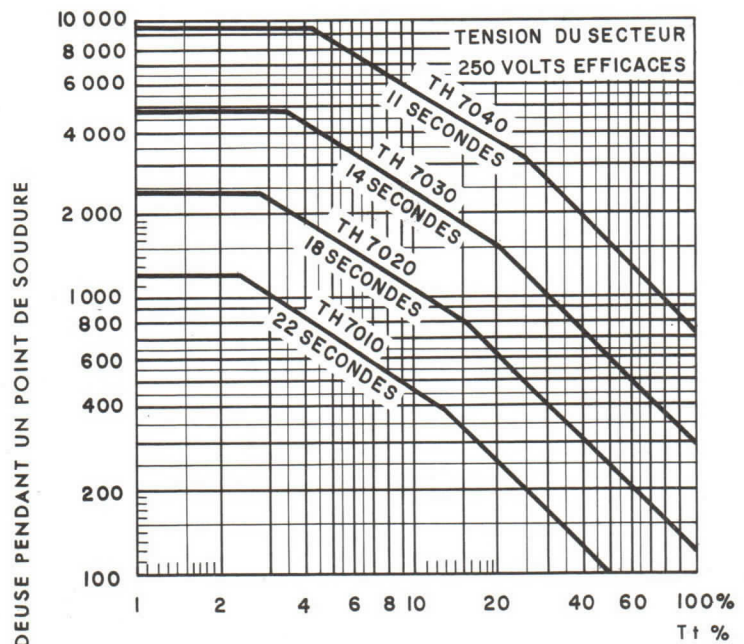
(Valeurs par tube, dans le cas où l'on utilise deux tubes montés en parallèle inverse)

Tension du secteur		250 volts	440 volts	500 volts	600 volts
		Modèles d'ignitrons	TH 7010	22	12,5
	TH 7020	18	10,2	9	7,5
	TH 7030	14	8	7,1	5,91
	TH 7040	11	6,3	5,6	4,7

Temps en secondes à employer pour le calcul de l'intensité moyenne.

le tube peut supporter sans dommage immédiat en cas de défaut dans l'installation. Des opérations répétées à ce régime peuvent évidemment diminuer la vie du tube.

Lorsqu'on règle la valeur du courant par déphasage de la tension d'allumage de l'igniteur, le courant admissible par rapport au courant sans retard doit être réduit en proportion de l'angle de retard voir fig.(6.5-2-4). On doit donc prévoir les tubes comme si les périodes entières devaient passer.



12.56

TR VB 59

Fig. 6.5-2-2 - Courbes de charge

Intensité efficace au primaire du transformateur de soudure pendant un point de soudure.

$$T_t \% = \frac{\text{TEMPS DE SOUDURE}}{\text{TEMPS DE SOUDURE} + \text{TEMPS DE REPOS}} = \text{TAUX DE TRAVAIL}$$

Valeurs pour 2 tubes, retard à l'amorçage nul.

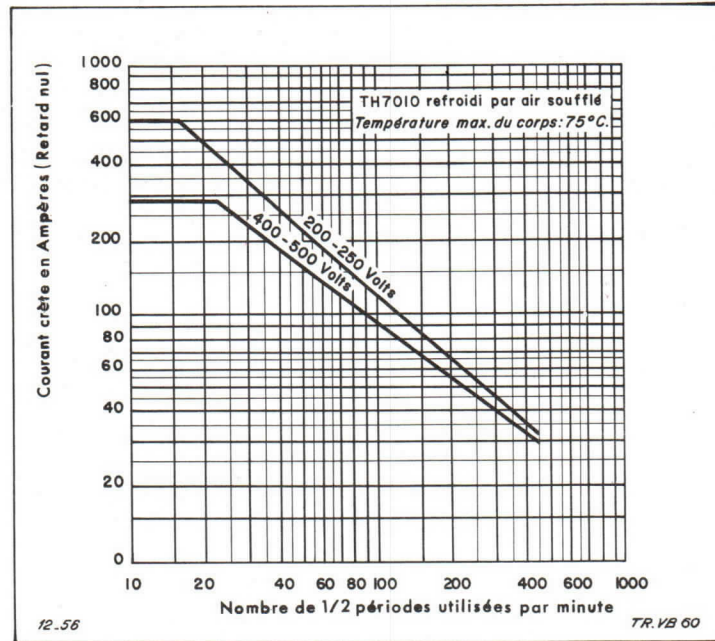


Fig. 6.5-2-3

Courbes de charge du tube TH 7010 (utilisé avec refroidissement par air soufflé).  
(utilisation sur soudeuse 1 alternance)

Courant crête (1alternance) en fonction du nombre d'alternances de soudure par minute.  
Ce courant ne peut se mesurer qu'avec un appareil donnant la crête de courant (oscilloscope par ex.)

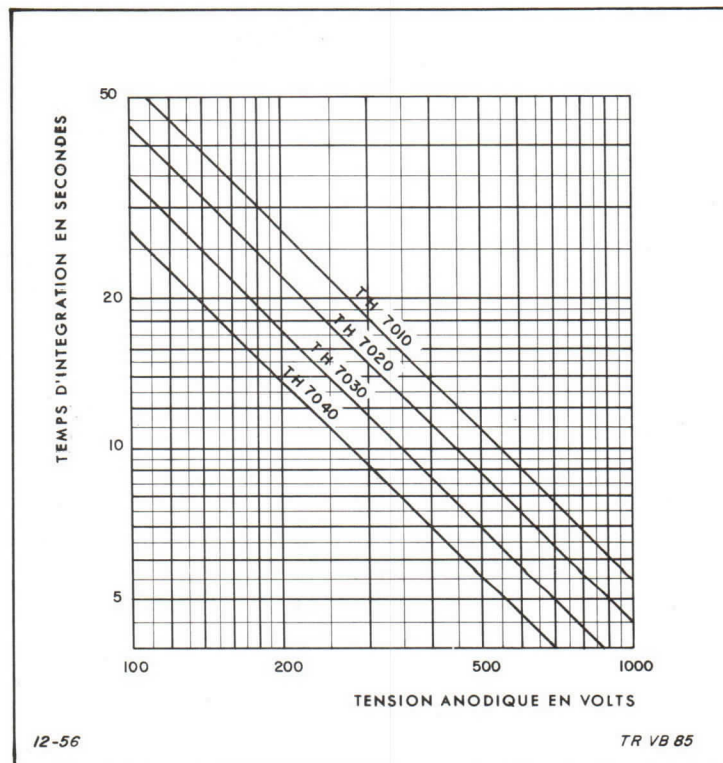


Fig. 6.5-2-4

Temps d'intégration en fonction de la tension anodique (Refroidissement par eau)



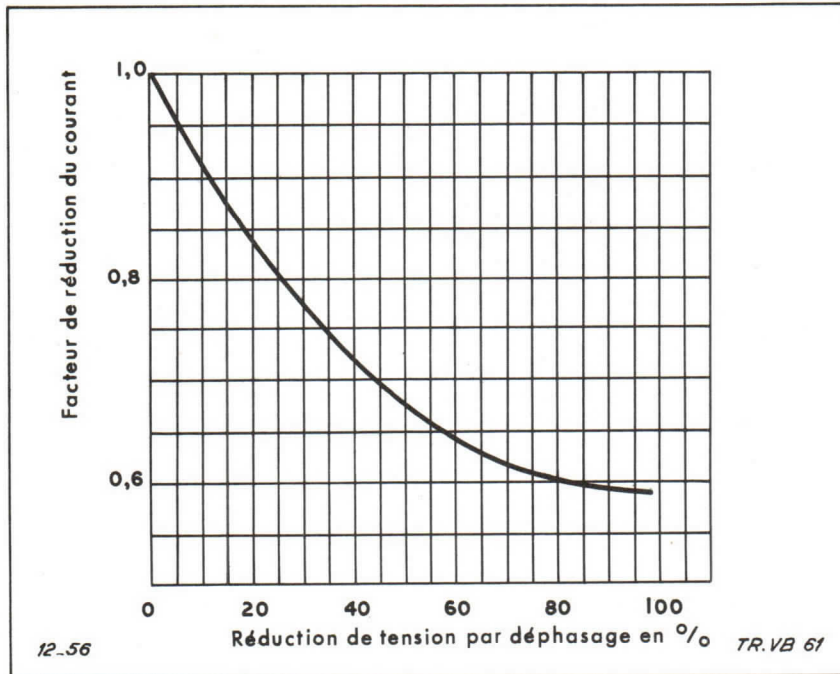


Fig. 6.5-2-5

Courbes de réduction de courant correspondant à la réduction de tension pour les redresseurs triphasés simple ou double alternance, avec retard à l'amorçage.

**6.5-3 - IGNITRONS REDRESSEURS**

Le régime d'un ignitron redresseur est déterminé par :

- le maximum de courant moyen d'anode.
- le courant instantané maximum.

On indique pour chaque tube, les valeurs des tensions inverses et les caractéristiques de courant correspondant aux tensions continues de sortie de 300 à 600 volts. Le courant de court-circuit

est l'intensité maximum de courant que le tube peut supporter sans dommage immédiat en cas de défaut dans l'installation.

Mais il ne doit en aucun cas servir de base de calcul pour un régime de fonctionnement permanent.

Les deux dernières caractéristiques imposent des limites aux impédances des transformateurs et circuit d'alimentation, et au délai maximum admissible pour l'interruption du circuit.

**IGNITRONS DE SOUDURE (refroidissement par eau)**

Référence	Taille	Tension secteur V	Caractéristiques (valeurs max.)				Equivalence	
			Appel puissance kVA	Ia moyen correspondant A	Ia moyen maximum A	Appel de puissance correspondant kVA	G-B	U.S.A
TH 7010*	A	250-600	300	12,1	22,4	100	BK 66	GL 415 - 5550 - WL 681
TH 7020	B	250-600	600	30,2	56	200	BK 42	FG 271 - 5551 - WL 652
TH 7030	C	250-600	1 200	75,6	140	400	BK 24	FG 235 A - 5552 - WL 651
TH 7040	D	250-600	2 400	192	355	800	BK 34	FG 258 A - 5553 - WL 655

\* Le refroidissement par circulation d'eau est assuré par l'emploi d'une bague amovible servant également de support. (Référence 11020)

**NOTA** - Les ignitrons correspondants à cette série et munis d'une prise de température pour thermorégulateur portent les références TH 7021 - TH 7031 - TH 7041.

## 6.6 - CHOIX DES TUBES

### 6.6-1

#### IGNITRONS DE SOUDURE

Le choix des ignitrons pour la soudure dépend d'abord de la demande maximum en kilovolts-ampères et des conditions de fonctionnement.

La demande maximum, en fonction de la tension et du courant primaire du transformateur de la soudeuse, peut être indiquée par le constructeur. Lorsque ces données ne sont pas connues, on peut les déterminer par mesure directe, en fixant sur l'un des conducteurs d'alimentation du primaire, un ampèremètre portatif avec index de déviation maximum. Le secondaire doit être court-circuité par des barettes de cuivre. La soudeuse est alimentée pendant les périodes suffisamment longues pour permettre l'établissement de l'équilibre de l'appareil de mesure.

Le tube choisi doit avoir une capacité suffisante pour fournir la demande maximum de courant dans les limites des caractéristiques normales, en ménageant une marge de sécurité suffisante pour tenir compte des régimes transitoires, des fluctuations de réseau ou, au besoin choisir soit un tube de taille supérieure, soit en grouper plu-

sieurs. Si les nécessités de service exigent de faire fonctionner les ignitrons aux limites de charge, il est indispensable de respecter les conditions optima de température, de forme de courant.

### 6.6-2

#### IGNITRONS REDRESSEURS

Le choix des tubes devant fournir une tension continue donnée est simple. En admettant les caractéristiques de surcharge, on peut dire que le courant moyen est le courant continu de charge divisé par le nombre de phases.

Le tableau montre les combinaisons possibles de tubes redresseurs de 40 à 1 000 kilowatts fournissant des tensions continues de 125 à 900 volts.

### 6.6-2-1

#### Montages

On utilise tous les montages courants pour les redresseurs ioniques. Les relations entre différentes grandeurs sont celles du tableau 10.1 page 87.

Le tableau 6.6-2-2 page 42 donne une idée des principales combinaisons qu'on peut obtenir avec des ignitrons courants.

6.6-2-2

Utilisation rationnelle des ignitrons redresseurs  
(principales combinaisons)

Puissance utile à différentes tensions continues E				Ignitrons		Transfo.	Phases		Composante fondamentale de l'ondulation	
125 V	300 V	600 V	900 V	Nombre	Type		Entrées	Sorties	Fréquence d'entrée X par	Amplitude
40	75	100	100	3	TH 7050	Y-Zig-Zag	3	3	3	0,25 E
50	100	150	150	6	- -	Y - Y	3	6	6	0,057 E
75	150	200	200	6	- -	Y - Y	3	6	6	0,057 E
100	200	300	300	6	- 7060	Y - Y	3	6	6	0,057 E
150	300	400	400	6	- -	Y - Y	3	6	6	0,057 E
-	-	500	500	6	- -	Y - Y	3	6	6	0,057 E
200	400	750	750	12	- -	quadruple Y	3	6 ou 12	6 ou 12	0,057 ou 0,014
300	500	1000	1000	12	- -	quadruple Y	3	6 ou 12	6 ou 12	0,057 ou 0,014 E

6.6-2-3

Circuits d'excitation des ignitrons de soudure.

Plusieurs systèmes sont utilisés: système à décharge de capacité, à impulsions magnétiques (voir en 6.2-4), le plus courant est celui dit en dérivation ou en by-pass (fig.7-13). Ce dernier a l'avantage de la simplicité et fournit toujours les 100  $\mu$ s nécessaires à l'amorçage de l'arc.

6.2-2-4

Circuits d'excitation des ignitrons redresseurs.

L'énergie d'excitation de l'igniteur est fournie par un circuit indépendant du courant de charge. Ce système d'excitation amorce l'igniteur à chaque cycle. L'ignitron redresseur possède à cet effet une petite anode auxiliaire située près de la cathode liquide (fig.6.3-2) et qui permet le maintien de la tache cathodique.

6.6-2-5

Chutes de tension réelles et régulation.

Dans les redresseurs réels, la tension redressée varie en fonction de la charge de 6 à 7% selon la réactance du transformateur de puissance et la nature du réseau d'alimentation. Cette variation de tension est due à l'augmentation de la chute interne avec l'accroissement du courant, aux chutes ohmiques dans le transformateur, et aux chutes de tension dues à la commutation de l'arc. Pendant la période de commutation, il y a transfert de courant d'un enroulement à un autre du transformateur; pendant un court laps de temps, les deux enroulements débitent, et la tension résultante est la moyenne de celle des deux phases.

Chutes de tension

La chute de tension moyenne due à la commutation est:

$$U_c = p.f.L.I. \text{ volts.}$$

où p est le nombre de phases de chaque redresseur simple,

f est la fréquence en périodes par seconde,

L est l'inductance de commutation. Elle est déterminée à partir de la réactance secondaire du transformateur,

( $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ ) de deux phases successivement conductrices dans un redresseur simple. Elle se détermine facilement en court-circuitant le primaire,

et en mesurant la tension nécessaire, pour provoquer le passage du courant secondaire voulu dans l'une des deux phases successivement conductrices. L'impédance est:

$$Z = \frac{E}{I} \text{ Ohms}$$

et si la résistance R est connue,  $X_L$  se calcule:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

I = courant au début de la commutation (équivalent au courant continu dans le cas des redresseurs simples, ou à la valeur voulue dans le cas de plusieurs redresseurs simples).

La tension de sortie théorique moyenne d'un redresseur est:

$$E_{\text{moy}} = p/\pi \sqrt{2} \cdot E_{\text{eff}} (\sin.\pi/p)$$

où  $E_{\text{eff}}$  = valeur efficace de la tension secondaire entre phase et neutre,

$E_{\text{moy}}$  = valeur moyenne de la tension redressée, pour le couplage normal  $\Delta/Y-Y$ , circuit où p = 3

$$E_{\text{moy}} = 3/\pi \sqrt{2} \cdot E_{\text{eff}} (\sin.\pi/3)$$

$$\frac{3\sqrt{3}}{\sqrt{2}} E_{\text{eff}} = 1,17 E_{\text{eff}}$$

Si on désire trouver la tension secondaire nécessaire pour fournir une tension redressée donnée, on détermine d'abord la tension continue théorique, et on ajoute les chutes de tension: ohmiques, de commutation, et celle du tube à pleine charge.

Par exemple, soit un redresseur 300 kW à 3 phases, en YY sous 275 volts:

Tension continue à pleine charge	_____ 275	V.
Chutes ohmiques dans le transformateur sous 545 ampères	_____ 4,5	V.
Chute de tension de commutation à 545 A	_____ 10,5	V.
Chute de tension dans l'arc	_____ 15,8	V.
Total	_____ 305,8	V.

et  $305,8 = 1,17 E_{\text{eff}}$

d'où  $E_{\text{eff}} = \frac{305,8}{1,17} = 261$  volts efficaces.

Les variations de tension sont dues à:

Chutes ohmiques dans le transformateur	_____ 4,5	V.
Chute provoquée par la commutation	_____ 10,5	V.
Variation de la chute dans le tube de 0 à 545 ampères	_____ 2,4	V.

Chute de tension totale \_\_\_\_\_ 17,4 V.

Pourcentage de régulation:

$$\text{Reg} = \frac{\text{tension à vide} + \text{tension en charge}}{\text{tension en charge}} \times 100 =$$

$$\frac{\text{chute de tension}}{\text{tension en charge}} \times 100 = \frac{17,4}{275} = 6,25 \%$$

6.7 - LE THERMOREGULATEUR D'IGNITRON

Ce petit appareil consiste essentiellement en une vanne placée sur le parcours de l'eau de refroidissement des ignitrons. Cette vanne est actionnée directement par l'action d'un fluide se dilatant dans une capsule thermométrique contenue dans la sonde de l'appareil. Cette sonde se fixe dans un logement spécialement prévu sur les ignitrons, à l'endroit du corps intérieur le plus critique en température. L'appareil comporte de plus une sécurité électrique, actionnée soit par la membrane déformable, soit par

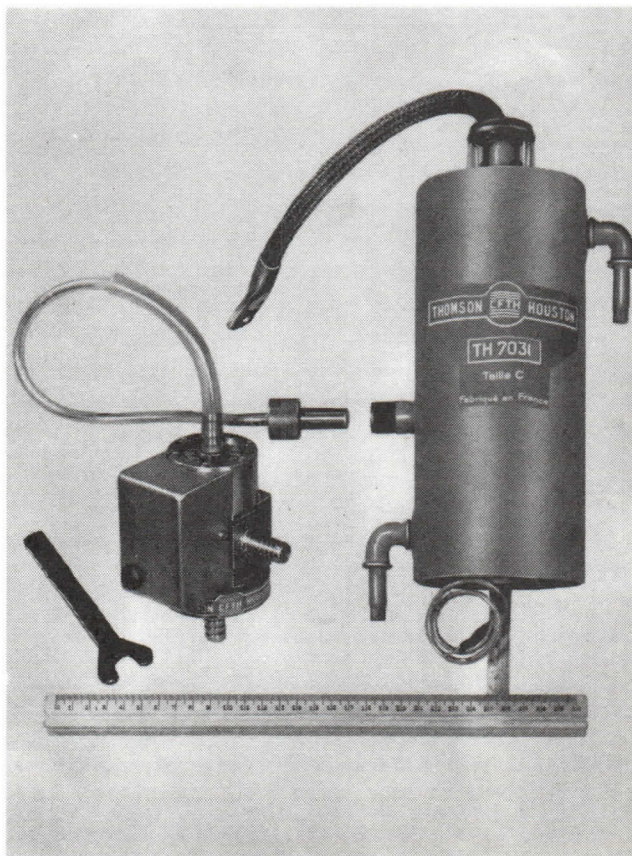
une bilame en cas de non fonctionnement accidentel du clapet de la vanne.

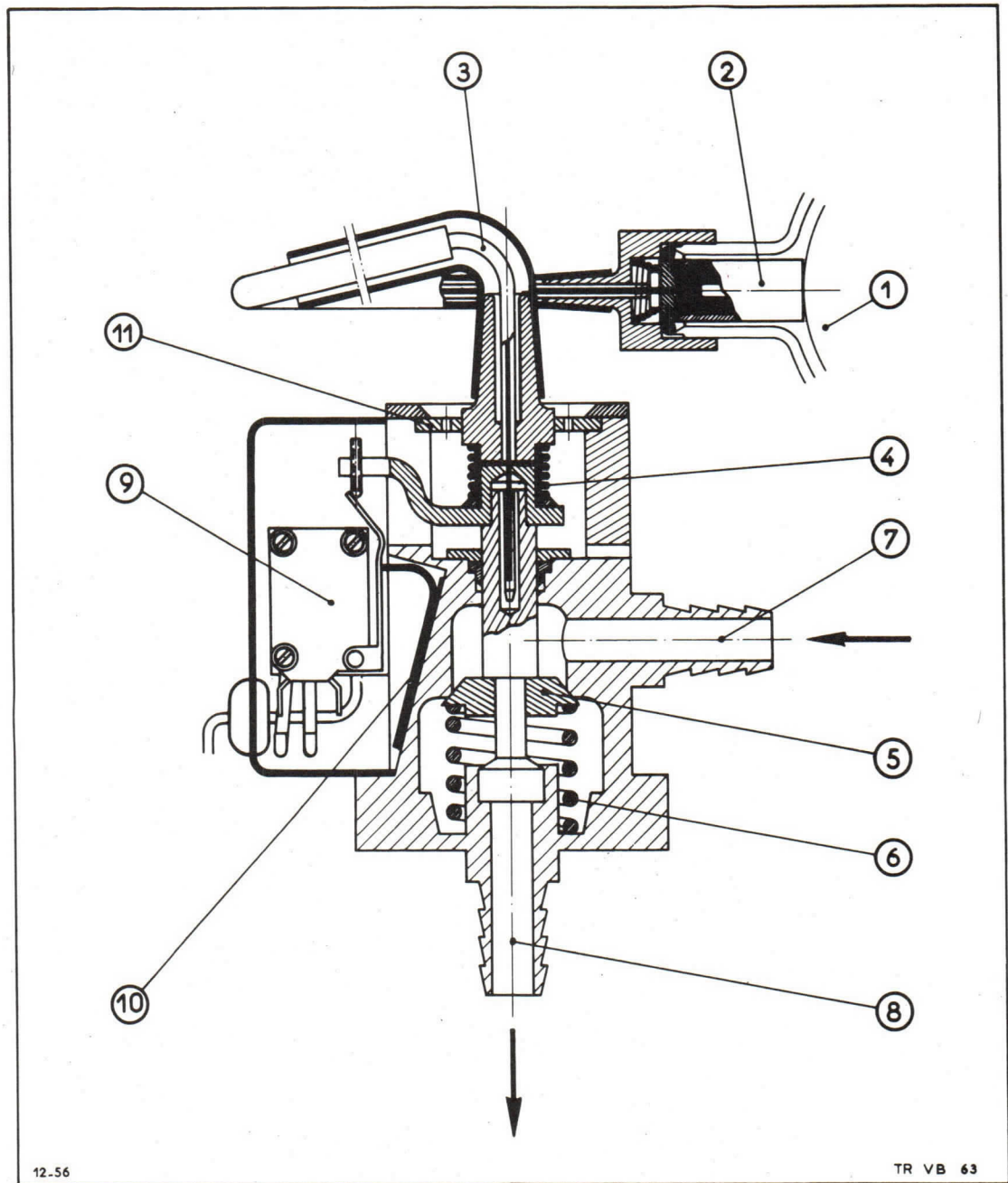
La vanne dose en permanence le passage de l'eau en fonction de la température du corps intérieur de l'ignitron, permettant ainsi:

- 1) de placer toujours le tube dans les conditions optima de température.
- 2) de réaliser une économie substantielle d'eau.
- 3) de constituer une sécurité contre tout oubli d'eau.

Fig. 6.7-2

- Ignitron type TH 7030 (TH 7031) muni d'une prise de contrôle de température. Thermorégulateur - On remarque à la partie supérieure le disque gradué de réglage, au moyen de la clé que l'on voit sous le thermorégulateur.





12-56

TR VB 63

Fig. 6.7-1

Coupe schématique d'un thermostateur TH 14103

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1 = Paroi interne de l'ignitron.    | 7 = Ajutage d'entrée d'eau              |
| 2 = Sonde de prise de température.  | 8 = Ajutage de sortie d'eau             |
| 3 = Capillaire.                     | 9 = Microrupteur (Sécurité).            |
| 4 = Soufflet métallique déformable. | 10 = Bilame (Sur-sécurité).             |
| 5 = Clapet.                         | 11 = Disque gradué de réglage du seuil. |
| 6 = Ressort de contre-pression.     |   |

## *7 - Quelques schémas de montages particuliers utilisant des tubes ioniques.*

Les tubes ioniques, en dehors de leurs applications en qualité de redresseurs proprement dits, sont fréquemment utilisés dans les montages spéciaux. Ils permettent de commander les moteurs électriques de façon très souple et en les asservissant éventuellement à un phénomène quelconque.

Une autre utilisation consiste à transformer de la puissance à courant continu en puissance à courant alternatif - c'est l'opération inverse du redressement -. Les tubes fonctionnent alors en onduleurs (inverters). La faible puissance nécessaire à la commande des tubes ioniques permet de les employer en relais sensibles et puissants; en outre, ils peuvent fonctionner en oscillateurs à relaxation, (bases de temps pour oscilloscopes, minuteries électroniques, etc...). Les quelques schémas qui suivent donnent un aperçu sur les possibilités d'emploi de ces tubes.

L'utilisateur trouvera la description du fonctionnement de montages similaires dans les ouvrages cités en références bibliographiques.

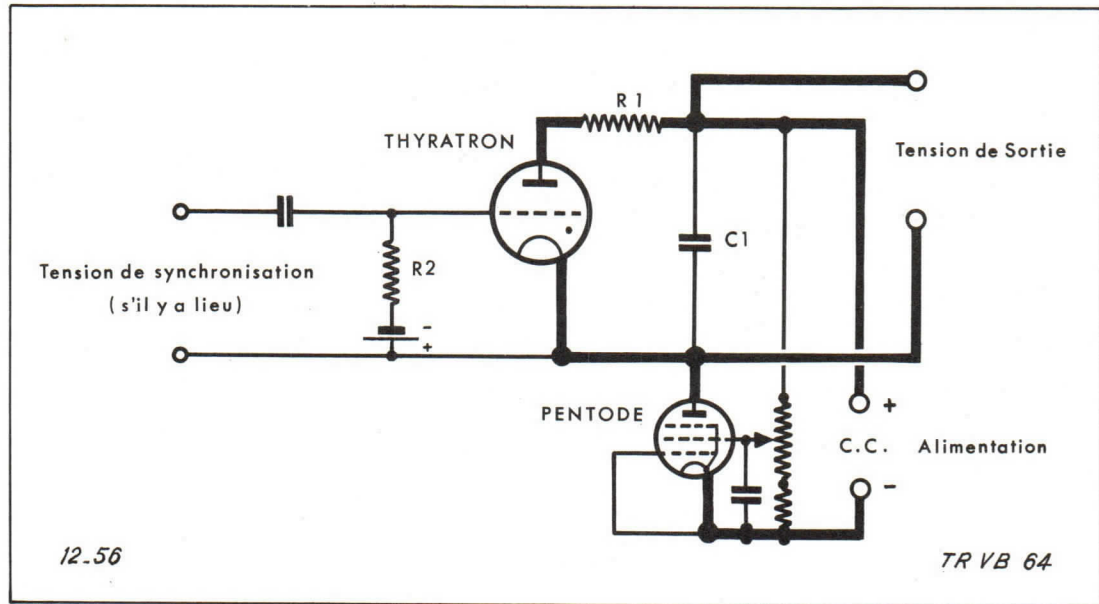


Fig. 7-1

Base de temps à relaxation.  $R_1$ ,  $C_1$  fixe la fréquence.  
La pentode permet de linéariser la forme de l'onde de sortie

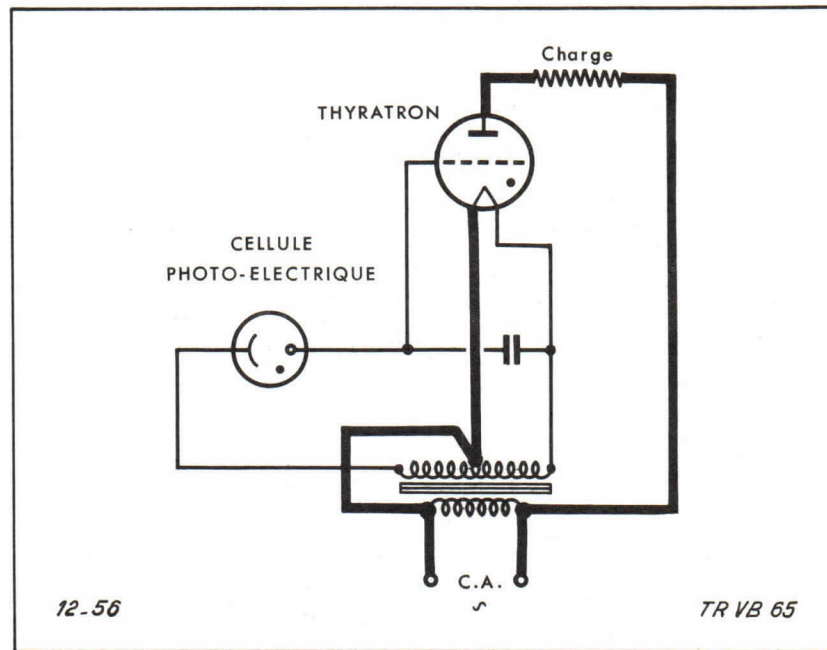


Fig. 7-2

Relais à cellule photoélectrique et thyatron (marche-arrêt).



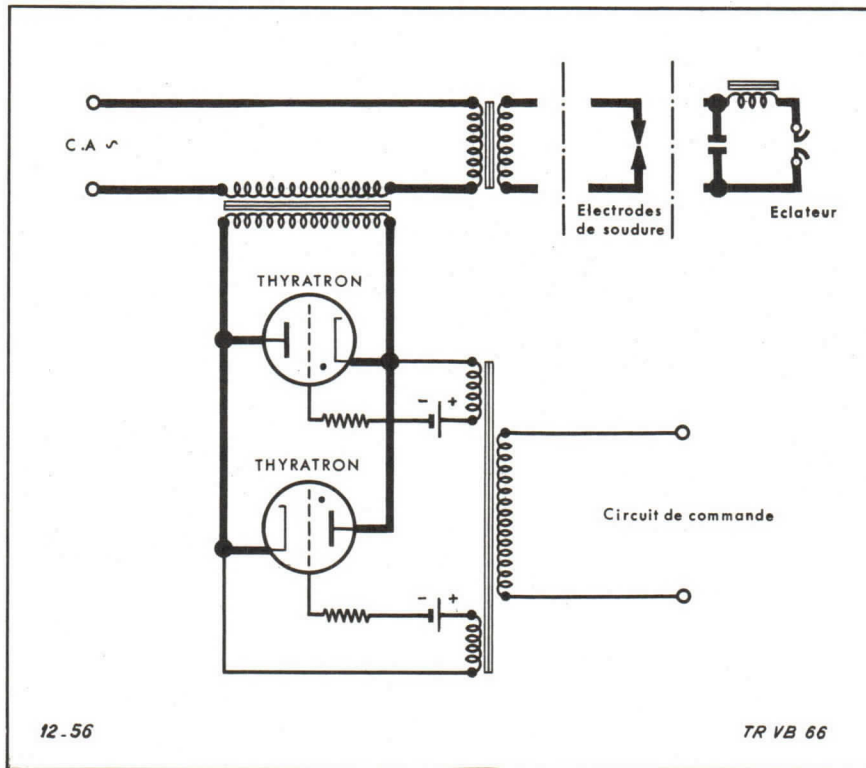


Fig. 7-3

Commande d'un courant alternatif par variation d'impédance série.

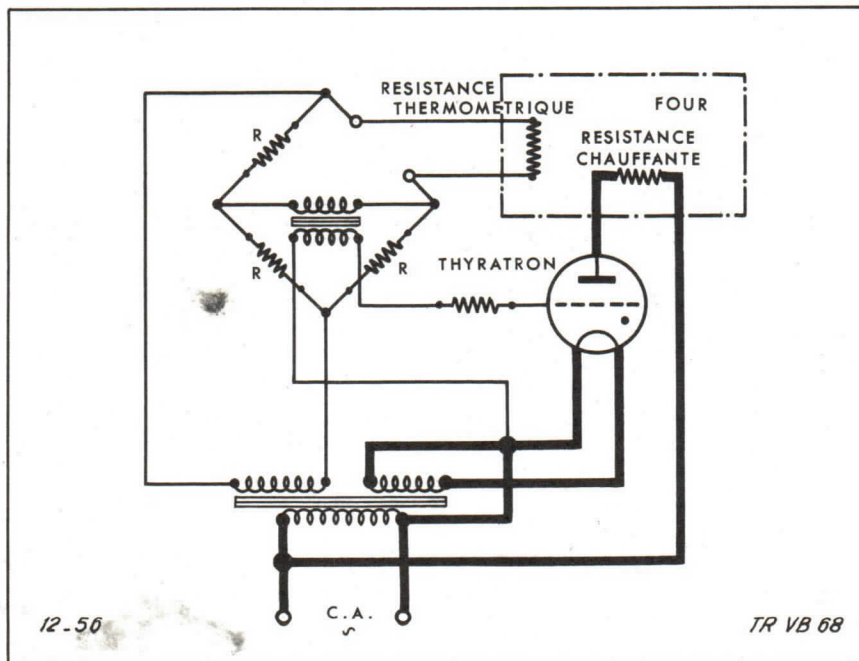


Fig. 7-5

Régulateur de température

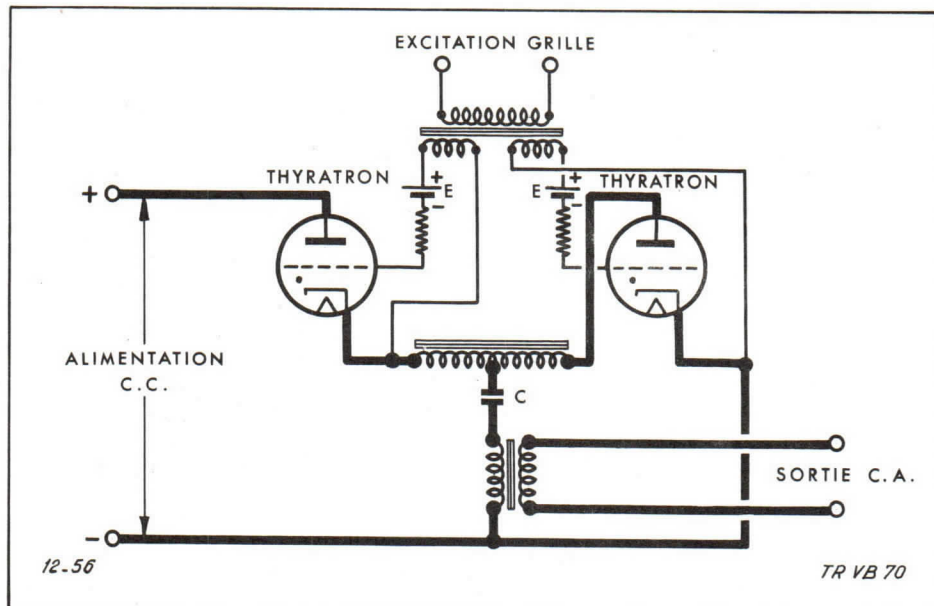


Fig.7-6

Onduleur (inverter) du type série (monophasé 2 tubes).

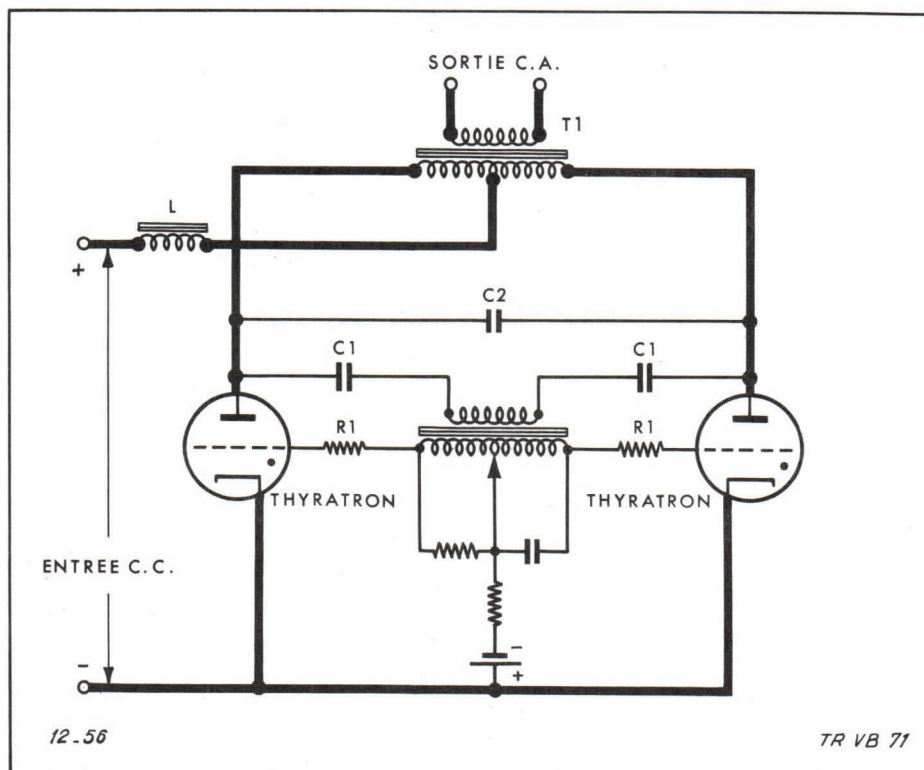


Fig. 7-7

Onduleur (inverter) du type parallèle autoexcité.

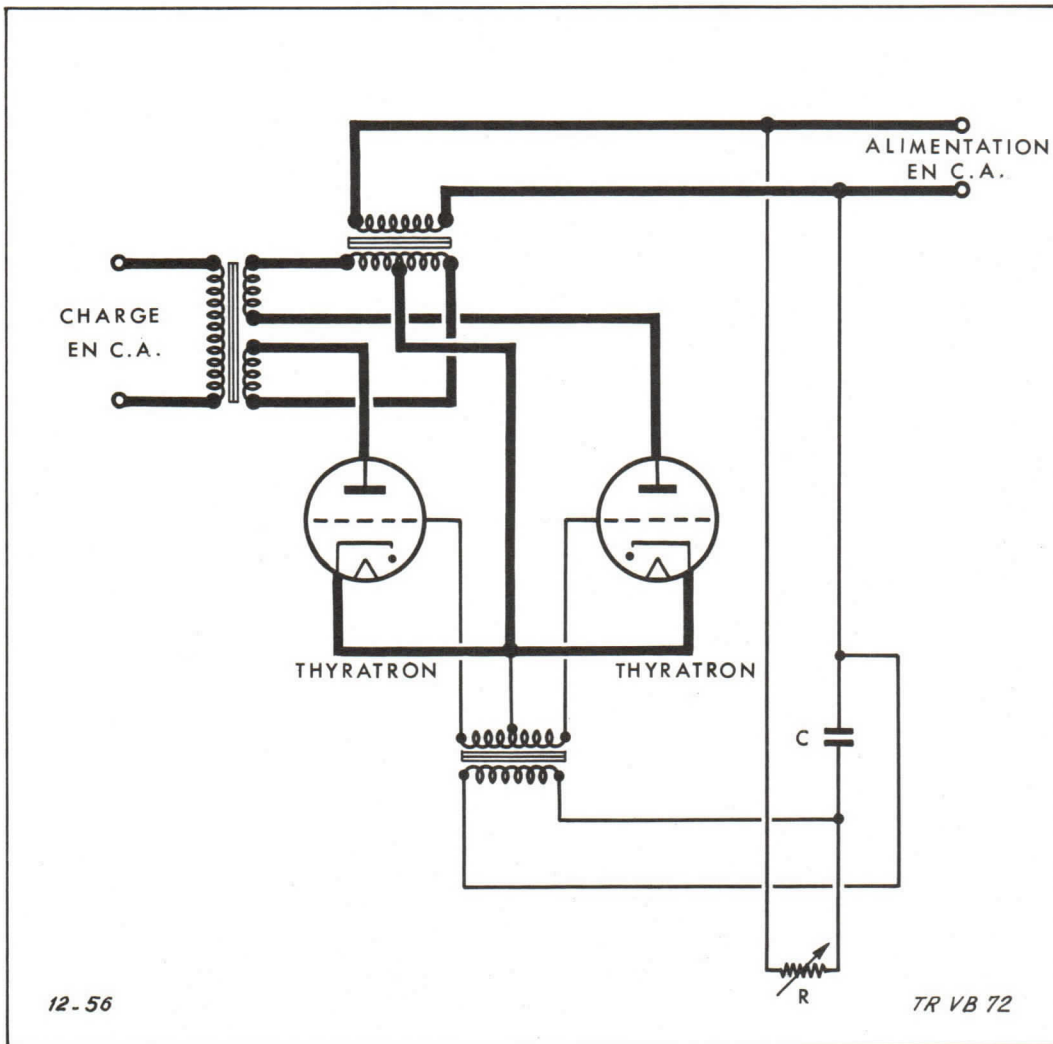
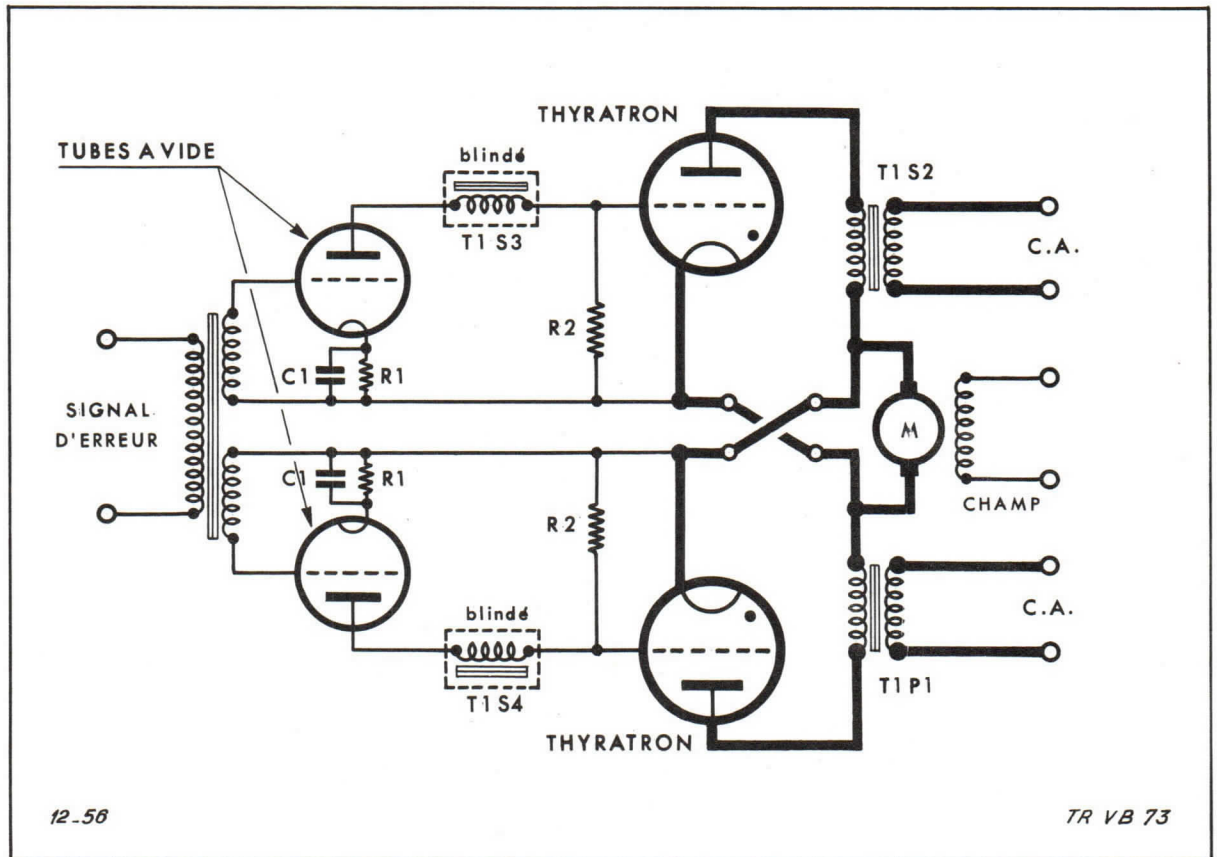


Fig. 7-8

Source de puissance alternative variable à partir d'un réseau alternatif monophasé. (Commande par réseau déphaseur R.C. élément variable - R).



12-56

TR VB 73

Fig. 7-9

Commande de moteur à courant continu, à partir d'un réseau alternatif. La vitesse est maintenue constante quelle que soit la charge. Le signal d'erreur peut provenir d'une génératrice tachymétrique et d'une tension de référence. L'inducteur (champ) est alimenté par une source indépendante.

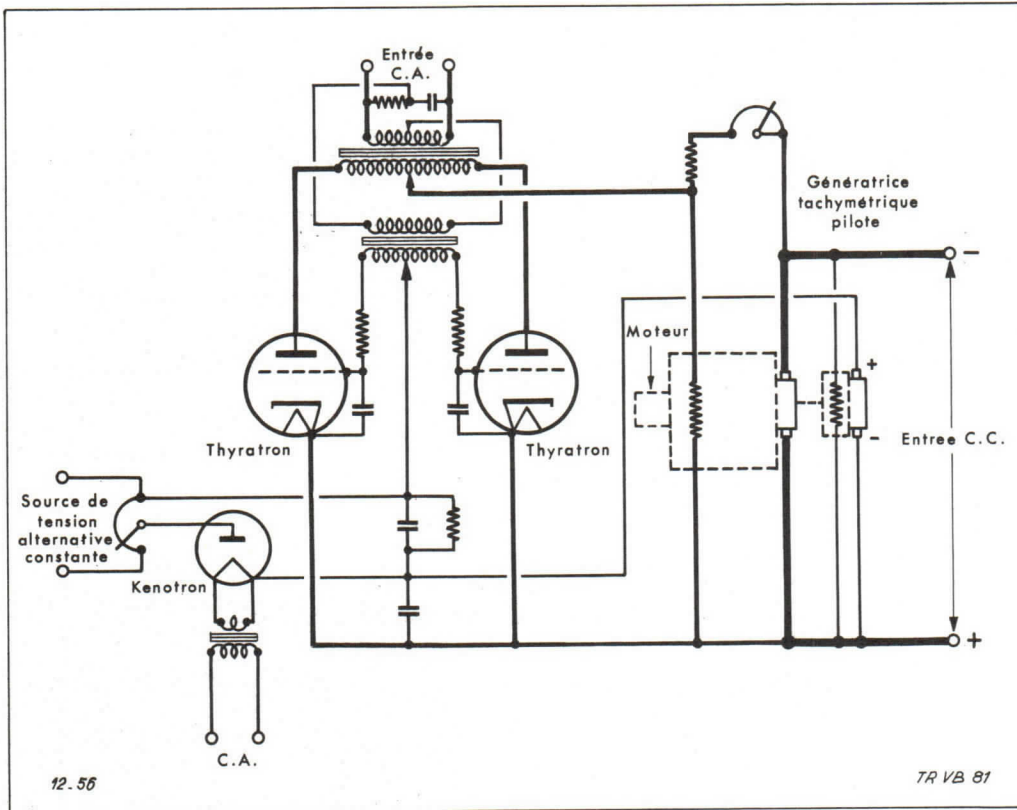


Fig. 7-10  
Commande de moteur.

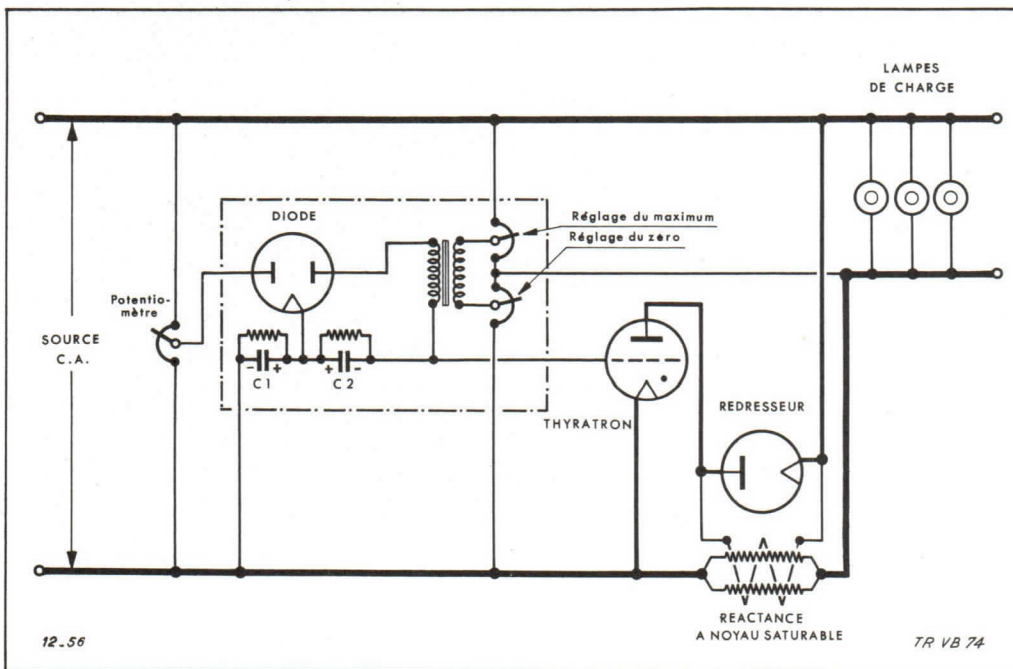


Fig. 7-11  
Circuit de commande d'une charge résistive (fours, rampes d'éclairage, etc...).

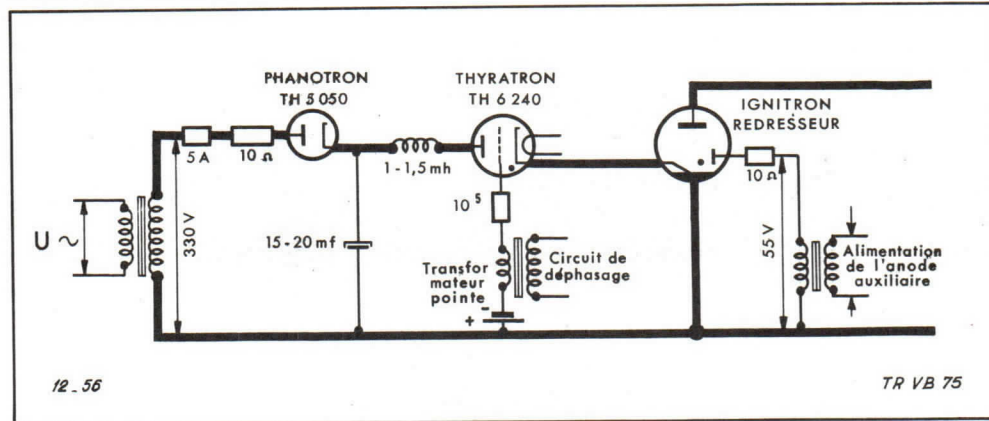


Fig. 7-12

Commande d'ignitron redresseur par circuit à décharge de capacité.

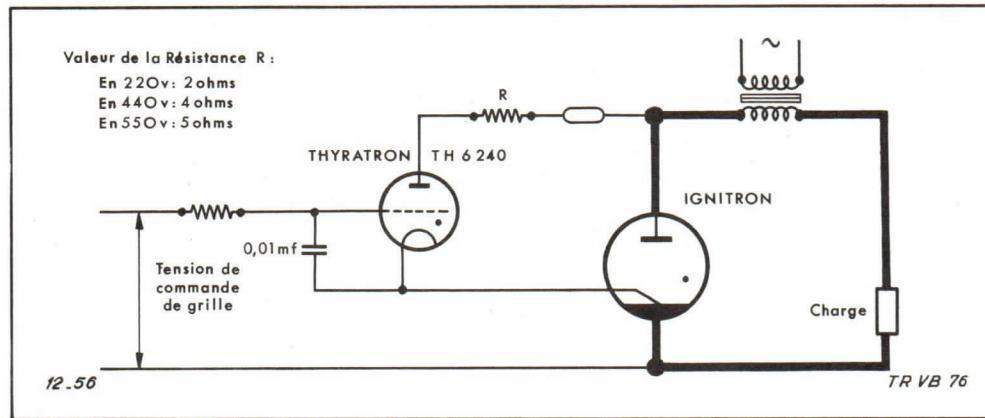


Fig. 7-13

Circuit de commande par thyristor d'un igniteur en dérivation sur l'anode (montage dit: by-pass).

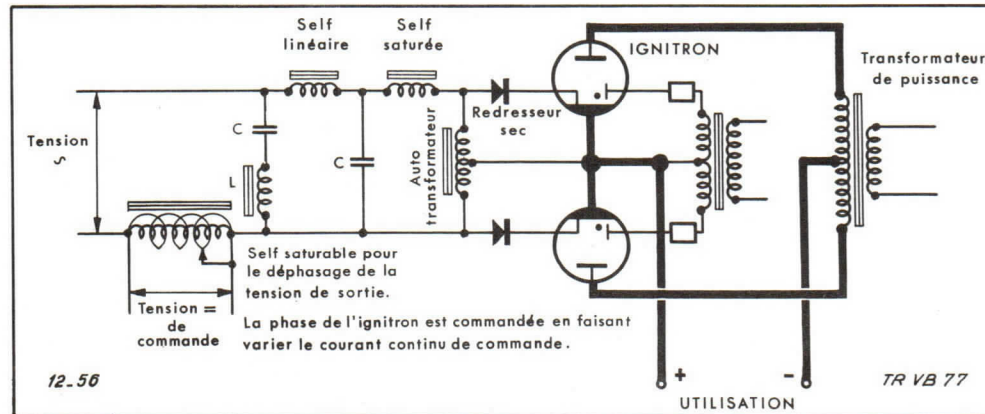


Fig. 7-14

Circuit de commande en impulsions (magnétiques) d'un redresseur à ignitron.

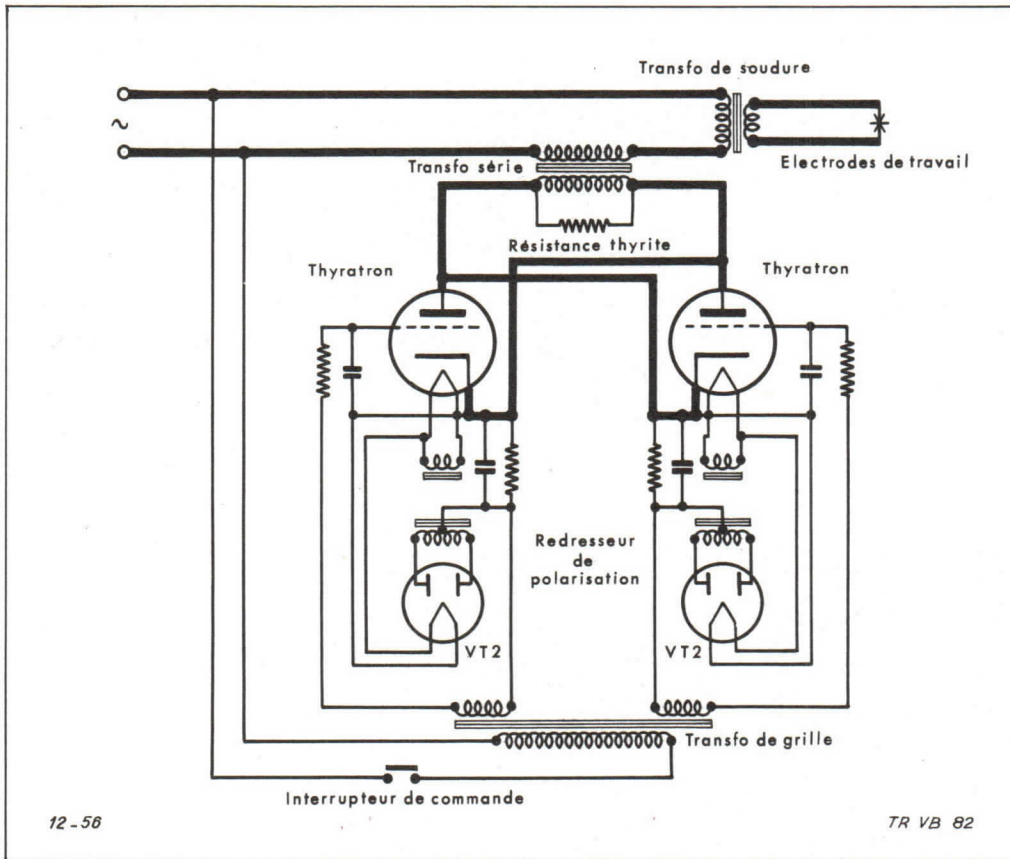


Fig. 7-15  
Commande de soudeuse par thyratrons.

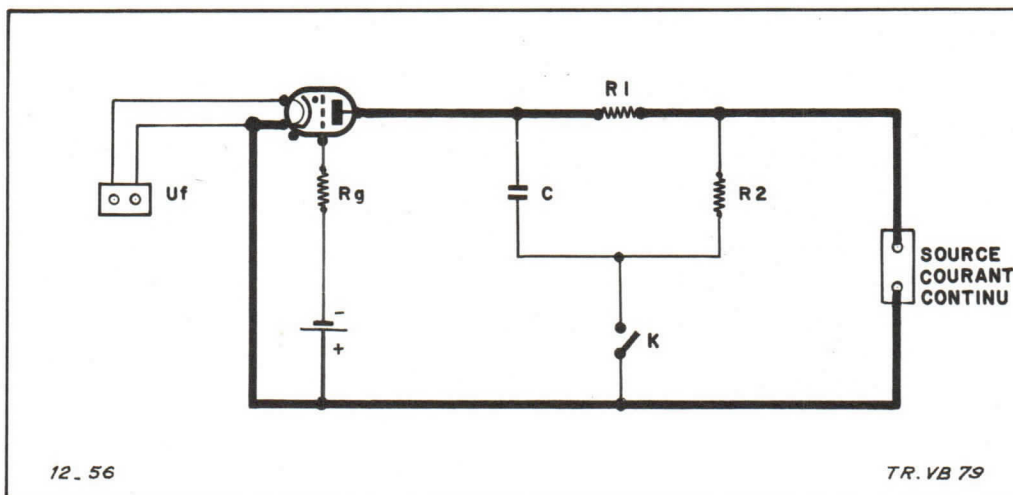


Fig. 7-16  
Artifice permettant de couper un courant continu par un thyatron. Conditions: Constante de temps du circuit  $R_1 \times C$  supérieure au temps de désionisation du tube.

## 8 - Recommandations générales à l'Usager.

### 8.1 - PHANOTRONS ET THYRATRONS

#### Précautions à prendre lors de l'utilisation

Il est inexact d'affirmer qu'un appareil électronique est moins robuste qu'une machine mécanique.

On n'a jamais songé faire rouler une voiture automobile pendant un an, à 100 Km/H, sans une seule vidange, sans un seul graissage, sans eau dans le radiateur, sans antigel dans l'eau l'hiver, sans vérifier la pression des pneus, l'embrayage, les freins, la direction, sans essuyer le pare-brise.

Mais il est tout à fait courant de constater qu'on exige un fonctionnement de plusieurs années, à pleine charge, d'un appareil électronique: redresseur à tubes ioniques, contacteur à ignitrons, variateur de vitesse électronique etc...sans absolument aucun entretien.

L'expérience industrielle prouve que moyennant quelques précautions élémentaires d'utilisation, une grande partie des mises hors service prématurées des tubes ioniques et panne d'équipement peuvent être évitées

Les conseils proposés à l'usager se rapportent à 3 périodes.

- Réception et mise en service normale
- Stockage ou utilisation
- Retrait de service et remplacement de tubes après incidents.



### 8.1-1

- A la réception d'un tube ionique, il est recommandé de vérifier sans retard son intégrité et, si besoin est, de faire des réserves auprès du transporteur, du fournisseur ou du fabricant.

L'examen visuel permet de déceler des fêlures de l'enveloppe en verre, notamment aux sorties d'électrodes.

Un contrôle à l'ohmètre à pile permet de vérifier l'absence de contacts fortuits entre électrodes et la continuité du circuit filament.

Que le tube aille immédiatement sur un équipement ou au magasin pour stockage, il est bon de l'essayer sans tarder dans les conditions réelles de service.

Lors du premier essai d'un phanotron ou d'un thyratron à vapeur de mercure, il est indispensable à la bonne marche et à une longue durée ultérieure du tube, de le chauffer longuement avant de lui appliquer la tension anodique (se conformer aux prescriptions des feuillets caractéristiques).

En général, dès l'application du chauffage, le mercure commence à distiller à l'intérieur de l'ampoule, diffuser en tous sens et se condenser sur toutes les parois, ce qui donne au tube cet aspect subitement opaque et blanchâtre. Puis la condensation commence à disparaître dans les parties chaudes (haut du ballon) et il faut, en tout état de cause, attendre que la condensation ne subsiste que près du pied du tube.

L'inobservation de cette prescription peut entraîner un amorçage en retour du tube et la destruction de la cathode (la présence de mercure près de l'anode

constitue une cathode parasite et, l'arc au lieu d'être unidirectionnel, s'amorce dans n'importe quel sens).

Lors de toute mise en service d'un tube neuf, il est bon de reconstrôler la tension de chauffage du filament. Souvent celle-ci est modifiée dans le temps du fait des variations survenues au réseau d'alimentation. On admet des écarts de  $\pm 5\%$  de la valeur nominale; si on craint un écart plus important il est recommandé de recourir à un procédé soit de réglage manuel, soit de stabilisation automatique.

La cathode d'un tube sous-chauffé s'appauvrit et s'épuise; la couche active de la cathode dans un tube surchauffé s'évapore trop rapidement.

Toutefois s'il y a des doutes sur l'exatitute des appareils de mesure utiliser de préférence des appareils donnant directement la valeur efficace (thermiques, à thermocouple, électrodynamiques etc...), il faut se rappeler que, pour les tubes ioniques, un surchauffage est moins nocif qu'un sous-chauffage.

Vérifier également à la mise en marche de l'appareil que la température ambiante aux environs immédiats du tube est dans les limites autorisées (1). Avant de placer un tube sur un équipement, contrôler l'état de son support.

---

(1) Pour les tubes munis d'une "jupe de température" extérieure, on veillera à la mettre en place ou à l'enlever suivant les indications données par les notices individuelles des tubes en fonction des conditions de température.

### 8.1-2

- Si le tube doit être stocké, il le sera après essais réels et de préférence dans un local se trouvant à l'abri des brusques variations de température, local exempt de poussières, vapeurs corrosives et humidité. Si des tubes à vapeur de mercure doivent être stockés pendant un temps assez long, il est bon de les passer périodiquement sur un banc de chauffage et en chauffant très progressivement. Cette opération permet d'éviter les décollements d'oxydes qui peuvent se produire sur la cathode: le mercure diffuse à travers les oxydes et forme quelquefois un amalgame à la surface sous-jacente. Au chauffage brutal, le mercure fera éclater la couche d'oxydes et rendra le tube inutilisable.

Lors de la mise en service après un long stockage, il est bon de faire un examen sommaire du tube. Le mercure, dans les tubes qui en comportent, doit être exempt de toute souillure, sinon on suspectera la qualité du vide.

Pendant la durée normale de service du tube, il est bon de faire un contrôle de tout l'équipement: stabilité des tensions de chauffage et des tensions de commande, température ambiante, état des contacts des supports, propreté des ballons de verre, état des divers éléments des circuits (résistances, capacités, circuits de protection, contacteurs, relais, etc...)

Une inspection périodique permet de déceler à temps le vieillissement d'un tube.

Les tubes ioniques vieillissent lorsque la chute interne augmente. Lorsqu'elle dépasse 22 V pour les tubes à vapeur de

mercure, l'usage du tube peut devenir dangereux pour le reste de l'équipement.

Comme on ne dispose pas toujours de l'appareillage nécessaire pour faire cette mesure, on peut se rendre compte du vieillissement par l'augmentation du volume de la lueur interne qui a tendance à envahir tout le ballon et dont la couleur verdit ou prend une teinte sale.

Ceci s'explique par le fait qu'une cathode épuisée ne fournit plus suffisamment d'électrons, le courant demandé au tube a tendance à se former aux dépens du plasma, les molécules gazeuses subissent davantage de chocs.

L'usage prolongé d'un tel tube peut amener de graves perturbations sur le reste de l'installation. On trouvera en 9.8, page: la description des montages permettant de contrôler la chute de tension des tubes ioniques.

### 8.1-3

- Retrait de service et remplacement après incident.

Si le tube a vieilli normalement en accomplissant son nombre d'heures de garantie (en général ce nombre est très largement dépassé) on remplacera le tube usagé par un tube neuf. Mais, si le retrait de service est prématuré, après incident, il faut, avant de remettre un tube neuf, examiner très attentivement le tube hors service, ainsi que toute l'installation, pour déceler éventuellement la cause des incidents qui bien souvent réside ailleurs que dans le tube mis hors service.

Sur les redresseurs alimentant des générateurs H.F.I. dont les oscillations sont bloquées par polarisation de la

grille oscillatrice, on vérifiera l'état des circuits amortisseurs d'oscillations (voir fig. 9.7-2) et éventuellement on rendra le blocage moins brutal en lui adjoignant un circuit RC de constante de temps appropriée, son rôle étant de décharger le redresseur plus progressivement. En cas de difficulté de diagnostic, faire appel aux spécialistes du constructeur de tubes ou de l'appareil.

De toute façon, le début de mise en service après incident se fera le plus progressivement possible en haute tension et en charge, avec plus de précautions qu'en service normal (observer les phénomènes parasites éventuellement, serrer le réglage des relais de protection, sensi-

biliser les coupe-circuits, etc...). Lorsqu'il s'agit d'un redresseur, on peut d'abord vérifier la tenue à vide, en débranchant provisoirement la charge, à l'exception des résistances de décharge (bleeder).

Le tube hors service sera renvoyé au constructeur muni de sa fiche d'accompagnement dûment remplie, notamment en ce qui concerne les dates de livraison, les durées de service, les conditions (tension et courant) de service.

Faute de ces renseignements, il est impossible au constructeur d'examiner objectivement la cause de mise hors service des tubes et de statuer sur la suite à donner aux clauses de garantie.

## 8.2 - IGNITRONS

- 1°- Ne pas manipuler ni renverser brutalement un ignitron: la chute brutale du mercure peut fêler soit les enrobages de verre, soit l'igniteur.
- 2°- Ne jamais empoigner l'ignitron par la tresse de sortie d'anode.
- 3°- Ne pas exercer de traction latérale sur la sortie igniteur.

et l'anode, ce qui entraîne des incidents de fonctionnement à la première mise en service.

Contrôler l'intégrité apparente (fêlures) et le cas échéant, faire des réserves auprès du transporteur.

### Contrôle électrique sommaire:

- a) Vérifier la résistance à froid de l'igniteur, l'ignitron étant vertical. Celle-ci ne doit pas être nulle ni infinie. En général, les valeurs se situent entre 20 et 250 ohms.
- b) La résistance anode-cathode doit être pratiquement infinie.
- c) Eventuellement, contrôler la qualité du vide, en soumettant l'espace anode-cathode à une tension élevée (10 à

### 8.2-1

#### A LA RECEPTION

Il est recommandé de vérifier que le tube a voyagé dans la position normale: verticale, sortie d'anode vers le haut; dans le cas contraire, le mercure peut provoquer la fêlure par choc de l'enrobage de sortie d'anode, souiller cet enrobage

15 kV) au moyen d'une source à faible débit (bobine de RUHMKORFF, "boîte à étincelles", torche spéciale, etc... voir fig. 8.2-1).

Un mauvais vide fera apparaître à l'intérieur du tube une lueur rose-orangée.

Une rentrée franche d'air se détecte au bruit caractéristique de chute de mercure quand on bascule l'ignitron. Ce bruit est alors mat, voisin de celui de l'écoulement de l'eau, et non sec, comme celui de grenaille qui caractérise un bon vide.

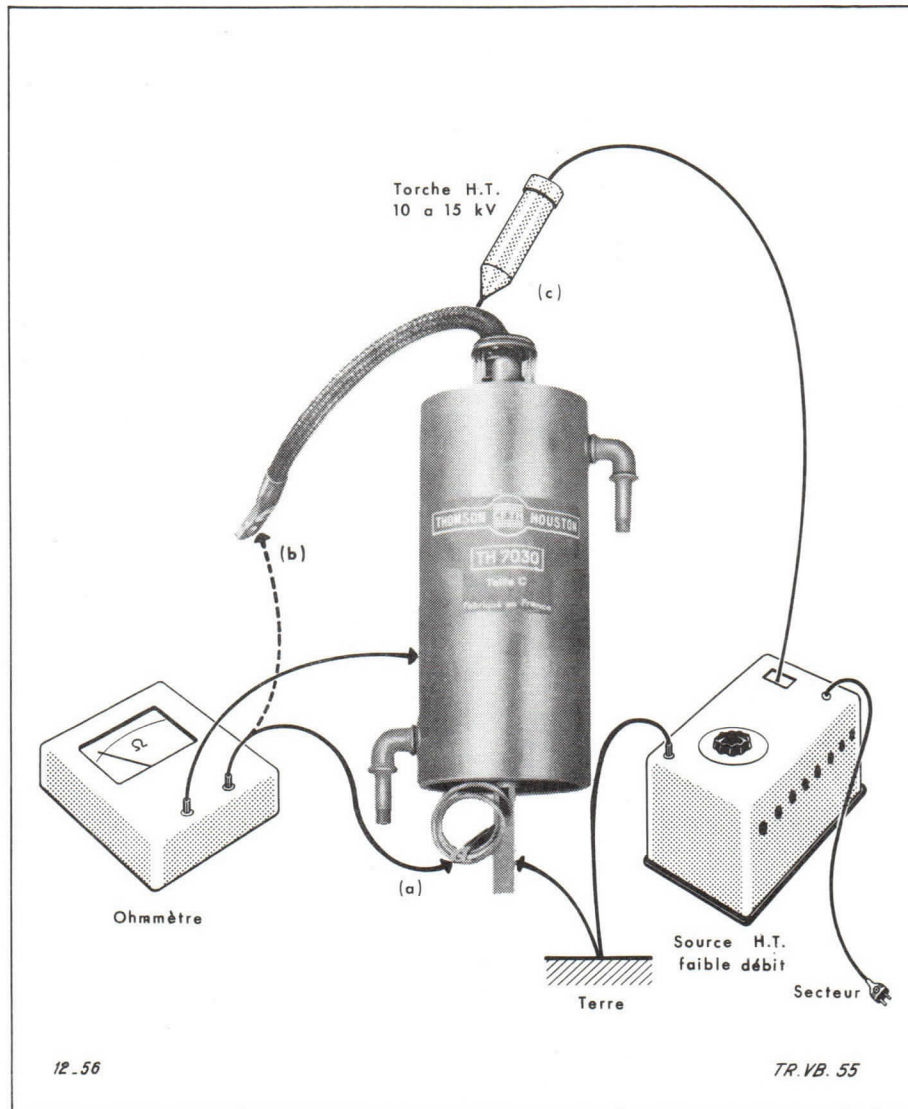


Fig. 8.2-1

Contrôle électrique sommaire d'un ignitron:

- a) Résistance à froid de l'igniteur (indication sommaire).
- b) Absence de court-circuit anode-cathode.
- c) Contrôle sommaire du vide.

Mais le meilleur essai consiste à mettre le tube en essai sur un équipement normal d'utilisation.

## 8.2-2

### STOCKAGE

La seule précaution est de laisser le tube verticalement, anode vers le haut après l'avoir vidé de son eau, si le tube a été soumis à des essais sur circuit réel.

Une mise en service et un contrôle de vide après un long stockage peuvent faire apparaître des lueurs bleues à l'enrobage de sortie d'anode. Elles correspondent à la présence à cet endroit de mercure et disparaissent peu après la mise en service.

## 8.2-3

### UTILISATION ET ENTRETIEN

Les ignitrons ne nécessitent qu'un entretien très restreint. Au cours d'un nettoyage, on doit éviter de rayer les parties en verre, ce qui pourrait se produire si l'on employait de la toile émeri ou si l'on grattait avec une pièce métallique.

Dans le cas où les chemises d'eau se recouvrent intérieurement de calcaire, on peut les nettoyer en utilisant les solutions habituelles.

L'usure des ignitrons, pour des raisons dépendant du tube lui-même, vient d'une rentrée d'air, ou d'un défaut dans la pointe de l'igniteur.

Une rentrée d'air est le plus souvent le résultat d'un arc en retour; elle est souvent marquée par une grande quantité d'étincelles à la hauteur du scellement d'anode. Un tel accident peut donc se

déceler immédiatement sur un tube en cours de fonctionnement.

Un tube dont la pointe de l'igniteur a été brûlée n'amorce plus. Ceci peut se voir en connectant un ohmmètre entre l'igniteur et la cathode et en inclinant lentement le tube pour faire baisser le niveau de mercure par rapport à la pointe de l'igniteur. Un tube normal peut être incliné d'au moins 20 degrés avant qu'il y ait rupture du contact entre la pointe et le bain de mercure.

Une métallisation de l'igniteur se produit parfois dans les tubes à travers lesquels on a fait passer un courant excessif. Le métal des parois, vaporisé par la chaleur, forme avec le mercure un amalgame à la surface de la pointe.

Pour déceler ce genre d'accident, il suffit de connecter l'igniteur et la cathode à un ohmmètre. Si l'on incline lentement le tube de façon à éloigner la pointe de l'igniteur de la surface du mercure, on doit observer une augmentation régulière de la résistance. Si l'igniteur est recouvert d'une couche de métal, la résistance demeure constante puis augmente brusquement pour prendre une nouvelle valeur plus forte.

### 8.2-3-1

#### Précautions à prendre en hiver.

Si la température du local d'utilisation risque de descendre au dessous des conditions de travail autorisées par le catalogue, il faut prendre toutes les dispositions utiles: pour de courtes interruptions, réchauffer l'air du coffret contenant les ignitrons, pour des arrêts prolongés, vidanger l'eau des canalisations et des tubes.

### 8.2-3-2

#### Précautions à prendre en été.

Veiller à ce que la température de l'eau ne dépasse pas 30 °C à l'entrée de l'ignitron le plus chaud (emploi sans thermorégulateur).

L'utilisation du thermorégulateur spécial C.F.T.H., tout en permettant une économie très appréciable d'eau, maintient le tube constamment dans les conditions d'exploitation les plus favorables et constitue de plus une sécurité.

### 8.2-3-3

#### Conseils particuliers aux applications sur les soudeuses.

L'expérience industrielle prouve que le fonctionnement le plus simple et le plus satisfaisant des ignitrons est assuré sur les soudeuses avec le montage dit "by-pass" (alimentation des igniteurs en dérivation sur les anodes). Dans ce cas, en effet, le temps alloué à l'amorçage est supérieur à celui obtenu par le système d'amorçage par décharge de capacité. Dans tous les cas, ce temps ne doit pas être inférieur à 100 microsecondes.

L'expérience a prouvé également que pour ce montage, l'utilisation des thyratrons du type TH 6240 est préférable à celle des redresseurs secs qui, en moyenne, vieillissent plus vite que les ignitrons en laissant passer un courant inverse qui détériore rapidement l'igniteur, sans que l'utilisateur s'aperçoive de la cause réelle.

### 8.2-3-4

#### Cas particulier des réseaux d'alimentation de valeur de tension insuffisante ou à forte chute en ligne.

Il arrive que les réseaux d'alimentation présentent une différence de potentiel réelle inférieure à la tension industrielle 220 V ce qui entraîne des difficultés de fonctionnement des ignitrons (ratés d'amorçage). Dans le cas des appareils à faible charge, il est conseillé de charger les ignitrons en permanence avec un débit de l'ordre de 30 A (une résistance convenable aux bornes du primaire du transformateur de soudure). Dans les cas extrêmes, on peut recourir à une augmentation de la tension d'alimentation des igniteurs au moyen d'un auto-transformateur élévateur de tension. Quelquefois, les prises de réglage du transformateur principal permettent de remonter suffisamment la tension aux bornes des igniteurs.

### 8.2-4

#### MISE HORS SERVICE

Si la mise hors service intervient prématurément, avant de remettre un nouveau tube en service, il est judicieux, suivant le défaut survenu, de contrôler les circuits, de vérifier que les conditions maximum autorisées d'utilisation ne sont pas dépassées. On contrôlera notamment les redresseurs secs, dans le cas des commandes d'igniteurs en dérivation (bypass); ces redresseurs, en vieillissant, se laissent traverser par un courant inverse préjudiciable au bon fonctionnement des igniteurs.

### 8.2-5

#### TRES IMPORTANT

Afin de bénéficier d'améliorations éventuelles des fabrications, compte tenu

de l'expérience industrielle, les utilisateurs ont tout intérêt à remplir aussi complètement que possible les fiches d'accompagnement des tubes et de les renvoyer au constructeur avec ces tubes, dûment emballés, après la mise hors ser-

vice. Ces fiches permettent de plus, de constater la nature d'un défaut et de procéder au remplacement gratuit des tubes après examen en laboratoire, s'il y a lieu.

### 8.3 - QUELQUES CONSEILS POUR LA REALISATION DE REDRESSEURS A TUBES IONIQUES

#### 8.3-1

##### Conception

Celle-ci est conditionnée avant tout par les besoins de l'utilisation: puissance, tension, débit, nécessité éventuelle de réglage progressif de la tension, nature de la charge, taux de ronflement admis, sécurité de marche exigée.

Bien que ces questions soient bien connues, nous nous permettrons d'attirer l'attention, dans l'intérêt des utilisateurs, sur les points suivants:

- 1 - Un fonctionnement confortable s'obtient en prenant des marges de sécurité; l'économie sur l'entretien compense rapidement la dépense de la première mise de fonds et sert la publicité du constructeur mieux que la performance poussée.
- 2 - Un redresseur à tension fixe avec possibilité de tension réduite se réalise avec des phanotrons alimentés par un transformateur dont on peut coupler le primaire en  $\Lambda$  ou en  $\Delta$ .
- 3 - Un redresseur à tension variable et intensité maximum dans toute la plage de variation de la tension, peut se faire avec des phanotrons précédés d'un système de tension variable (alternos-

tats, régulateurs d'induction, noyaux saturés, etc...).

- 4 - Un redresseur à tension variable alimentant une charge à peu près constante se construit avec des thyratrons. Pour l'utilisation en dessous de la 1/2 tension maximum, on procèdera à un couplage en  $\Lambda$  du primaire de façon à ne pas faire travailler les tubes avec un retard d'amorçage trop important et des courants de crête élevés.
- 5 - Une version économique du cas précédent consiste à utiliser un montage mixte à thyratrons-phanotrons (pour les montages en pont). Mais il faut veiller à bien combattre les oscillations dues au régime d'allumage retardé (transformateur anodique bien établi, circuits amortisseurs d'oscillations). Les surtensions dues à ces oscillations peuvent entraîner des troubles importants de fonctionnement.
- 6 - Pour les redresseurs de grosse puissance à thyratrons, on a tout intérêt à adopter un système de circuits de grilles permettant de caler de façon convenable l'amorçage de chaque thyatron individuellement (par la polar. continue - voir fig. 9.6-3).

7 - Les redresseurs suivis de filtres seront calculés en tenant compte du fait que le courant crête des tubes est plus important qu'en absence de filtrage.

8.3-2

Choix du matériel et dispositions conseillées.

- On se rappellera que certaines pièces (Le transformateur anodique par exemple) ne souffrent pas la médiocrité et doivent être prévues spécialement pour l'utilisation des tubes redresseurs ioniques avec le montage donné.

- Les supports des tubes seront d'excellente qualité. Ils conditionnent la régularité du chauffage conjointement avec la stabilité du réseau. Si celui-ci est instable; les tensions filament seront régulées par tout moyen approprié dans les limites de  $\pm 5\%$  de la valeur nominale.

- Le refroidissement des tubes par convection naturelle est à favoriser par une disposition judicieuse des éléments. Chaque fois que cela se peut, et obligatoirement pour certains types de tubes, on soufflera sur le pied du tube à vapeur de mercure, si possible de l'air conditionné; un petit ventilateur soufflant suffit pour distribuer un jet d'air minime à plusieurs thyratrons par l'intermédiaire d'un tube isolant. Les gros tubes Haute Tension (TH 5040 - TH 6090 - TH 6091) seront munis d'une "jupe de température" qui maintient le haut du ballon de verre plus chaud que le pied.

- Les distances entre tubes et entre conducteurs à haut potentiel seront fixées en tenant compte des surtensions possibles lors des incidents de marche.

- Les vibrations excessives sont néfastes à la longue durée des tubes, si le redresseur doit fonctionner sur un plancher qui peut vibrer sous l'effet d'autres machines; il vaut mieux supporter le tube et son transformateur de chauffage par un système d'amortisseurs.

8.3-3

Sécurités

- La haute tension ne sera appliquée aux tubes qu'avec le délai prévu au catalogue pour chaque type de tube, sinon les tubes peuvent être mis rapidement hors service.

- Les tubes et les transformateurs doivent être protégés contre tout incident venant de la charge. Les fusibles d'anode seront calibrés en tenant compte du courant efficace dans chaque tube et non de la valeur moyenne.

- Un relais électromagnétique à action rapide en série avec la charge protège les petits redresseurs par coupure de l'alimentation, mais en outre un blocage de grille est nécessaire pour les puissances plus élevées et pour les redresseurs à haute tension (voir fig.5.4-3, 5.4-4 et 5.4-7).

- Dans les cas où il faut assurer la protection de la charge contre un court-circuit interne (c'est le cas des tubes de puissance en Radio-diffusion ou en



Haute Fréquence Industrielle) il est nécessaire d'utiliser un dispositif ultra rapide de court-circuit de la charge (relais ultra-rapide électromagnétique ou éclateur à étincelle pilote ou dispositif à tube ionique etc...).

- Dans le cas des redresseurs à thyratrons ou mixtes, on installera les circuits RC d'amortissement: entre anode et neutre

ou entre anode et faux-neutre. (voir fig. 9.7-5).

- Pour la visite de redresseur, une mise à la terre de la haute tension redressée est nécessaire, soit automatique, soit par perche de mise à la masse. Cette disposition est d'ailleurs légale ainsi qu'un verrouillage approprié des circuits haute tension au primaire.

0

## 9-Annexe.

Notions sommaires sur les phénomènes intervenant dans le fonctionnement des tubes redresseurs à vide poussé et des tubes ioniques.

Circuits de commande - Calculs sommaires des caractéristiques des redresseurs.

### 9.1

#### Propriétés générales des tubes redresseurs diodes (à 2 électrodes)

Nous ne rappellerons que très brièvement ici ces phénomènes; pour une étude plus détaillée le lecteur voudra bien se rapporter aux références bibliographiques. Ce court exposé est surtout utile pour la compréhension du comportement de la grille d'un thyatron.

#### 9.1-1

##### Charge d'espace

Dans un tube à vide poussé, à filament de tungstène pur, la caractéristique de courant anodique  $i_p$  en fonction de la tension anodique  $U_p$  peut être représentée par une courbe telle que celle de la fig. 9.1-1

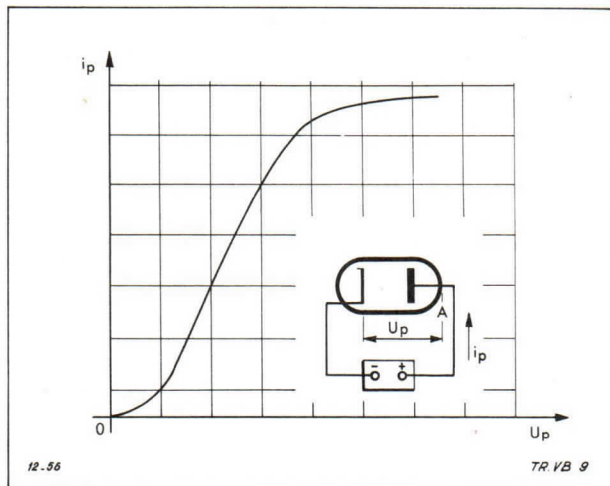


Fig. 9.1-1

Courbe représentant le courant  $i_p$  en fonction de la tension  $U_p$  dans un tube à vide, à filament de tungstène pur.

Cette forme est due à la présence dans l'espace cathode anode d'une charge d'espace négative et aux possibilités limitées d'émission électronique d'un filament en tungstène pur.

#### 9.1-2

##### Répartition des potentiels

Prenons le cas simple d'une diode à vide (kénotron).

Si nous appliquons une tension continue entre anode et cathode d'une diode dont le filament serait éteint, la répartition des potentiels pourrait être figurée par la droite (fig. 9.1-2-1).

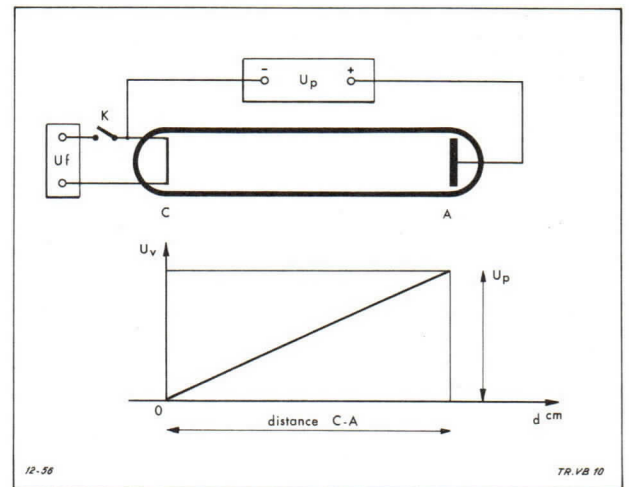


Fig. 9.1-2-1

Courbe de répartition schématique du potentiel dans un tube diode à vide dont le filament est éteint.

Si nous allumons le filament, celui-ci émet des électrons, particules chargées négativement et qui sont attirées par l'anode positive.

Par le déplacement de la charge négative qu'ils portent de la cathode vers l'anode, ils modifient la distribution des potentiels dans l'espace anode-cathode.

Pour une température suffisante du filament, ils créent une barrière de potentiel négatif; celle-ci tend à faire rebrousser chemin à une partie des électrons (fig. 9.1-2-2).

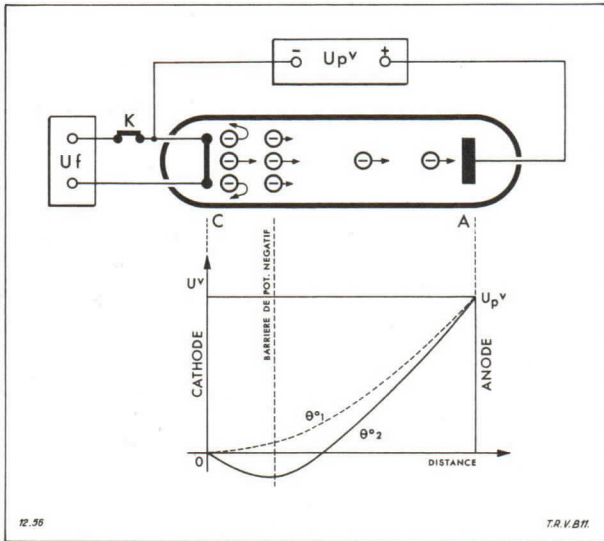


Fig. 9.1-2-2

Répartition schématique des potentiels dans un tube en présence de la charge d'espace négative  $\theta^o_2 > \theta^o_1$  (Températures du filament).

Ainsi donc la charge d'espace négative limite le courant électronique dans un tube à vide.

Si nous introduisons dans l'enceinte du tube un gaz ou une vapeur au fur et à mesure que la pression augmente, les électrons issus de la cathode rencontre de plus en plus de molécules gazeuses sur leurs trajectoires et font apparaître, par choc, de plus en plus d'ions positifs qui se dirigent vers la cathode négative (fig. 9.1-2-3). Ces ions positifs neutralisent la charge négative.

Lorsque la concentration ionique atteint celle des électrons, la charge d'espace est entièrement neutralisée.

Une augmentation de pression dans le tube se traduit sur la caractéristique  $i_p$  en fonction de  $u_p$  par une montée plus rapide de la courbe (fig. 9.1-2-4); à partir d'une certaine pression la caractéristique devient semblable à celle représentée (fig. 9.1-2-5).

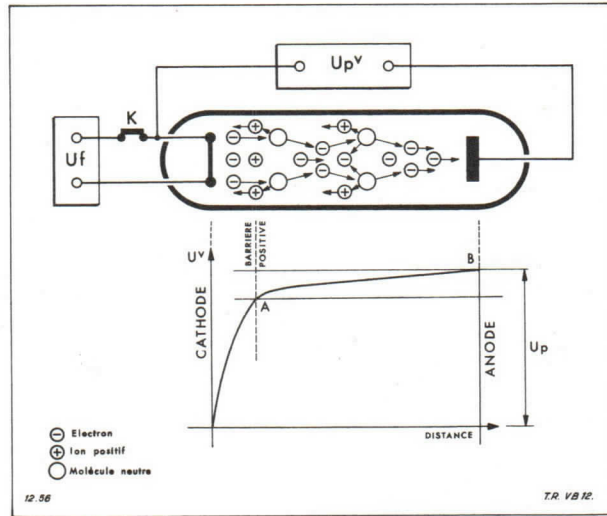


Fig. 9.1-2-3

Répartition schématique des potentiels dans un tube diode ionique.

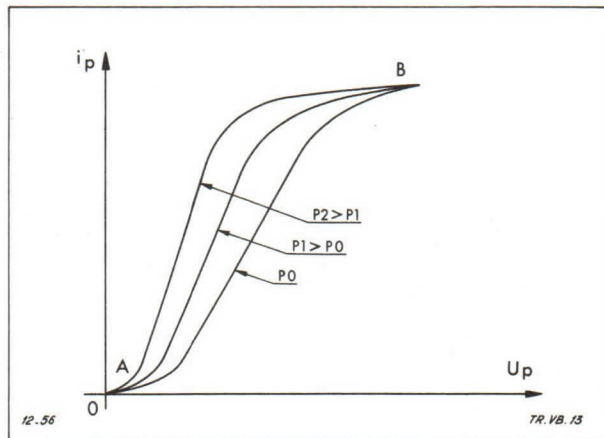


Fig. 9.1-2-4

Influence de la pression  $p$  sur la courbe  $i_p (U_p)$  dans une diode "à vide" en présence de gaz.

Lorsque l'on obtient une certaine valeur de courant, appelée valeur critique de courant, l'effet de dissociation ionique devient cumulatif, chaque électron expulsé d'une molécule gazeuse dissociée provoque la dissociation d'une autre molécule gazeuse, le tube est dit amorcé, et le courant n'est plus limité si la cathode peut le fournir, comme c'est le cas des cathodes des tubes ioniques, que par la résistance du circuit extérieur. Le plasma formé de particules gazeuses ionisées emplit tout l'espace anode-cathode sauf dans le voisinage même de la cathode espace très réduit dans lequel réside la quasi totalité de la chute de tension du tube.

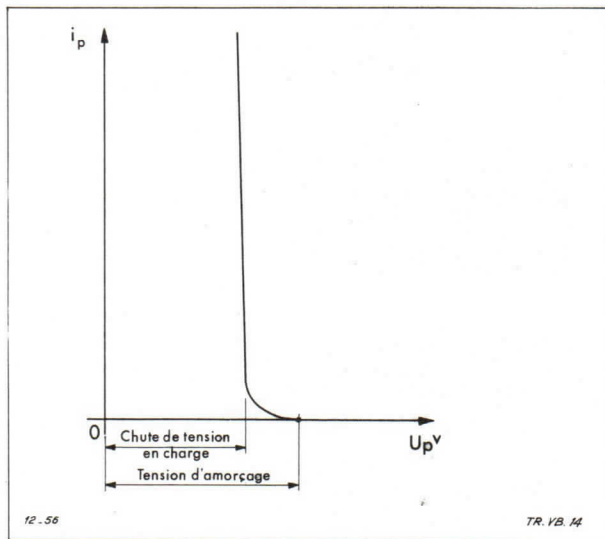


Fig. 9.1-2-5

Caractéristique  $i_p(U_p)$  d'une diode ionique (phatron) à cathode chaude.

La répartition des potentiels est celle de la fig. 9.1-2-3; la région OA correspond à la barrière de potentiel ionique, la région AB au plasma.

Lorsque le courant varie, la chute de tension reste à peu près constante, seule varie la longueur du plasma.

9.1-3

Désintégration cathodique par bombardement ionique

Un ion frappe la cathode avec l'énergie correspondante à la pleine tension anodique, tout le plasma étant (fig. 9.1-2-3) à peu près au potentiel de l'anode et approchant de très près la cathode; cette énergie peut être importante et entraîner la désintégration de la cathode.

Les tensions de désintégration sont respectivement de :

- 22 V pour le mercure
- 25 V pour l'argon
- 27 V pour le néon

Ceci donne la raison pour laquelle un tube dont la chute augmente au-delà de ces valeurs, soit par défaut de température (mercure), soit par absorption de gaz, soit par vieillissement de la cathode, est un tube qui peut manifester brutalement des phénomènes dangereux pour toute l'installation (surtensions, arcs en retour etc...). Les mêmes phénomènes interviennent d'ailleurs avec les triodes à gaz (ou thyatron).

9.1-4

Effets de la pression sur les caractéristiques d'une diode à gaz.

Une cathode subit à sa surface une évaporation lorsqu'elle est chauffée. On conçoit aisément que le taux d'évaporation est lié non seulement à la température mais également à la pression du milieu environnant. La chute interne du tube dépend également de la pression ainsi que la tension d'amorçage inverse.

9.1-5

Effets de la température

La courbe fig. 9.1-5-1 représente la variation de la pression dans le cas des tubes à vapeur de mercure.

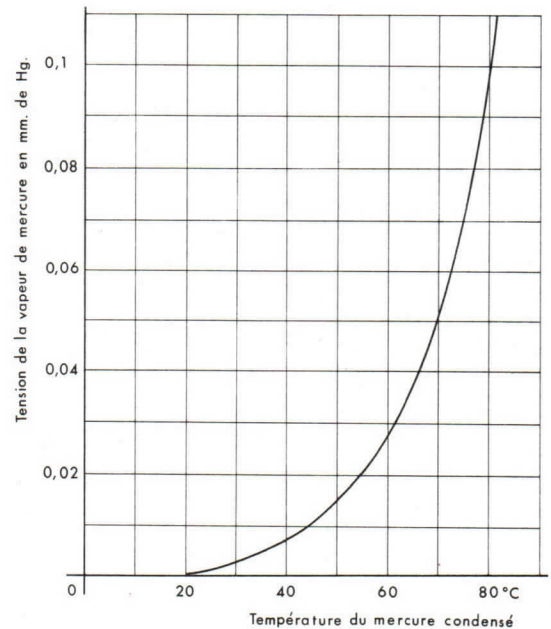


Fig. 9.1-5-1

Courbe de variations de la tenue en tension inverse en fonction de la pression

9.1-6

Cas des tubes à cathode liquide

Ces tubes ont une cathode constituée par un bain de mercure. La répartition des potentiels dans ces tubes est différente (fig. 9.1-6-1). On distingue 3 régions:

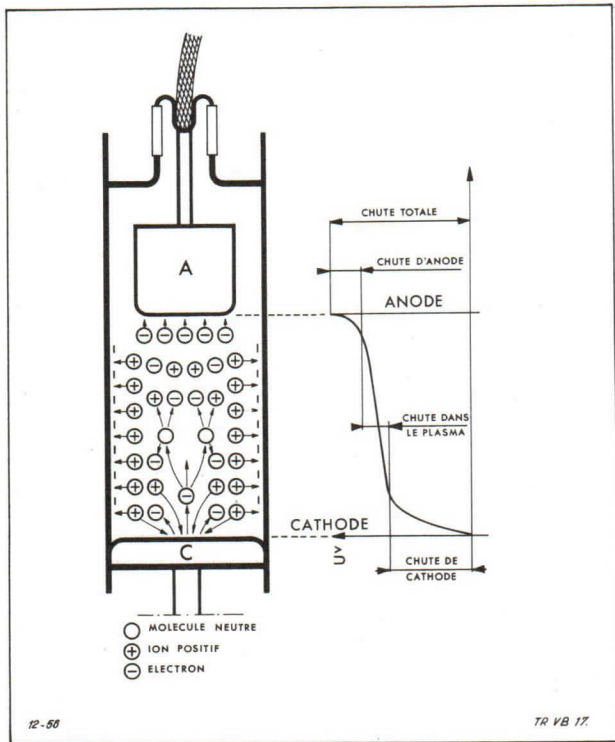


Fig. 9.1-6-1

Courbe de répartition des potentiels dans le cas d'une diode à cathode liquide de mercure.

OA correspondant à la chute de tension cathodique (barrière ionique)

AB région du plasma

BC région de la chute anodique.

La courbe de la chute de tension totale en fonction de la température et du courant débité est représentée fig. 9.1-6-2

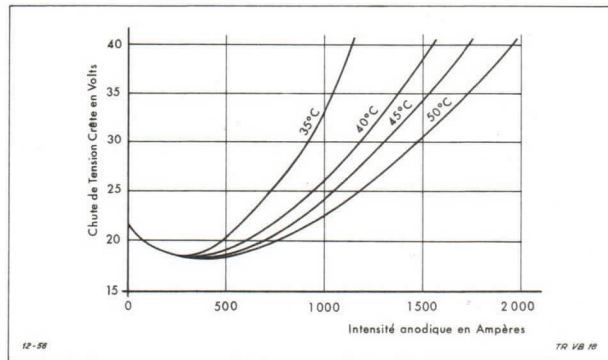


Fig. 9.1-6-2

Influence de la température sur la courbe de chute de tension dans l'arc à l'intérieur d'un tube redresseur à vapeur de mercure à cathode liquide (cas d'un tube particulier).

9.2 - PROPRIETES GENERALES DES TRIODES A GAZ OU THYRATRON

Pour faciliter la compréhension des phénomènes qui accompagnent le fonctionnement des thyratrons, examinons d'abord le comportement d'une triode à vide poussé lorsqu'on y introduit progressivement un gaz.

9.2-1

Triode à vide

Ajoutons dans la diode à vide vue précédemment paragraphe 9.1 une électrode perforée appelée grille portée à un potentiel plus ou moins négatif par rapport à la cathode. Elle repousse plus ou moins les électrons négatifs issus de la cathode et qui se dirigent vers l'anode positive. Elle joue ainsi le rôle de "robinet à électrons". Positive, elle accélère les électrons, négative, elle les freine ou les bloque, et ce à volonté. (Fig.9.2-1)

9.2-2

Triode à gaz

Si l'on introduit peu à peu un gaz dans cette triode, les électrons issus de la cathode (fig. 9.2-2-1) rencontrent les molécules gazeuses.

Celles-ci vont se dissocier en électrons et ions positifs. La grille négative attire les ions positifs. Il en résulte un courant grille qui augmente avec la pression du gaz et ceci jusqu'à ce qu'apparaissent les mêmes phénomènes que dans une diode à gaz:

- neutralisation de la charge d'espace
- modification de la caractéristique de courant plaque.

Lorsque la pression est suffisamment élevée, la charge d'espace négative est complètement neutralisée, un nuage positif entoure la cathode.

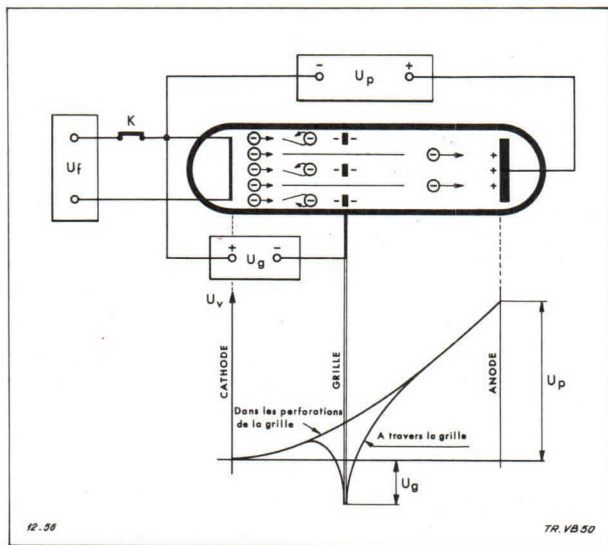


Fig. 9.2-1

Répartition schématique des potentiels dans une triode à vide, dont la grille est portée à un potentiel négatif (polarisation) de  $U_g$  Volts.

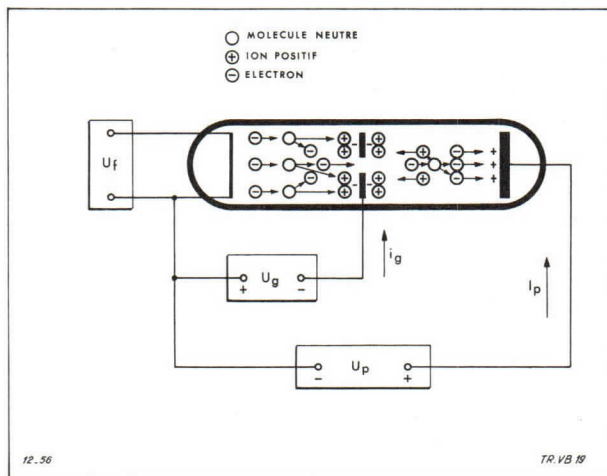


Fig. 9.2-2-1

Comportement d'une triode à vide en présence de traces de gaz. Grille légèrement négative.

A la formation du plasma la grille est entourée d'ions positifs et perd toute action sur le courant anodique. En effet, la grille peut devenir positive ou négative; noyée dans le plasma, son potentiel négatif sera toujours compensé par des charges positives venant du plasma tant que celui-ci existe; négative, elle collectera les ions positifs, positive, elle recueillera des électrons négatifs (le tube est devenu ce qu'on appelle "un thyatron").

D'une façon générale, dans une triode à vide imparfait, le courant grille est constitué par:

- 1) Les électrons collectés par la grille,
- 2) Les ions positifs collectés par la grille,
- 3) Le courant de conduction entre la grille et les autres électrodes le long des isolants (courant de fuite),
- 4) Le courant d'émission secondaire de grille,
- 5) L'émission photoélectrique de grille,
- 6) L'émission thermoionique de grille,
- 7) Le courant dû au bombardement de la grille par les rayons X mous produits sur l'anode (à haute tension).

La fig. 9.2-2-2 représente le comportement des composantes 1,2,3 du courant grille dans un tube à vide avec trace de gaz. Ce courant est surtout formé des composantes 1 et 2, mais les composantes 3 et 4 peuvent apparaître et devenir importantes. Le courant total s'évalue en milliampères.

La fig. 9.2-2-3 donne les modifications des courbes de courant grille et anode en fonction de la pression. Pour la pression P3 le tube se comporte en "THYRATRON".

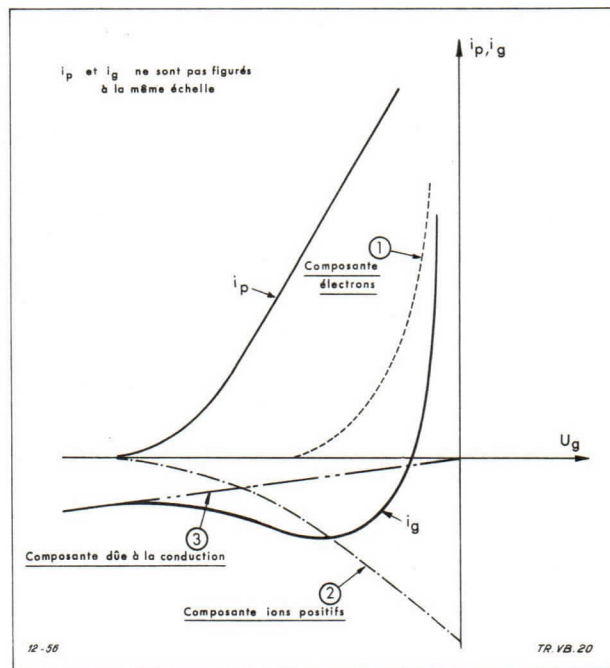


Fig. 9.2-2-2

Courants d'anode et de grille en fonction du potentiel de grille dans un tube triode à vide imparfait.

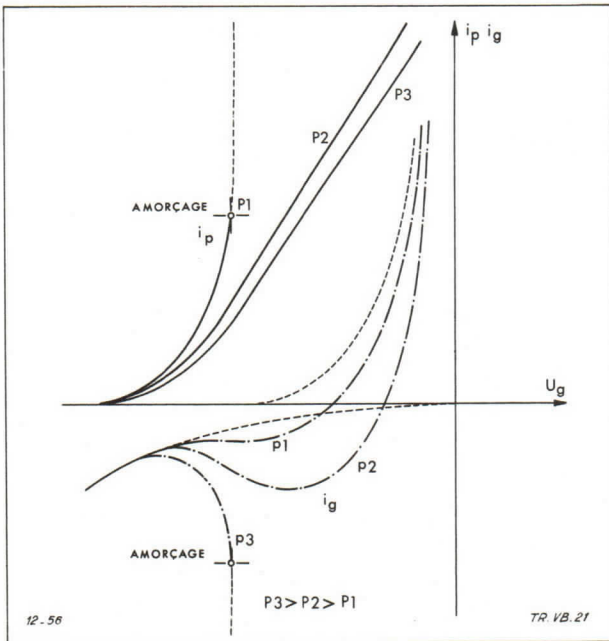


Fig. 9.2-2-3

Variation des courants d'anode et de grille avec la pression.

9.3- CARACTERISTIQUES DE GRILLE DES THYRATRONS

9.3-1

Caractéristiques de grille d'un thyatron avant l'amorçage

Dans la réalité, le circuit de grille d'un tube à gaz se trouve être monté suivant le schéma fig. 9.3-1-1: la source de polarisation négative peut présenter une résistance interne non négligeable et le circuit peut comporter une résistance de grille  $R$ . La somme des deux ( $R_g$ ) représente la charge de la source  $e^v$ .

Nous avons vu (fig. 9.2-2-2) que la courbe de courant grille a la forme représentée ci-contre. La courbe en pointillé suppose une absence de courant d'émission et de fuite de grille. L'anode est positive, la grille présumée très négative au départ, le courant grille est nul à l'origine. Le tube ne conduit pas car la grille très négative empêche les électrons de quitter la cathode. Lorsque la grille devient plus positive (ou moins négative) les électrons commencent à se déplacer de la cathode vers l'anode. Ils engendrent des ions positifs (voir précédemment....) qui viennent se grouper sur la grille négative. Ainsi, au début, le courant grille est négatif. La grille devenant encore plus positive, des électrons à grande vitesse commencent à forcer le passage à travers la grille, le courant diminue puis devient positif. Ce cycle en fonction de la tension

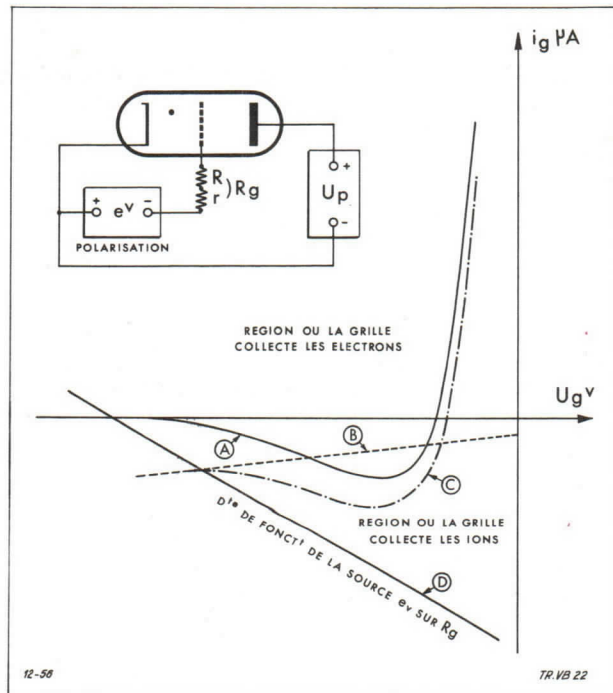


Fig. 9.3-1-1

Montage du thyatron avec une source de polarisation  $e^v$ , de résistance interne  $r$  et avec une résistance de grille  $R$ . résistance totale du circuit grille:  $r + R = R_g$ .

grille n'est pas toujours réalisé jusqu'au bout dans un tube, la charge d'espace peut être complètement neutralisée avant que le courant devienne positif et la conduction peut prendre naissance.

Cela dépendra notamment de la tension anodique.

En effet, si la tension  $U_p$  est faible, le nombre d'ions produits sur le trajet de chaque électron est faible, il faut un courant anodique assez important pour former le plasma.

On remarque que pour une faible tension anodique l'amorçage se fait pour une tension grille positive (1) et qu'il peut y avoir un courant grille très important, de ce fait, au moment de l'amorçage.

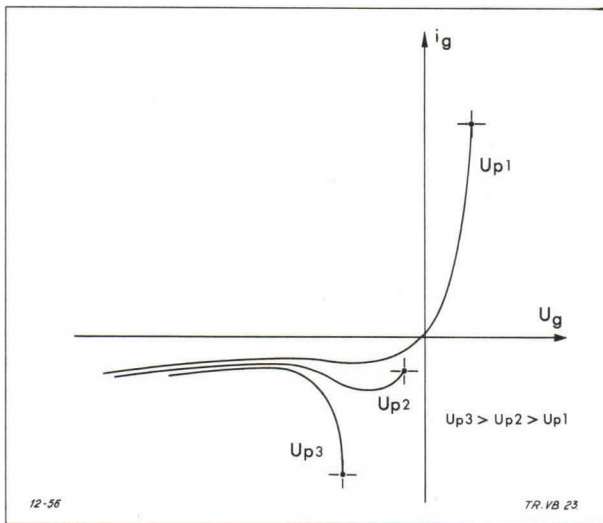


Fig. 9.3-1-2

Courant grille  $i_g$  avant amorçage en fonction de la tension grille  $U_g$  pour des tensions  $U_p$  différentes d'anode.

Il est important de tenir compte de cela lors d'un projet de circuit en limitant le courant par l'adjonction de résistances appropriées dans le circuit de grille.

Pour une tension anodique importante, le cycle sera abrégé. Sur la fig. 9.3-1-2 la ligne (D) représente la droite de fonctionnement de la source de polarisation. La tension grille correspond à l'intersection de cette ligne avec la caractéristique de courant grille. La tension réelle de grille est donc fonction de la résistance  $R$ . En pratique, le courant  $I_g$  de grille tel qu'il est représenté fig. 9.2-2-2 et fig. 9.3-1-1 (courbe A) est souvent augmenté d'une

(1) En effet, voir les courbes caractéristiques d'amorçage des thyratrons.

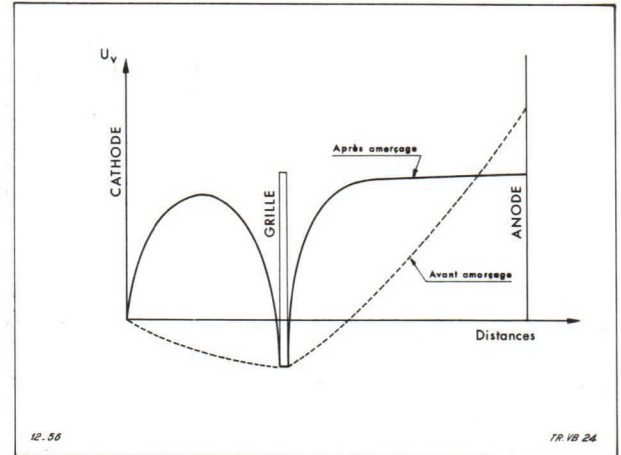


Fig. 9.3-1-3

Répartition des potentiels dans une triode à gaz (Thyratron) avant et après amorçage.

composante (courbe B, fig. 9.3-1-1) de courant d'émission de grille. La courbe C de la fig. 9.3-1-1 représente le courant grille total.

### 9.3-2

#### Caractéristiques de grille après amorçage.

Nous avons vu qu'après amorçage du plasma, le comportement du tube est tout-à-fait différent: la grille est sans action sur le courant d'anode.

- après amorçage, lorsque la grille est négative, elle collecte les ions; quand elle est positive elle collecte les électrons. Les valeurs de ces courants d'ions ou d'électrons dépendent du courant d'anode.
- on peut les figurer par des courbes comme celles de la fig. 9.3-2-1. La tension réelle de grille se trouve à l'intersection de la courbe représentative du courant grille pour une intensité anodique donnée, et de la droite de fonctionnement de la source de polarisation (négative ou positive). Pendant la conduction la grille est légèrement positive.

Mais si le courant d'anode est faible ou bien si la résistance de grille est basse, le potentiel réel de la grille peut devenir négatif et il peut se produire des détériorations sur le revêtement de grille par bombardement ionique. Dans le cas de la commande de grille par impulsions, il se peut que le signal de commande tende à maintenir la grille négative après amorçage. Il faut alors limiter la tension réelle de grille à une tension au plus égale à  $-10$  V (en valeur négative) par une résistance appropriée.



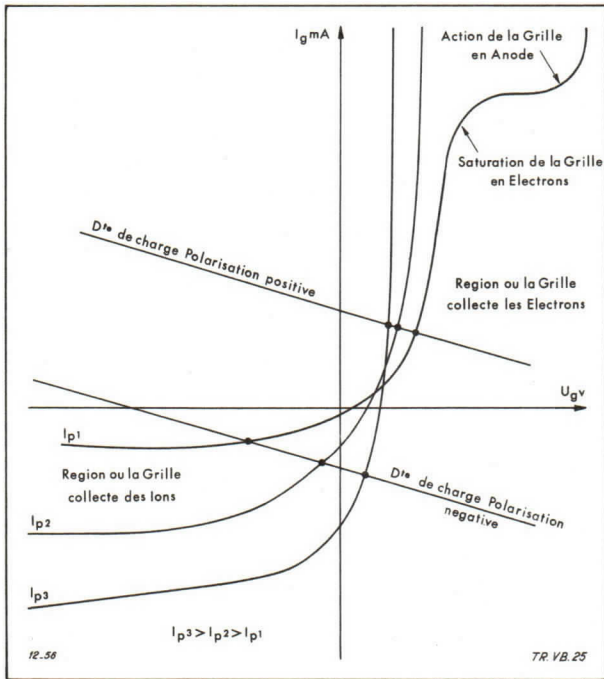


Fig. 9.3-2-1

Courbes de courant grille  $I_g$  en fonction de la tension grille  $U_g$  dans un thyatron après amorçage et pour des débits anodiques  $i_p$  différents.

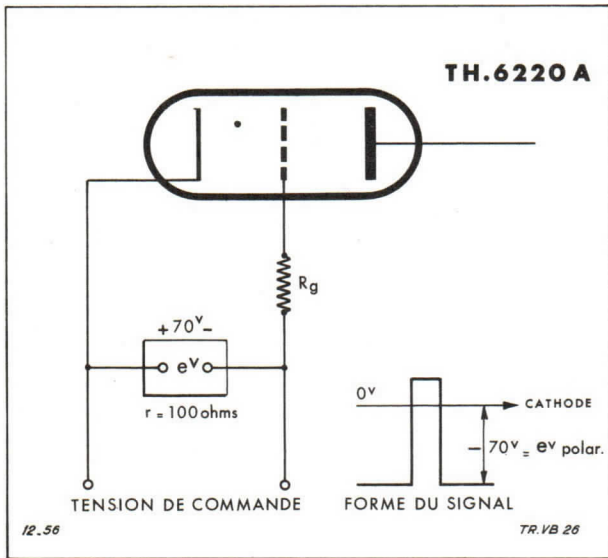


Fig. 9.3-2-2

Principe de la commande des thyratrons en impulsions. Le blocage du thyatron dans le cas présent est assuré par une source de polarisation  $e_v = -70$  volts. La durée du signal de commande doit être supérieure au temps d'ionisation du tube.

La valeur de  $-10$  V indiquée en général par les feuillets caractéristiques, pour la tension maximum négative pendant la conduction résulte du fait que la tension anode-cathode est de l'ordre de  $-12$  V pendant la conduction; la tension grille-anode est donc de  $(-10 \text{ V}) + (-12 \text{ V}) = -22 \text{ V}$ .

Soit par exemple le tube TH 6220 A. Supposons qu'il débite  $3,2$  A. Avec une commande par impulsions et une polarisation de  $-70$  V, pour maintenir pendant la conduction la grille à un potentiel négatif acceptable (disons:  $-6$  V) ( $I_g = -0,080$ ), nous devons insérer une résistance telle que  $R_g$  total soit:

$$R_g = \frac{-70 - (-6)}{-0,080} = 800 \text{ ohms}$$

Si la résistance de la source de polarisation est de  $100 \Omega$  la résistance matérielle minimum à insérer sera de  $800 - 100 = 700 \Omega$  pour limiter la tension négative sur la grille pendant la conduction.

Il est d'ailleurs d'autres effets dont il faut tenir compte pour fixer cette valeur.

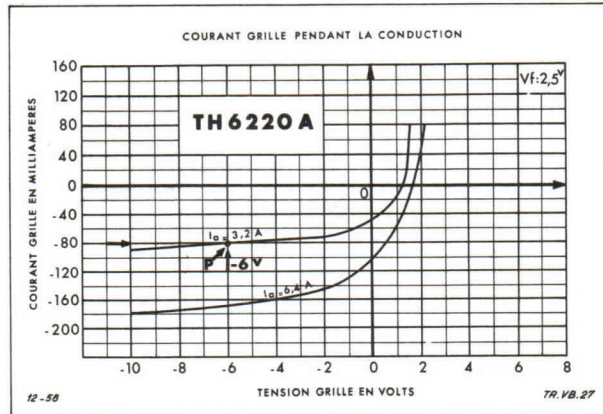


Fig. 9.3-2-3

Détermination de la Résistance  $R_g$  minimum de grille admissible pour un tube TH 6220 A, commandé en impulsions, débit anodique moyen  $3,2$  A, tension de blocage  $-70$  V.

9.3-3

CONDITIONS DE TRAVAIL DES GRILLES DE THYRATRONS

Résistances de grille minimum et maximum

Si la résistance de grille est trop faible, un courant électronique important peut être drainé par la grille lorsque son potentiel est positif. La grille peut s'échauffer et ainsi favoriser l'apparition d'un courant thermoionique important qui peut contrarier l'action du signal de commande.

On évite cette surcharge en limitant par une résistance le courant grille pendant la conduction à une valeur autorisée par le catalogue (courant de grille moyen maximum).

Dans les tubes à haute tension, pendant l'alternance négative de la tension appliquée à l'anode, la grille de commande ne doit pas être plus positive par rapport à la cathode que la valeur de la tension d'ionisation du gaz, (1) car si l'espace cathode grille ionise, et si le courant ionique de grille n'est pas suffisamment limité par une résistance, les ions positifs sont fortement accélérés par l'anode négative, ce qui accroît les chances d'arc en retour.

Lorsque la grille est négative, l'anode étant positive, la tension anode-grille est la plus élevée dans le tube (fig. 9.3-3-1); il faut veiller à ce que la tension grille crête maximum négative, avant conduction, ne soit pas dépassée, sinon il peut y avoir un amorçage intempestif d'arc.

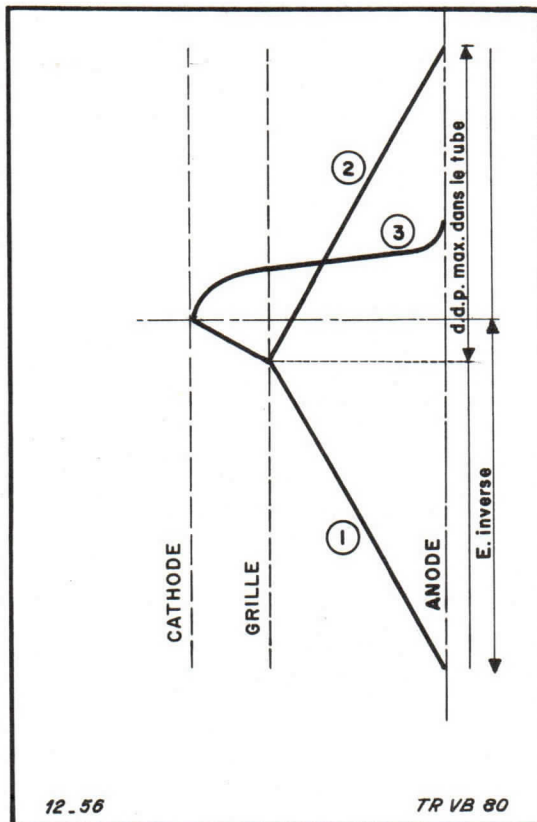


Fig. 9.3-3-1

Répartition des potentiels dans un thyatron

- 1) Tenue en tension inverse.
- 2) Tenue en tension directe, grille négative
- 3) Débit normal.

Pour plus de clarté, cette dernière courbe a été tracée avec une échelle des potentiels 10 fois plus grande que les autres.

La valeur maximum de la résistance du circuit de grille est limitée par le fait que les courants parasites tels que le courant de fuite d'isolement, le courant d'émission de grille lorsque le tube vieillit, le courant dû aux capacités inter-électrodes, peuvent provoquer, aux bornes d'une résistance trop élevée, une tension qui risque de s'opposer au signal de commande. On admet en général une valeur maximum de l'ordre de 100 000  $\Omega$ .

#### 9.4

##### PHENOMENES LIES A L'IONISATION

##### 9.4-1 Temps d'ionisation et de désionisation.

On appelle ainsi les temps nécessaires à la formation du plasma après application du signal de commande, ou à sa disparition après le passage par zéro de la tension d'anode. Le temps d'ionisation est lié à la nature des signaux de grille et d'anode, à la nature du gaz et à la géométrie du tube. Le temps de désionisation correspond au temps nécessaire à une diminution de la densité ionique autour de la grille, diminution suffisante pour lui permettre de récupérer son pouvoir de commande.

Ce temps dépend de la nature du gaz, de la géométrie du tube, des potentiels des électrodes et de la densité ionique (donc du courant anodique pendant la conduction). Des potentiels très négatifs sur la grille et l'anode favorisent une désionisation plus rapide mais présentent des dangers pour les électrodes. De plus, ils favorisent la disparition du gaz par accélération des particules ionisées gazeuses et leur "incrustation" dans le métal des électrodes d'où baisse de pression de gaz et sa disparition apparente. Le temps de désionisation limite les possibilités de travail des tubes à des fréquences élevées.

On estime à 500 p/s la fréquence limite des tubes à vapeur de mercure et 5 000 p/s celle des tubes à gaz rares: les tubes à hydrogène peuvent fonctionner à des fréquences plus élevées. La limite dépend de chaque cas particulier.

- (1) 15,59 volts pour l'Argon.
- 13,53 volts pour l'Hydrogène.
- 10,38 volts pour le Mercure.
- 21,47 volts pour le Néon.
- 12,08 volts pour le Xénon.

9.4-2

Facteur de commutation

Ce terme désigne le produit de la vitesse de décroissance du courant en ampères par microseconde, mesurée juste avant la commutation, par la vitesse de croissance de la tension appliquée à un tube aussitôt après la commutation, exprimée en volts par microseconde. En général, la mesure se fait sur une durée de 30 microsecondes centrée sur le temps de commutation (on mesure la décroissance du courant sur les 10 microsecondes qui précèdent la commutation et la tension inverse sur les 200 premiers volts).

9.4-3

Importance du facteur de commutation

Si l'on applique trop rapidement la tension à un tube qui vient de conduire le courant, les ions résiduels (c'est-à-dire n'ayant pas eu le temps de se neutraliser) sont fortement accélérés et viennent s'absorber dans le métal des électrodes (l'anode principalement). Le tube est mis très rapidement hors d'usage. Ceci n'est vrai que pour les tubes à remplissage gazeux, les tubes à vapeur de mercure ayant toujours une réserve de mercure liquide.

D'autre part, dans les mêmes conditions de  $\frac{dE}{dt}$  trop rapide venant immédiatement après un  $dI$

d important, le bombardement de l'anode par les ions positifs favorise la naissance d'arcs en retour. Ceci explique la forte influence d'un schéma sur la fréquence possible des arcs en retour quand on se rapproche des limites d'utilisation.

9.4-4

Mesure du facteur de commutation

La mesure se fait au moyen d'un oscilloscope cathodique présentant certaines caractéristiques: le balayage doit être suffisamment rapide pour permettre l'observation de phénomènes d'une durée de 30 microsecondes environ. Il doit se synchroniser ou fonctionner en balayage déclenché avec le retard voulu, soit par l'intermédiaire d'une ligne à retard soit par le truchement d'un circuit déphaseur.

Les plaques peuvent être attaquées soit directement, soit par un amplificateur laissant la composante continue.

De plus, il faut s'assurer que les capacités parasites sont faibles, sinon l'appareil peut introduire des erreurs importantes. Si l'on utilise un diviseur de tension résistif pour prélever la ten-

sion à observer, ce diviseur sera du type compensé (voir fig. 9.4-4-1). C'est-à-dire si la capacité parasite d'entrée de l'oscilloscope est  $C_p$ , le diviseur doit par la valeur de ses composantes répondre à la relation:

$$C \times R_1 = C_p \times R_2$$

Pour l'évaluation des temps, on disposera soit de marqueurs, soit d'un balayage étalonné avec précision.

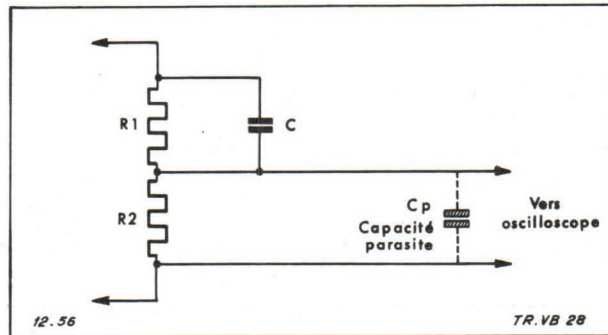


Fig. 9.4-4-1

Diviseur de tension résistif compensé. Conditions:

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{U \text{ max. oscilloscope}}{U \text{ max. mesuré}}$$

$$C \times R_1 = C_p \times R_2$$

$C_p$  = Capacité parasite totale  
= Entrée oscilloscope + liaisons.

9.4-5

Amélioration du facteur de commutation

Lorsque, sur un circuit d'utilisation, le relevé oscillographique indique que le facteur de commutation autorisé pour les tubes intéressés est dépassé, on peut l'améliorer en augmentant l'inductance de fuite du transformateur d'alimentation. Ceci réduit la vitesse de décroissance du courant et la vitesse de croissance de la tension inverse.

Si ce procédé est malaisé à appliquer, on peut introduire des inductances de fuite artificielles sous forme de petites bobines en série avec les anodes des tubes par exemple. (Fig. 9.4-5-1: bobines  $L_1$  et  $L_2$ ). Un autre procédé consiste à étaler le front de l'onde de tension inverse par un circuit amortisseur à capacités (Fig. 9.4-5-1: capacités  $C_1$  et  $C_2$ ) et à résistances.

Ces dernières créent l'amortissement nécessaire pour éviter les oscillations qui pourraient prendre naissance, et limitent l'appel de courant à travers les capacités.

Le calcul de ces circuits est assez illusoire dans les conditions pratiques, et on procède avantageusement à quelques essais successifs: on se fixe une valeur de capacité, on ajuste les résistances jusqu'à disparition des suroscillations et on contrôle le facteur de commutation par la mesure oscillographique. Ce système introduit quelques pertes de puissance.

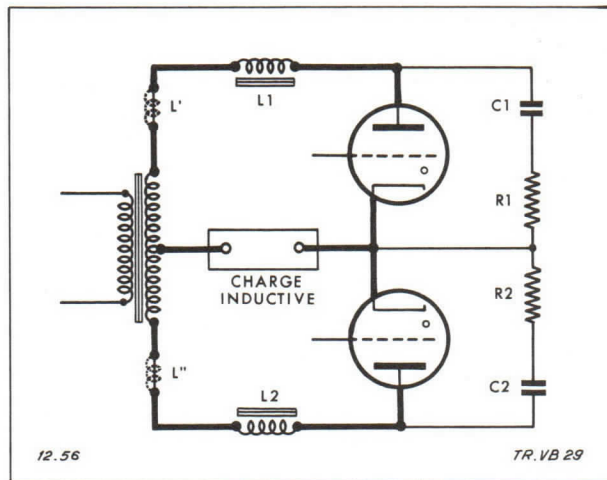


Fig. 9.4-5-1

Amélioration du facteur de commutation dans le cas d'un redresseur monophasé 2 alternances, chargé par un circuit fortement inductif.  $L_1$ ,  $L_2$  sont des inductances que l'on peut introduire dans le circuit si les inductances de fuite naturelles  $L'$ ,  $L''$  sont insuffisantes.

#### 9.4-6

##### Chute de tension dans les thyatron

La chute de tension est, à première approximation, indépendante de la charge dans les limites usuelles d'emploi. En réalité elle peut présenter de fortes variations en dehors de ces limites: à très faible débit (courants de préamorçage = faible ionisation) le tube a tendance à se comporter en tube à vide, c'est-à-dire que la chute augmente par accroissement de la chute cathodique (peu d'effet de neutralisation de la charge d'espace); aux faibles débits la chute dans le plasma est importante, elle diminue quand le débit augmente; enfin aux très forts débits approchant de l'intensité de satura-

tion de la cathode, la chute dans le tube devient très forte (voir Fig. 9.4-6) par augmentation des chutes cathodiques et anodiques.

On notera que la valeur 22 V de la chute de tension dangereuse (bombardement ionique) est atteinte pour des charges différentes suivant la température du point froid (température du mercure condensé).

Ceci explique la raison impérative du maintien des tubes dans certaines limites de température, en dehors des influences de celle-ci sur la tenue en tension inverse et en tension directe.

Il en résulte que la température du point froid doit être fixée avec d'autant plus de précision que l'on se propose d'utiliser le tube plus près de ces conditions limites de fonctionnement.

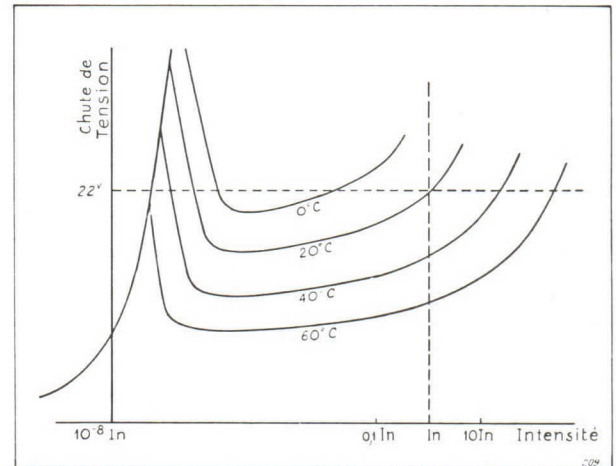


Fig. 9.4-6

Chute de tension dans un thyatron à vapeur de mercure en fonction de l'intensité pour différentes températures du point froid.

9.5 CIRCUITS DE COMMANDE DES GRILLES DES THYRATRONS

Nous avons vu (paragraphe 9.3-1) que l'on peut aisément amorcer la décharge dans un thyatron en élevant suffisamment son potentiel de grille lorsque son anode est positive. Le désamorçage ou extinction se produit seulement lorsque le courant anodique s'annule (circuits fortement inductifs); dans beaucoup de cas cela se produit lorsque la tension anodique n'est plus suffisante pour entretenir l'arc (circuits résistants).

Dans la pratique industrielle courante l'alimentation anodique se fait soit par une source de tension alternative, et il y aura extinction à chaque période par passage à zéro de la tension, soit par un système impulsif qui se décharge à travers le thyatron (capacité, inductance ou ligne à retard) et l'extinction surviendra à la fin de la décharge.

Dans le cas le plus courant, celui de l'alimentation par un réseau alternatif, il est loisible de commander l'instant d'amorçage, quand on le veut, dans les 180° électriques de la durée de l'alternance positive de la tension d'anode.

Les feuillets caractéristiques des catalogues fournissent la courbe de tension de grille nécessaire à l'amorçage des tubes pour les différentes valeurs de la tension anodique.

Connaissant la forme de la tension anodique, on peut par une simple construction graphique définir, dans chaque cas, la courbe de tension critique de grille (c.c.g.) (fig. 9.5). Pour que le thyatron s'amorce, il suffit donc que la tension réelle de grille dépasse légèrement la tension critique au point où l'on désire que l'amorçage se fasse.

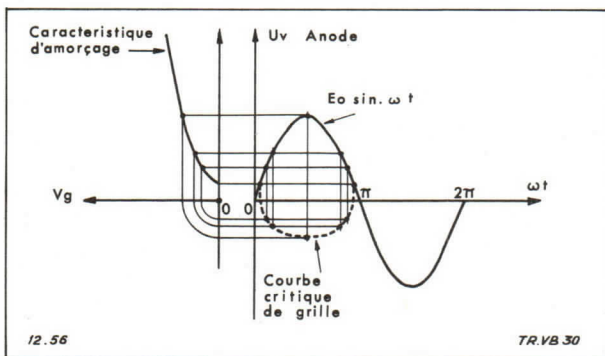


Fig. 9.5

Construction graphique de la courbe critique d'amorçage de grille (c.c.g.).

9.5.1

Différentes caractéristiques d'amorçage

Par construction, certains tubes, dits à caractéristiques négatives, s'amorcent pour une tension grille encore négative: fig. 9.5-1-1 (a), d'autres pour une tension grille positive: fig. 9.5-1-1 (b).

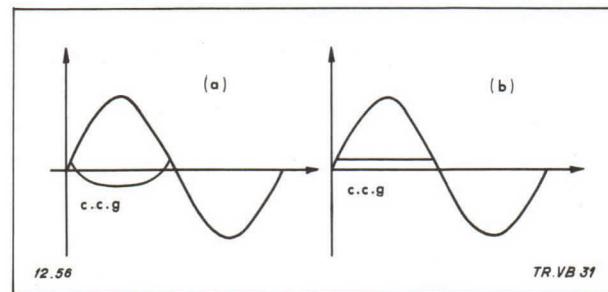


Fig. 9.5-1-1

Allure des courbes critiques de grille (c.c.g.) des thyatrons

a) pour un tube à caractéristique négative de grille.  
b) pour un tube à caractéristique positive de grille.  
Dans le cas des tubes travaillant sous tension anodique élevée, la c.c.g. se confond pratiquement avec l'axe des abscisses.

Certains tubes bi-grilles peuvent prendre à volonté l'une ou l'autre des caractéristiques par modification du potentiel de la grille 2 dite grille écran: la caractéristique devient positive lorsque la grille-écran est négative par rapport à la cathode.

Les premiers peuvent fonctionner sur des circuits de commande à haute impédance et nécessitent peu de puissance de commande. Les seconds sont intéressants par l'économie de la source de polarisation négative de blocage qu'ils autorisent.

Il faut noter que les caractéristiques d'amorçage sont données par les catalogues sous forme d'une zone qui correspond

- a) à la dispersion de caractéristiques d'un tube à un autre
- b) à la dispersion due aux tolérances de chauffage autorisées
- c) au déplacement des courbes en fonction de la température du mercure condensé.

- d) au vieillissement normal du tube
- e) au déphasage entre la tension de chauffage en alternatif et la tension alternative d'anode

**9.5-2**

Différents systèmes de commande de grille

Le tube s'amorce lorsque la tension réelle de grille dépasse la tension critique. Ce résultat peut être obtenu au moyen de nombreux artifices plus ou moins simples, suivant la précision recherchée de l'instant d'amorçage.

**9.5-2-1**

Commande de la grille par une tension continue

(Fig. 9.5-2-1-1)

Le schéma et les graphiques sont assez explicites pour se passer de commentaires:

Avantage : simplicité

Inconvénient : faible étendue de réglage, imprécision.

En faisant varier le point d'amorçage, la durée de passage du courant de  $t_1$  à  $t_2$  va varier ainsi que le courant moyen correspondant.

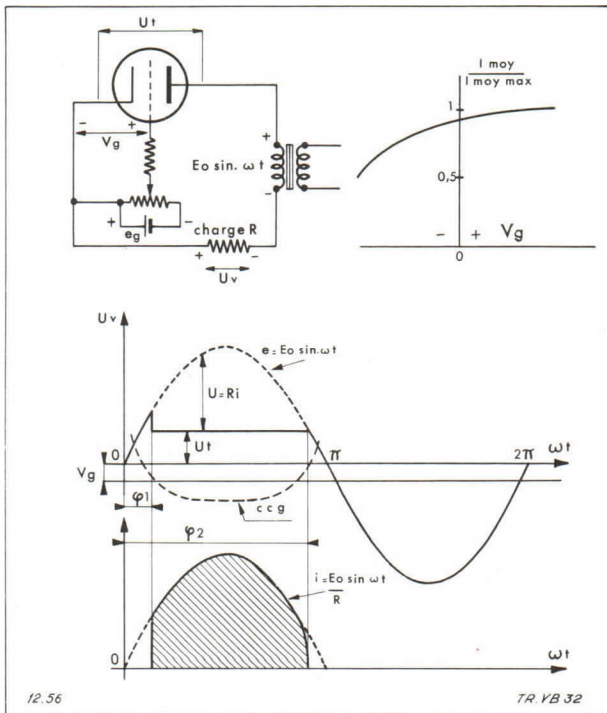


Fig. 9.5-2-1-1

Commande de l'amorçage par variation de la tension continue de polarisation de grille (blocage)  
Schéma, diagramme de fonctionnement et courbe d'amplitude de réglage.

$$I \text{ moy} = \frac{1}{2\pi} \int_{\varphi_2}^{\varphi_1} \frac{E_o \sin \omega t - U_t}{R} d(\omega t)$$

Si la chute  $U_t$  est faible devant la tension anodique

$$I \text{ moy} = \frac{E_o}{2\pi R} (1 + \cos \varphi_1)$$

$$\text{Si } I \text{ moy max} = \frac{E_o}{\pi R} \text{ pour } \varphi_1 \cong 0$$

Le rapport de réglage peut s'écrire

$$\frac{I \text{ moy}}{I \text{ moy max}} = \frac{1 + \cos \varphi_1}{2}$$

pratiquement, cette méthode ne s'applique qu'à une commande "marche-arrêt" et non à un réglage progressif suivant l'un des schémas ci-après. (9.5-2-1-2).

Suite de la Fig. 9.5-2-1-1

$e = E_o \sin \omega t$  = Tension anodique instantanée

$V_g$  = Tension grille-cathode

$U_t$  = Chute de tension dans le tube

$I = \frac{E_o \sin \omega t}{R}$  = courant instantané

$U = Ri$  = Tension instantanée sur la charge.

$\varphi_1$  = Angle d'amorçage.

$\varphi_2$  = Angle d'extinction.

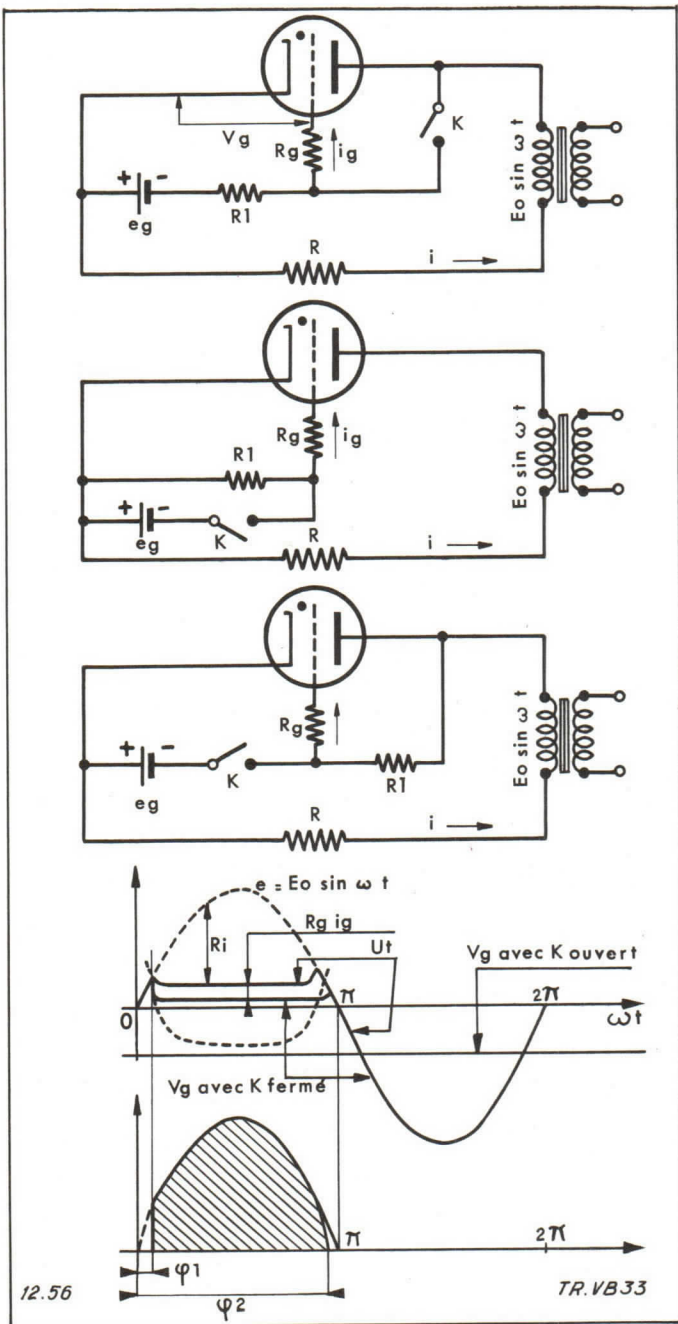


Fig. 9.5-2-1-2 Commandes de thyatron par "tout ou rien" ou "marche-arrêt"

9.5-2-2

Commande de grille par tension alternative et déphasage

L'anode et la grille du thyatron sont alimentées par une source de tension alternative. La tension de grille peut être déphasée par rapport à celle d'anode par tout moyen approprié (Déphaseurs classiques, déphaseurs à réseau R.L.C. etc...).

a) par superposition d'une tension alternative à une tension continue:  
 K ouvert correspond à "arrêt"  
 K fermé correspond à "marche"

b) par une tension continue seulement:  
 K fermé correspond à "arrêt"  
 K ouvert correspond à "marche"

c) par superposition d'une tension continue à une tension alternative:  
 K ouvert correspond à "marche"  
 K fermé correspond à "arrêt"

d) diagramme de fonctionnement.

Avantages: commande progressive et très étendue.  
 Inconvénients: nécessité d'un appareil ou d'un réseau déphaseur (régulateur d'induction "selsyn" etc...), nécessité d'avoir une tension grille assez élevée pour avoir la précision voulue.

Sur les diagrammes de la fig. 9.5-2-2 on a supposé que la courbe critique de grille se confondait pratiquement avec l'axe des abscisses et que le circuit était résistif.

Pour une commande plus précise, on peut également déformer la sinusoïde de commande, en utilisant par exemple des transformateurs à fer saturé. On obtient des pointes de tension déphasables dans les mêmes conditions que les sinusoïdes, mais dont l'intersection avec la courbe critique de grille est définie.

Les relations du paragraphe précédent s'appliquent à ce système. La courbe indiquée fig. 9.5-2-2 ne s'applique que si la charge est ohmique.

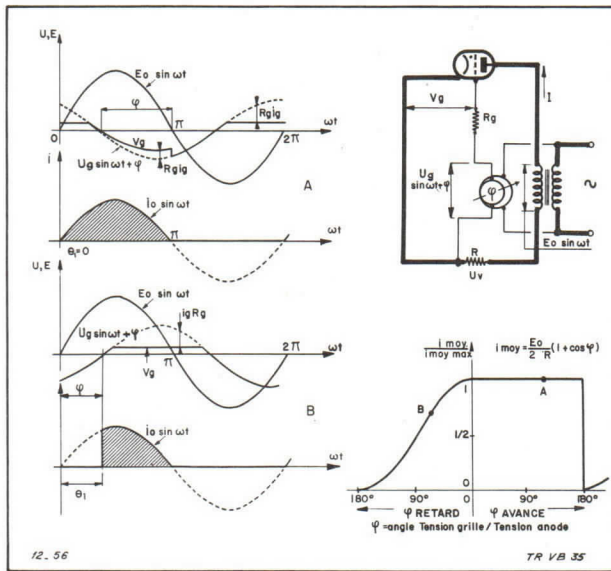


Fig. 9.5-2-2

Commande de grille par une tension alternative de grille déphasée par rapport à la tension d'anode.

a) diagramme des tensions et courants pour différents déphasages:

$\varphi$  = angle de déphasage tension de commande-tension d'anode.

$\theta$  = angle de retard d'amorçage par rapport à la tension d'anode.

$E_o \sin \omega t$  = tension d'anode.

Les diagrammes des tensions et courant A correspondant à  $0 < \varphi < +180^\circ$  (pas de réglage possible).

Les diagrammes B correspondent à:

$-180 < \varphi < 0$  (Réglage de  $i_{moy}$  de 0) ( $i_{moy \max}$ ).

b) Schéma de montage théorique.

c) Amplitude de la commande.

9.5-2-3

Commande de grille par variation d'une polarisation continue superposée à une tension alternative.

La grille est alimentée par une tension continue variable en sens et amplitude superposée à une tension alternative déphasée de  $90^\circ$  en retard sur la tension alternative d'anode.

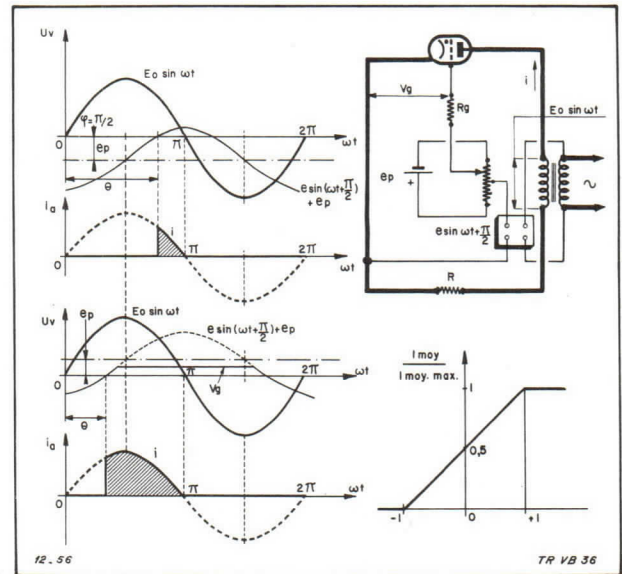


Fig. 9.5.2-3

Commande de grille par variation de l'amplitude et du signe de la tension continue de polarisation (blocage)  $e_p$  superposée à une tension alternative

$e \sin \omega t + \frac{\pi}{2}$  (déphasée de  $\frac{\pi}{2}$  en retard sur la tension d'anode).

Diagramme des tensions et courants, schéma théorique de montage et amplitude de la commande.

Si le rapport des tensions  $\frac{e \text{ polarisation}}{e \text{ crête}}$  varie

de  $-1$  à  $+1$

L'expression du rapport de variation du courant redressé sera:

$$\frac{I \text{ moy.}}{I \text{ moy. max.}} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{e \text{ polarisation}}{e \text{ crête}} \right]$$

Ainsi I moyen variera linéairement avec e polar. (à condition que le déphasage soit de  $90^\circ$  arrière)

Toutefois, il est bon de vérifier par un graphique des tensions d'amorçage que le schéma du redresseur commandé par ce système n'entraîne pas un retard d'amorçage important d'un tube sur un autre dans le cas des montages à 2 alternances. En effet, les tubes peuvent présenter des caractéristiques assez différentes dans les limites de dispersion indiquées au catalogue.



9.5-2-4

Commande de grille par deux tensions alternatives

On superpose sur la grille deux tensions alternatives, l'une d'amplitude et de phase constantes, l'autre d'amplitude variable et de phase constante, la première étant déphasée de 90° en arrière de la tension anodique.

La tension résultante varie un peu en amplitude et beaucoup en phase. Ce système est souvent utilisé dans les systèmes asservis.

9.5-2-5

Commande de grille en impulsions

La commande en impulsions peut se rattacher à celle par déphasage de sinusoïde et polarisation continue. Le signal peut être obtenu soit par saturation d'un circuit à fer, soit à partir d'un réseau formeur d'impulsions, soit à l'aide d'un distributeur rotatif synchrone (peu utilisé actuellement)

Avantages: grande précision

Inconvénients: la grille est maintenue négative pendant la conduction.

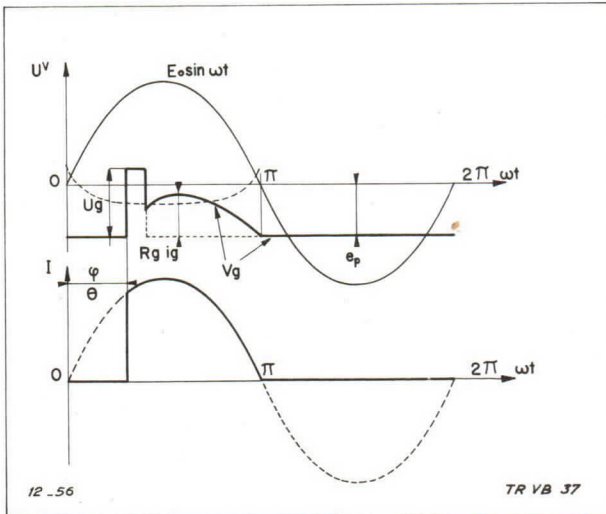


Fig. 9.5-2-5

Diagramme des tensions et du courant lors d'une commande de grille en impulsions.

$E_o \sin \omega t$  = Tension instantanée d'anode  
 $e_p$  = Tension continue négative de polarisation de grille.

$U_g$  = Amplitude de la tension (impulsions) de grille superposée à la tension de polarisation.

Il faut prendre des précautions (voir paragraphe 9.3-2). Procédé difficilement employable dans le cas des montages utilisant des tubes en série (Pont de Graëtz), par contre, il est recommandé pour les tubes présentant une assez grande dispersion des caractéristiques d'amorçage, pour les montages 2 alternances monophasé par exemple.

9.5-2-6

Commande de grille par déphasage d'une tension alternative superposée à une polarisation continue fixe.

Cette méthode se traduit par un diagramme semblable à celui déjà vu pour une commande par tension alternative et tension continue superposées, mais ici on fait varier la phase de la tension. Cette méthode a de nombreux avantages: souplesse, continuité, amplitude constante du signal de commande. Pratiquement cette méthode convient le mieux pour la commande des redresseurs industriels de puissance.

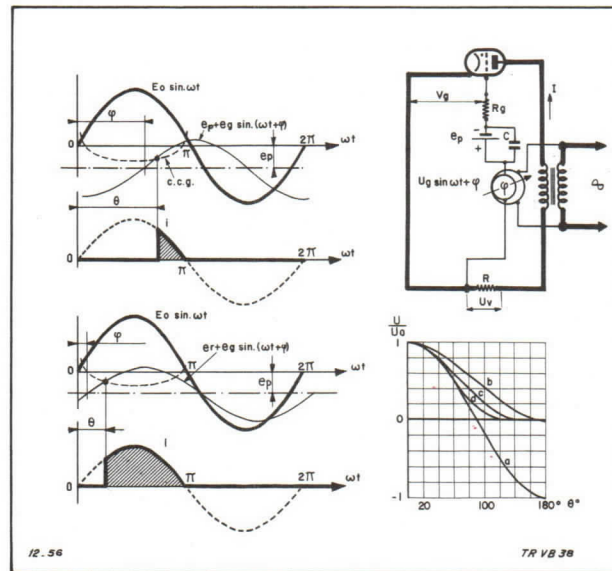


Fig. 9.5-2-6

Commande de grille par tension continue superposée à une tension alternative de phase réglable. Diagrammes des tensions et courants pour différents déphasages. Schéma théorique et amplitude de réglage en fonction de l'angle d'amorçage:

- a) fonctionnement sur filtre à inductance infinie.
- b,c,d) fonctionnement sur résistance pure:
  - b) redresseur monophasé 2 ou 4 tubes.
  - c) redresseur triphasé.
  - d) redresseur hexaphasé ou redresseur triphasé 6 tubes en pont de Graëtz.

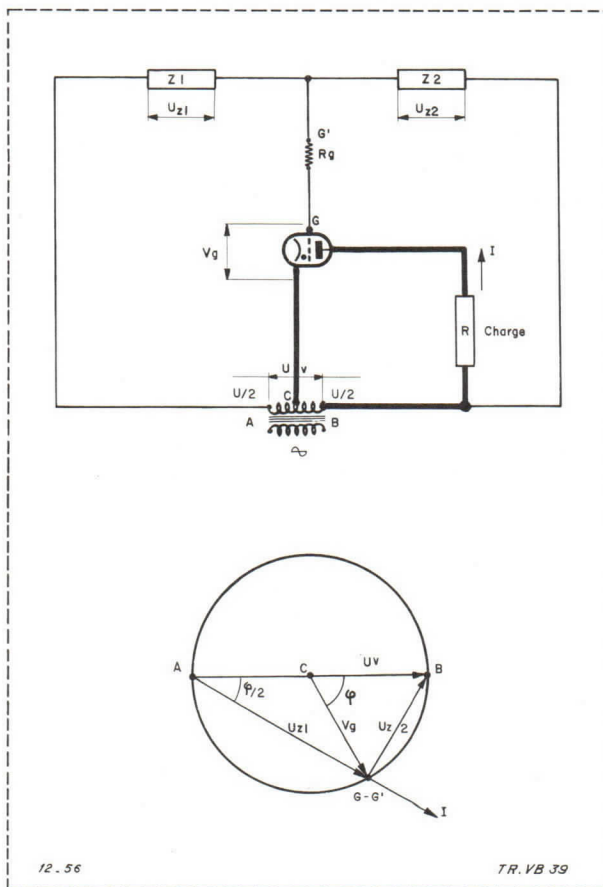
La fig. 9.5-2-6 indique l'étendue du réglage de la tension redressée en fonction du déphasage des grilles.

Ce système permet en outre un blocage très efficace du redresseur en cas de nécessité soit par application d'une tension de polarisation négative très importante, soit par suppression de la sinusoïde, soit par un retard de celle-ci d'un peu moins de 180°.

**9.5-2-7**

Commande par réseau déphaseur - cas général

Les impédances  $Z_1$  et  $Z_2$  sont constituées l'une par une résistance variable, l'autre par une impédance fixe (L ou C). Les vecteurs représentent les tensions sur le diagramme de la fig. 9.5-2-7, et l'angle donne la phase de la tension grille par rapport à la tension d'anode.



**Fig. 9.5-2-7**

Commande de grille par réseau déphaseur.  
 Cas général. Schéma théorique et diagramme vectoriel des tensions et courants.  
 $Z_1$  et  $Z_2$  sont des éléments du réseau déphaseur.

Les combinaisons possibles pour L et C constants et R variable donnent:

$Z_1$	$Z_2$	Commande
R	$X = L\omega$	I moyen augmente quand R augmente
$X = L\omega$	R	Pas de commande
R	$X = \frac{1}{C\omega}$	Pas de commande
$X = \frac{1}{C\omega}$	R	I diminue quand R augmente.

La résistance R variable peut être constituée par la résistance interne d'un tube à vide.

Rien ne s'oppose à ce que l'on fasse également varier L ou C, R étant fixe.

9.6 - Exemples de réalisations pratiques des circuits  
pour la commande des grilles.

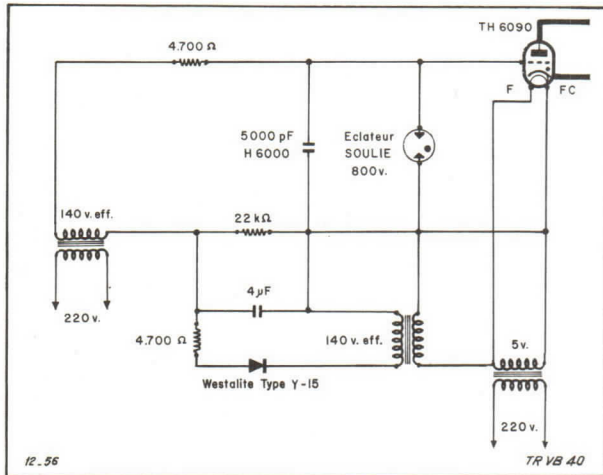


Fig. 9.6-1

Commande par tension alternative déphasable superposée à une tension continue. Tension de polarisation  $100\text{ V} \pm 10\%$  en fonctionnement,  $70 \pm 10\%$  au blocage.

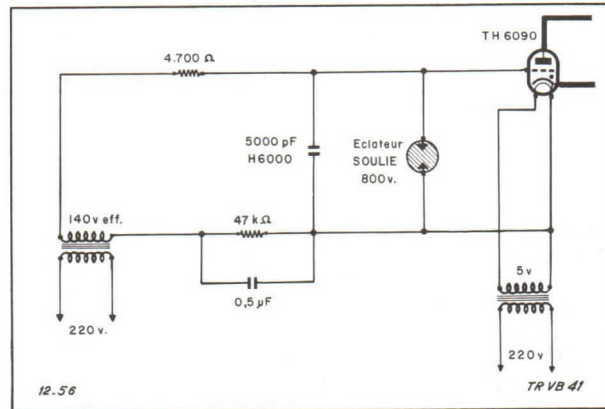


Fig. 9.6.2

Commande par tension alternative déphasable, superposée à une tension continue de polarisation  $100 \pm 10\%$  obtenue par l'action redresseuse de la grille du thyatron. Le blocage dans ce cas est assuré par inversion du signal alternatif de grille.

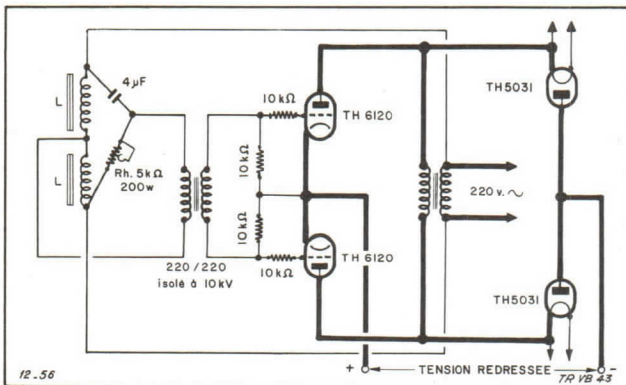


Fig. 9.6-4

Exemple de redresseur commandé par un réseau déphaseur. L'élément variable est une résistance.

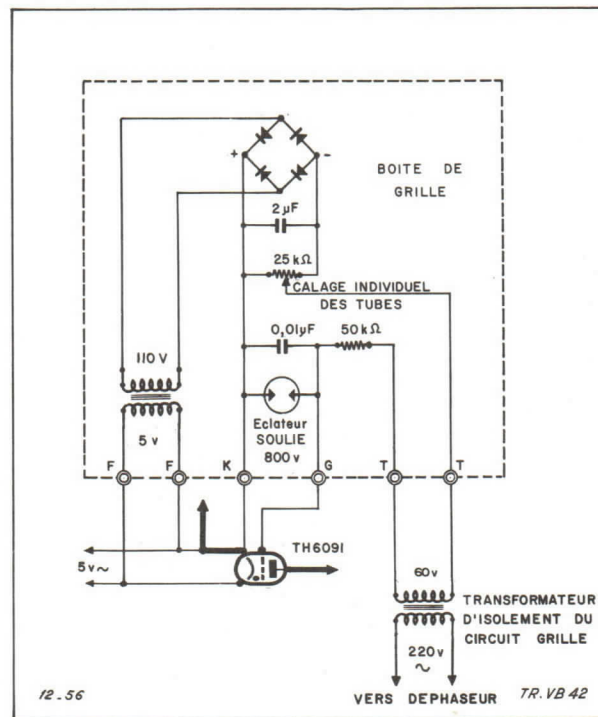


Fig. 9.6-3

Commande par tension alternative déphasable superposée à une tension continue. Le potentiomètre P de  $25\text{ k}\Omega$  permet de régler individuellement le point de blocage de chaque tube, dans un montage à plusieurs tubes.

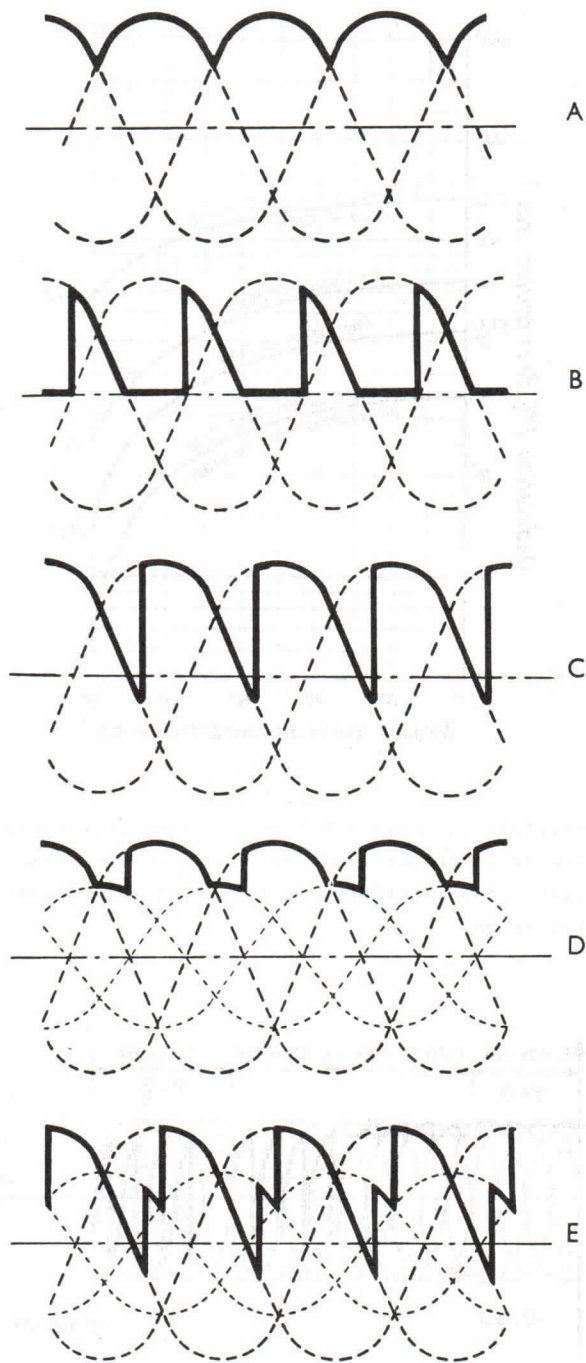


Fig. 9.7-1

Formes d'onde dans un redresseur à thyatron (montage triphasé).

Trait plein: tension de cathode.

Trait pointillé: tensions d'anode.

A) Fonctionnement en phanotron, tension de grilles en phase avec tension anodique;

9.7 - Formes des courants et des tensions obtenues avec la commande de grille retardée

Il n'est pas dans notre objet de faire un exposé complet sur les redresseurs mais d'attirer uniquement l'attention de l'utilisateur sur les phénomènes liés aux tubes eux-mêmes et sur les précautions à prendre dans certains cas.

Le fond même de la question peut être trouvé dans les ouvrages spécialisés (voir bibliographie)

Le tableau 10.1 page 87 donne les relations entre différentes grandeurs caractérisant les divers types de redresseurs mais sans retard d'amorçage.

Suivant la nature de la charge, l'angle de retard d'amorçage (déphasage des grilles) et la qualité du transformateur d'alimentation anodique du redresseur, les formes d'onde obtenues sont très différentes.

On notera que pour les forts retards d'amorçage, l'onde "redressée" est très "pointue". D'où éventuellement nécessité d'un filtrage meilleur si l'on travaille loin de la tension redressée maximum.

La courbe fig. 9.7-1 est assez explicite à ce sujet.

Il faut signaler de plus que ces oscillations prennent naissance à chaque pointe de l'onde dans un redresseur ionique. Ces oscillations sont en général du domaine des ultra-sons au point de vue fréquence. Ces suroscillations, si elles ne sont pas convenablement amorties, élèvent la tension réelle instantanée sur le tube. (fig. 9.7-2) Si celui-ci travaille près de ses limites de tensions directe et inverse, il peut y avoir amorçage d'arc en retour.

B) Grilles déphasées en retard sur la tension anodique, débit sur résistance pure;

C) Id. mais débit sur filtre à self pratiquement infinie;

D) et E) Courbes réelles correspondant à A) et E) mais tenant compte de la self de fuite du transformateur anodique.

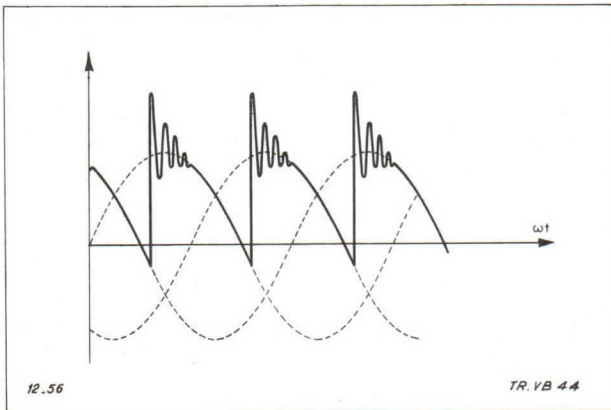


Fig. 9.7-2

Allure des oscillations H.F. dans un redresseur triphasé à amorçage retardé.

Donc pratiquement:

- 1) On ne fera jamais travailler les tubes près des limites.
- 2) On disposera des circuits amortisseurs convenables.
- 3) Si le redresseur doit fonctionner à très faible tension, on prévoiera des commutations de tension anodique pour ne jamais faire fonctionner les tubes avec un retard d'amorçage très important.

Circuits amortisseurs.

Ils se composent d'un système de résistance et de capacité en série, déterminés en fonction des caractéristiques du transformateur anodique.

Par exemple.

pour un redresseur de 120 KVA  
un pont de Graëtz 6 tubes TH 6090

U redressé = 12 KV  
I max = 10 A

Les valeurs suivantes ont été trouvées convenables

R = 2 400 Ω  
C = 2 000 μμF

Dans certains cas on peut disposer de résistances de faible valeur en série sur les anodes des tubes redresseurs.

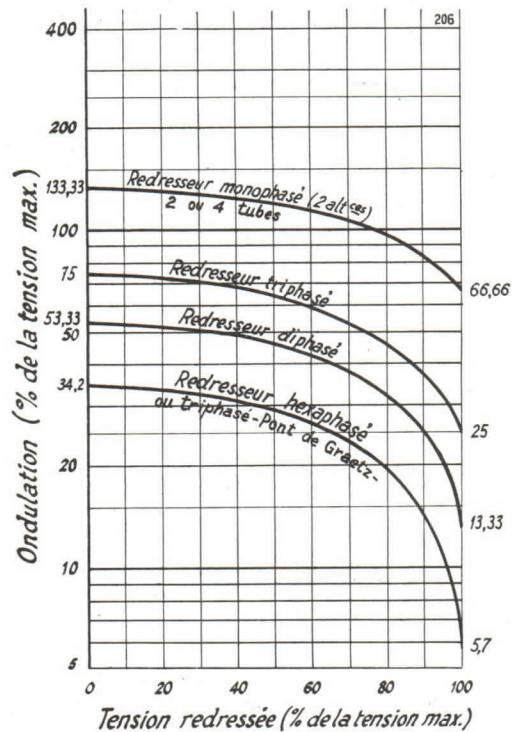


Fig. 9.7-3

Amplitude du fondamental de l'ondulation en fonction de la réduction de tension par déphasage de grilles pour différents montages de redresseurs à thyratrons.

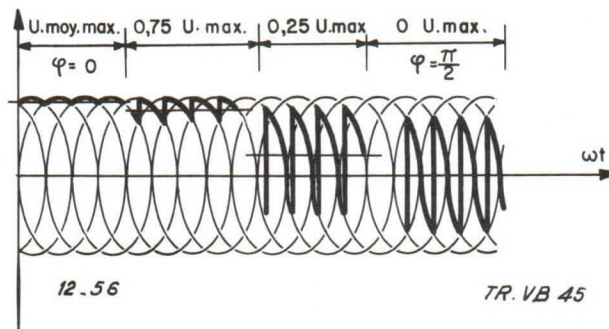


Fig. 9.7-4

Formes d'onde de tension redressée dans un redresseur hexaphasé débitant sur une charge résistive et inductive, pour différents angles de retard d'amorçage.

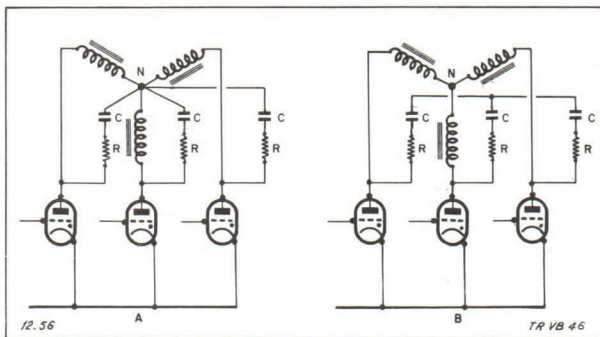


Fig. 9.7-5

Circuits amortisseurs pour un redresseur triphasé:

- a) amortisseurs réunis au point neutre du secondaire,
- b) amortisseurs non réunis au point neutre.

9.8 MESURE DE LA CHUTE DE TENSION DANS UN TUBE IONIQUE

9.8-1

Méthode du wattmètre (donnant la chute moyenne):

Un wattmètre est branché suivant le montage indiqué fig. 9.8-1

La chute de tension moyenne sera donnée par:

$$\frac{P}{I \text{ moy.}}$$

Si P = lecture du wattmètre en W

I moy = courant moyen redressé en A

Avantages: simplicité

Inconvénients: la mesure ne donne que la valeur de la chute moyenne

Précautions: dans le cas des redresseurs à amorçage retardé, il faut opérer avec un retard nul.

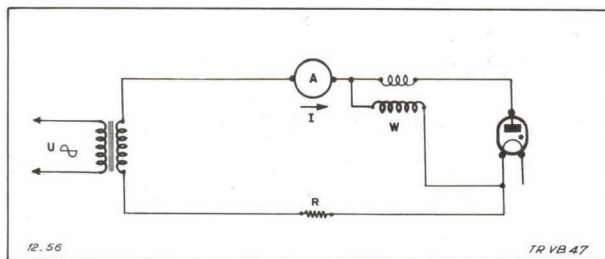


Fig. 9.8-1

Mesure de la chute de tension moyenne par la méthode du wattmètre.

9.8-2

Méthode oscillographique: (valeurs instantanées de la chute)

Mesure en régime sinusoïdal ou par décharge de capacité sur l'anode du tube à essayer.

Avantages de la méthode: Elle permet de noter la chute de tension pendant tout le cycle, aussi bien en régime sinusoïdal qu'en impulsions.

Mode opératoire: (Fig. 9.8-2) Le tarage de l'amplificateur se fait sur la position T du commutateur S1-S2-S3 en agissant sur le potentiomètre "Tarage" jusqu'au zéro du microampèremètre (du type à zéro central).

La lecture se fait soit sur  $L_1$  en lisant l'élongation étalonnée de l'oscilloscope, soit sur  $L_2$  par la méthode d'opposition en ramenant l'élongation correspondant à la valeur mesurée vers l'axe des abscisses de l'oscilloscope.

Nota: La synchronisation peut se faire soit sur le signal d'anode, soit sur celui de grille dans le cas des thyatron.

L'amplificateur reçoit aussi bien le signal direct que l'onde inverse de tension du tube en essai. La diode qui suit l'amplificateur ayant pour but de couper le signal inverse, il faut que le tube d'entrée puisse tenir entre grille et cathode la valeur de la tension inverse crête. Pour des tensions plus hautes, on pourrait utiliser un diviseur de tension étalonné convenable, ou bien opérer suivant la méthode décrite plus loin.

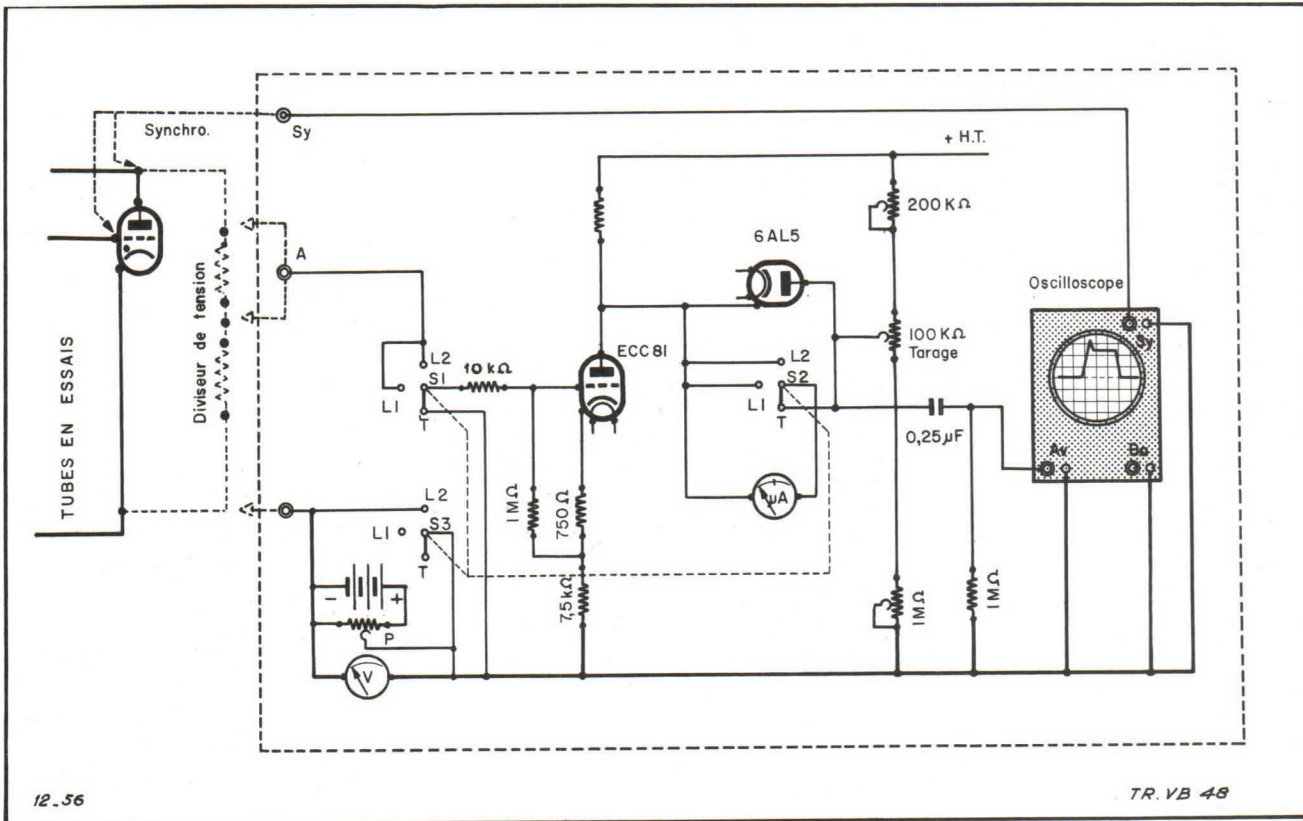


Fig. 9.8-2

Montage pour la mesure oscilloscopique de la chute de tension d'un tube ionique en présence de la tension inverse: positions du sélecteur  
 T = étalonnage et tarage de l'amplificateur.  
 L<sub>1</sub> = Lecture sur oscilloscope et Voltmètre V par

la méthode d'opposition.

L<sub>2</sub> = Lecture sur oscilloscope directement en amplitude étalonée.

Le microampèremètre à zéro central (μA) permet le tarage de l'amplificateur.

(Le présent procédé a été décrit dans l'article de MM. RATCLIFF et R.G. ISSACS dans la revue: Electronic Engineering de Juin 1951).

9.8-3 Autre méthode oscillographique: (sans tension inverse)

Alors que dans la méthode précédente on peut faire une mesure sur le tube dans les conditions d'utilisation, le deuxième procédé consiste à alimenter le tube en essai sous une tension redressée, supprimant ainsi l'onde inverse (voir Fig. 9.8-3).

On pourrait imaginer une autre méthode de mesure avec une diode en tête de l'amplificateur, pouvant tenir la tension inverse et destinée à ne pas la transmettre à l'amplificateur.

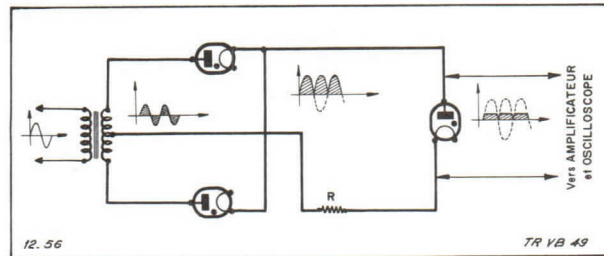


Fig. 9.8-3

Mesure de la chute de tension d'un tube ionique par alimentation sans tension inverse.

# RELATIONS ENTRE DIVERSES GRANDEURS DES DIFFERENTS REDRESSEURS

## SYMBOLES UTILISES

- f - fréquence d'ondulation
- Um - Tension moyenne redressée
- Im - Courant moyen redressé
- Uo - Tension de crete
- Io - Courant de crete
- UoR - Tension inverse de crete
- ImR - Courant moyen dans le redresseur
- IpR - Courant efficace dans le redresseur
- U2φ - Tension secondaire entre 2 phases
- Uφ - Tension secondaire par phase
- I - Courant efficace secondaire
- Pm - Puissance moyenne redressée
- Ps - Puissance apparente secondaire
- Pp - Puissance apparente primaire
- Pt - Puissance type du transformateur
- Pa - Puissance apparente absorbée

DENOMINATION	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮		
	MONOPHASE 1 alternance	MONOPHASE 2 alternances	MONOPHASE pont	TRIPHASE 1 alternance	TRIPHASE 1 alternance	TRIPHASE pont	TRIPHASE pont	TRIPHASE pont	HEXAPHASE	HEXAPHASE	HEXAPHASE Kubler	HEXAPHASE Kubler	HEXAPHASE série	HEXAPHASE série	HEXAPHASE fourche		
SCHEMAS																	
	REDRESSEE	f	2f	2f	3f	3f	6f	6f	6f	6f	6f	6f	6f	6f	6f	6f	
SORTIE	$f_o$ Hz																
	$\frac{U_o}{U_m}$	3,14	1,57	1,57	1,21	1,21	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	
REDRESSEE	$\frac{I_o}{I_m}$	3,14	1,57	1,57	1,21	1,21	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	
	forme du courant																
REDRESSEUR	$\frac{U_oR}{U_m}$	3,14	3,14	1,57	2,10	2,10	1,05	1,05	1,05	2,10	2,10	2,4	2,4	1,05	1,05	2,10	
	$\frac{I_mR}{I_m}$	1	0,5	0,5	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,17	0,17	0,17	0,17	0,33	0,33	0,17	
	$\frac{I_R}{I_m}$	1,57	0,78	0,78	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,41	0,41	0,29	0,29	0,48	0,48	0,41	
	forme du courant																
TRANSFORMATEUR	SECONDAIRE	forme du courant															
		$\frac{U_\phi}{U_m}$	2,22	1,11	1,11	0,85	0,85	0,43	0,43	0,43	0,74	0,74	0,85	0,85	0,43	0,43	0,43
		$\frac{U_{2\phi}}{U_m}$	2,22	2,22	1,11	1,48	1,48	0,74	0,74	0,74	1,48	1,48	1,70	1,70	1,17	1,17	1,48
	PRIMAIRE	$\frac{I}{I_m}$	1,57	0,78	1,11	0,59	0,59	0,817	0,817	0,817	0,41	0,41	0,29	0,29	0,58	0,58	0,41
		$\frac{P_s}{P_m}$	3,5	1,75	1,23	1,5	1,5	1,05	1,05	1,05	1,82	1,82	1,5	1,5	1,5	1,5	1,79
		forme du courant															
FER	$\frac{P_p}{P_m}$	2,7	1,23	1,23	1,24	1,24	1,05	1,05	1,05	1,05	1,29	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	
	$\frac{P_t}{P_m}$	3,1	1,5	1,23	1,37	1,37	1,05	1,05	1,05	1,44	1,55	1,29	1,29	1,28	1,28	1,42	
ENTREE ALIMENTEE	forme du courant																
	$\frac{P_a}{P_m}$	2,7	1,23	1,23	1,24	1,23	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	

Fig. 10.1



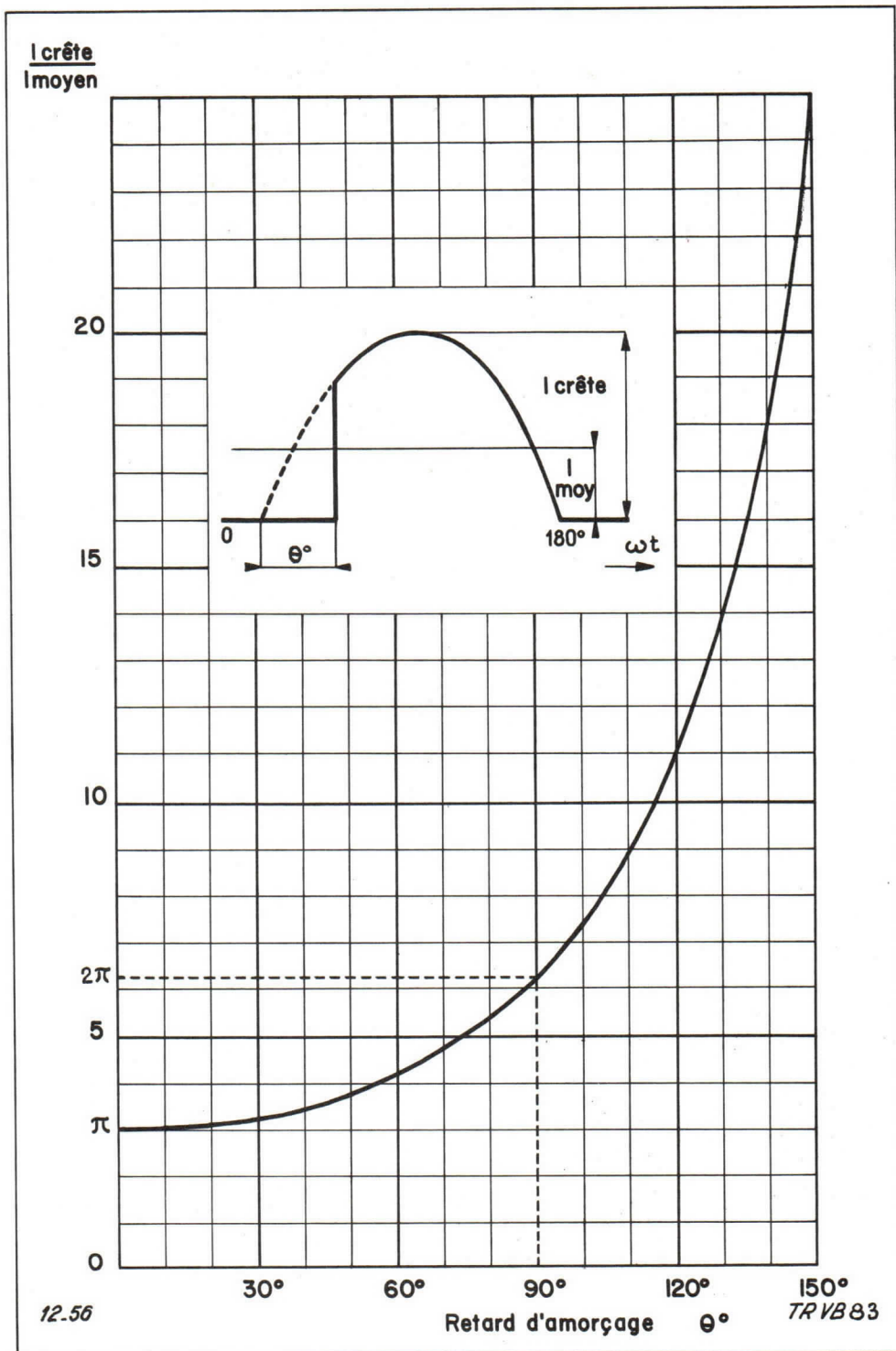


Fig. 10.2

Courbe  $\frac{I_{\text{crête}}}{I_{\text{moyen}}}$  en fonction du retard d'amorçage  $\theta^\circ$  d'un redresseur 1 alternance (onde sinusoïdale).

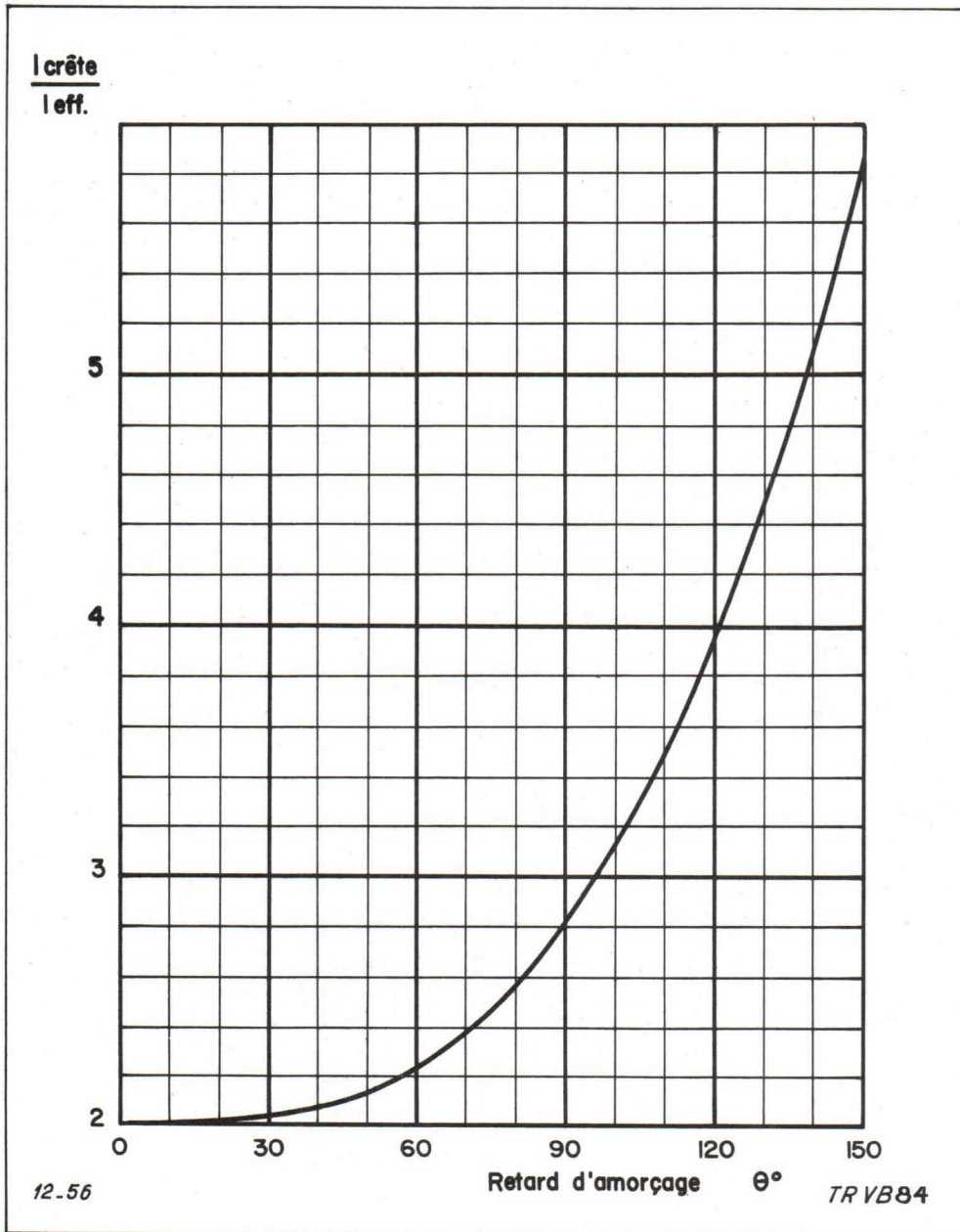


Fig. 10.3

Courbe  $\frac{I_{\text{crête}}}{I_{\text{moy}}}$  en fonction du retard d'amorçage  $\theta^\circ$   
d'un redresseur 1 alternance.

REPERTOIRE DES FIGURES

1 N° de Figure dans le texte	2 Titres	3 Pages
3-1	- Coupe schématique d'un Kénotron à anode en cuivre, à refroidissement par air soufflé et représentation symbolique d'un Kénotron utilisé en Redresseur.	4
3-2	- Exemple de Redresseur à Kénotrons. P = 8,2 kW. U réglable de 0 à 15 000 V. I = 0,55 A maximum. Ondulation résiduelle < 3 %.	6
4-1	- Coupe schématique d'un Phanotron et représentation symbolique d'un Phanotron utilisé en Redresseur.	8
4-2	- Schématisation de la notion "Temps d'Intégration"	11
4-3	- Choix des tubes pour un Redresseur à Phanotrons Réseau monophasé.	14
4-4	- Choix des tubes pour un Redresseur à Phanotrons Réseau triphasé.	15
5-1	- Coupe schématique d'un thyatron bigrille et représentation symbolique d'un thyatron utilisé en Redresseur.	19
5-4-1	- Choix des tubes pour un Redresseur à Thyratrons, Réseau monophasé.	24
5-4-2	- Choix des tubes pour un Redresseur à Thyratrons, Réseau triphasé.	25
5-4.3	- Exemple de Redresseur de 12 kV, 10 A à Thyratrons. - Montage triphasé à 6 tubes en pont de Graëtz - - Commande de grille par tension alternative à phase variable superposée à une tension continue. (Voir Fig. 9-6.2). Blocage des grilles par inversion du signal alternatif de grille. Retour à zéro automatique du déphaseur.	26
5-4.4	- Variante de réalisation du circuit de grilles du Redresseur 12 kW, 10 A. (Fig. 5-4.3). Le blocage se fait par suppression de la composante alternative de grille.	27
5-4.5	- Redresseur monophasé 2 alternances à grilles commandées par réseau déphaseur R.C. - Élément variable R.	27
5-4.6	- Exemple de Redresseur monophasé 2 tubes à tension réglable de 0 à 250 V. Débit maximum 5 A. Réglage par variation de la résistance R du Réseau déphaseur R.C.	27
5-4.7	- Exemple de Redresseur triphasé en pont de Graëtz mixte à Phanotrons et Thyratrons - 12 - KV - 72 kW. - Commande des grilles par tension alternative de phase variable superposée à une tension continue (voir détail SCH 3019).	28

6-3.1	- Coupe schématique d'un ignitron de soudure.	34
6-3.2	- Coupe schématique d'un ignitron redresseur.	34
6-4.1	Contacteur à ignitrons - Montage en parallèle inverse. (Soudeuse électrique). Schéma de principe - Diagramme des courants -	36
6-4.2	- Soudeuse commandée par ignitrons.	36
6-5.2.1	- Courbes de charge (Puissance de soudure maximum en fonction du courant moyen par tube). - Valeurs par tube, dans le cas où l'on utilise deux tubes montés en parallèle inverse.	37
6-5.2.2	- Courbes de charge Intensité efficace au primaire du transformateur de soudure pendant un point de soudure.	38
6-5.2.3	- Courbes de charge du tube TH 7010 (utilisé avec refroidissement par air soufflé). (utilisation sur soudeuse 1 alternance).	39
6-5.2.4	- Ignitron. Temps d'intégration en fonction de la tension anodique. Refroidissement par eau.	39
6-5.2.5	- Courbes de réduction de courant correspondant à la réduction de tension pour les redresseurs triphasés simple ou double alternance, avec retard à l'amorçage.	40
6-7.1	- Coupe schématique d'un thermorégulateur TH 14103.	45
6-7.2	- Ignitron type TH 7030 (TH 7031) muni d'une prise de contrôle de température. Thermorégulateur.	44
7-1	- Base de temps à relaxation.	47
7-2	- Relais à cellule photoélectrique et thyatron (marche-arrêt).	47
7-3	- Commande d'un courant alternatif par variation d'impédance série.	48
7-5	- Régulateur de température.	48
7-6	- Onduleur (inverter) du type série (monophasé 2 tubes).	49
7-7	- Onduleur (inverter) du type parallèle autoexcité.	49
7-8	- Source de puissance alternative variable à partir d'un réseau alternatif monophasé. (Commande par réseau déphaseur R.C. élément variable - R.	50
7-9	- Commande de moteur à courant continu, à partir d'un réseau alternatif.	51
7-10	- Commande de moteur.	52
7-11	- Circuit de commande d'une charge résistive (fours - rampes d'éclairage, etc...).	52
7-12	- Commande d'ignitron redresseur par circuit à décharge de capacité.	53
7-13	- Circuit de commande par thyatron d'un igniteur en dérivation sur l'anode ( montage dit : by-pass).	53
7-14	- Circuit de commande en impulsions (magnétiques) d'un redresseur à ignitron.	53
7-15	- Commande de soudeuse par thyatron.	54
7-16	- Artifice permettant de couper un courant continu par un thyatron.	54
8-2.1	- Contrôle électrique sommaire d'un ignitron.	54
9-1.1	- Courbe représentant le courant $i_p$ en fonction de la tension $U_p$ dans un tube à vide, à filament de tungstène pur.	65

9-1.2.1	- Courbe de répartition schématique du potentiel dans un tube diode à vide dont le filament est éteint.	65
9-1.2.2	- Répartition schématique des potentiels dans un tube en présence de la charge d'espace négative.	66
9-1.2.3	- Répartition schématique des potentiels dans un tube diode ionique.	66
9-1.2.4	- Influence de la pression sur la courbe $i_p(U_p)$ dans une diode "à vide" en présence de gaz.	66
9-1.2.5	- Caractéristique $i_p(U_p)$ d'une diode ionique (phanotron) à cathode chaude.	67
9-1.5.1	- Courbe de pression de vapeur de mercure en fonction de la température.	67
9-1.6.1	- Courbe de répartition des potentiels dans le cas d'une diode à cathode liquide de mercure.	68
9-1.6.2	- Influence de la température sur la courbe de chute de tension dans un arc à l'intérieur d'un tube redresseur à vapeur de mercure à cathode à cathode liquide.	68
9-2.1	- Répartition schématique des potentiels dans une triode à vide, dont la grille est portée à un potentiel négatif (polarisation) de $U_g$ Volts.	69
9-2.2.1	- Comportement d'une triode à vide en présence de traces de gaz. Grille légèrement négative.	69
9-2.2.2	- Courants d'anode et de grille en fonction du potentiel de grille dans un tube triode à vide imparfait.	69
9-2.2.3	- Variation des courants d'anode et de grille avec la pression.	70
9-3.1.1	- Montage du thyatron avec une source de polarisation $e^v$ , de résistance interne $r$ et avec une résistance de grille $R$ .	70
9-3.1.2	- Courant grille $i_g$ avant l'amorçage en fonction de la tension grille $U_g$ , pour des tensions $U_p$ différentes d'anode.	71
9-3.1.3	- Répartition des potentiels dans une triode à gaz. (Thyatron) avant et après amorçage.	71
9-3.2.1	- Courbes de courant grille $i_g$ en fonction de la tension grille $U_g$ dans un thyatron après amorçage et pour des débits anodiques $i_p$ différents.	72
9-3.2-2	- Principe de la commande des thyatrons en impulsions.	72
9-3.2-3	- Détermination de la résistance $R_g$ minimum de grille admissible pour un tube TH 6220 A, commandé en impulsions.	72
9-3.3.1	- Répartition des potentiels dans un thyatron : 1 - Tenue en tension inverse. 2 - Tenue en tension directe, grille négative? 3 - Débit normal.	73
9-4.4.1	- Diviseur de tension résistif compensé.	74
9-4.5.1	- Amélioration du facteur de commutation dans le cas d'un redresseur monophasé 2 alternances, chargé par un circuit fortement inductif.	75
9-4.6	- Chute de tension dans un thyatron à vapeur de mercure en fonction de l'intensité pour différentes températures du point froid.	75

9-5	- Construction graphique de la courbe critique d'amorçage de grille. (c.c.g.)	76
9-5.1.1.	- Allure des courbes critiques de grille (c.c.g.) des thyratrons. a) pour un tube à caractéristique négative de grille. b) pour un tube à caractéristique positive de grille.	76
9-5.2.1.1	- Commande de l'amorçage par variation de la tension continue de polarisation de grille (blocage) Schéma, diagramme de fonctionnement et courbe d'amplitude de réglage.	77
9-5.2.1.2	- Commandes de thyatron par "tout ou rien" ou "marche-arrêt".	78
9-5.2.2	- Commande de grille par une tension alternative de grille déphasée par rapport à la tension d'anode.	79
9-5.2.3	- Commande de grille par variation de l'amplitude et du signe de la tension continue de polarisation (blocage) $e_p$ superposée à une tension alternative $e \sin t + \frac{\pi}{2}$ (déphasée de $\frac{\pi}{2}$ en retard sur la tension d'anode). - Diagramme des tensions et courants, schéma théorique de montage et amplitude de la commande.	79
9-5.2.5	- Diagramme des tensions et du courant lors d'une commande de grille en impulsions.	80
9-5.2.6	- Commande de grille par tensions continue superposée à une tension alternative de phase réglable. Diagrammes des tensions et courants pour différents déphasages, schéma théorique et amplitude de réglage en fonction de l'angle de retard d'amorçage.	80
9-5.2.7	- Commande de grille par réseau déphaseur - Cas général. Schéma théorique et diagramme vectoriel des tensions et courants.	81

Exemple de réalisations pratiques de quelques circuits  
de commande de grille

9-6.1	- Commande par tension alternative déphasable superposée à une tension continue.	82
9-6.2	- Commande par tension alternative déphasable, superposée à une tension continue de polarisation.	82
9-6.3	- Commande par tension alternative déphasable superposée à une tension continue.	82
9-6.4	- Exemple de redresseur commandé par réseau déphaseur. l'élément variable est une résistance.	82
9-7.1	- Formes d'onde dans un redresseur à thyratrons (montage triphasé).	83
9-7.2	- Allure des oscillations H.F. dans un redresseur triphasé à amorçage retardé.	84
9-7.3	- Amplitude du fondamental de l'ondulation en fonction de la réduction de tension par déphasage de grilles pour différents montages de redresseurs à thyratrons.	84
9-7.4	- Formes d'ondes de tension redressée dans un redresseur hexaphasé débitant sur une charge résistante et inductive, pour différents angles de retard d'amorçage.	84
9-7.5	- Circuits amortisseurs pour un redresseur triphasé.	85
9-8.1	- Mesure de la chute de tension moyenne par la méthode du Wattmètre.	85
9-8.2	- Montage pour la mesure oscilloscopique de la chute de tension d'un tube ionique en présence de la tension inverse.	86
9-8.3	- Mesure de la chute de tension d'un tube ionique par alimentation sans tension inverse.	86
10-1	- Tableau des relations entre diverses grandeurs des différents redresseurs.	87
10-2	- Courbe $\frac{I_{\text{crête}}}{I_{\text{moyen}}}$ en fonction du retard d'amorçage $0^\circ$ d'un redresseur 1 alternance (onde sinusoïdale).	88
10-3	- Courbe $\frac{I_{\text{crête}}}{I_{\text{eff}}}$ en fonction du retard d'amorçage $0^\circ$ d'un redresseur 1 alternance.	89

## Bibliographie

### Ouvrages en français

- 1 - Les redresseurs en simple alternance - par J. LEGORGUILLIER -  
Collection Technique et Scientifique du CNET - Editions Eyrolles,  
61, Bld. St.- Germain, Paris VI° - 1953.
- 2 - Les redresseurs de courant dans l'Industrie - du même auteur -  
Eyrolles.
- 3 - Les circuits de contrôle Electronique dans l'Industrie - par  
W.D. COCKRELL (Industrial Electronic Control - Mac Graw Hill)  
traduit par G. HENRI-BEZY - Dunod 1953.
- 4 - Elements d'Electronique Industrielle - par Roger BOLANT -  
Editions SEMMO, 2bis, rue de la Baume, Paris VIII°.
- 5 - Electronique Industrielle - par G. GOUDET - Eyrolles.
- 6 - L'Electronique dans l'industrie - par G. CHUTE (Mac Graw Hill)  
traduit par MAMONTOFF - Dunod 1948.

### Articles de Revues Françaises

- 7 - Utilisation des redresseurs à thyratrons dans les Emetteurs  
de Radiodiffusion - par Ch. Wait - dans la Revue C.F.T.H.  
n° 17. Juillet 1952.
- 8 - Les cathodes pour thyratrons à hydrogène - par P. LEDUC -  
C.R. du Congrès Hyperfréquences 1956 - dans "LE VIDE" n° 523.
- 9 - Thyratrons à hydrogène - par M. CHANTEREAU et M. LEDUC -  
Revue C.F.T.H. n° 22.



Ouvrages étrangers

- 10 - Applied Electronics - by Truman S. GRAY.
- 11 - Electronics - by Jacob MILLMAN and Samuel SEELY - Mac Graw Hill Book Company 1941.
- 12 - Industrial Electronics Reference Book - Westinghouse Electric Corporation - John Wilby and Chapman and Hall 1948.
- 13 - The Industrial Applications of gas filled triodes - by R.C. WALKER - Chapman and Hall 1950.
- 14 - Electronic Control of Resistance Welding - by George M. CHUTE Mac GRAW-HILL Book Company.
- 15 - Electron tubes in Industry - by K. HENNEY - Mac Graw Hill Book Company 1937.
- 16 - OSNOVY PROMYCHLENOY ELEKTRONIKI (Les bases de l'électronique industrielle) Tome 2 (Les transformateurs électroniques et ioniques) - par I.L. KAGANOV - Editions de l'Energétique de l'Etat Soviétique. (GOSENERGOTZDOT) Moscou 1955. Ouvrage en Russe.

Articles de Revues Etrangères

- 17 - Thyatron Grid Circuit Design (Etude de circuit grille pour thyratrons) - par James BURNETT - Electronics de Mars 1951.
- 18 - Circuit Cushioning of gas filled grid controled rectifiers (amortissement des circuits des redresseurs ioniques à grille commandée) - "Transactions of AIEE" vol. 65. Oct.1956 (p. 640 à 656).
- 19 - Measurement of arc voltage drop in mercury rectifier (Mesure de la chute de tension interne dans un redresseur à vapeur de mercure) - par G. RATCLIFF et R.G. ISAACS - Electronic Engineering de Juin 1951.



KENOTRONS

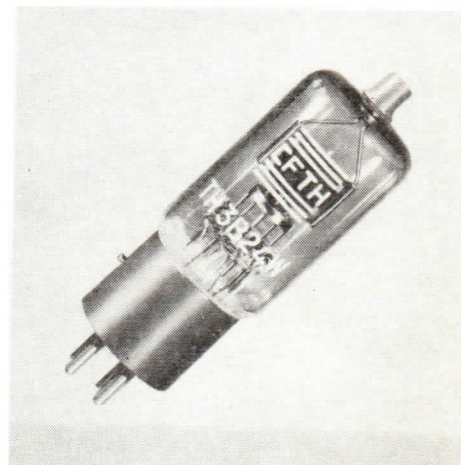
KENOTRON TH 3 B 24 W

Le tube TH 3 B 24 W est une valve à vide poussé, à refroidissement naturel, utilisable dans les redresseurs mono ou polyphasés, les multiplicateurs de tension ou les générateurs d'impulsions de puissance.

Ce tube peut supporter une tension inverse de 20 kV et débiter un courant moyen de 60 mA sans limitation particulière de température ambiante ni de fréquence de fonctionnement.

Sa cathode est à chauffage rapide et possède un point milieu permettant l'alimentation d'une seule moitié de la cathode pour un débit réduit.

Son anode peut dissiper une puissance de 50 W.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Electriques

Nature de la cathode . . . . .	tungstène thorié	
Mode de chauffage . . . . .	direct	
Tension de chauffage (1) . . . . .	2,5	5,0 V $\pm 5\%$
Courant de chauffage, environ . . . . .	3	3 A
Temps minimum de préchauffage . . . . .	2	s
Capacité cathode - anode approximative . . . . .	1,7	pF

Mécaniques

Culot . . . . .	CODE UTE 4 C 17 B
Position de fonctionnement . . . . .	verticale, culot en bas ou en haut
Refroidissement de l'anode . . . . .	par rayonnement
Refroidissement du ballon . . . . .	par convection
Température maximum du ballon . . . . .	200 °C
Poids net approximatif . . . . .	60 g
Dimensions . . . . .	voir dessin

Accessoire

Support . . . . .	référence TH 16 006
-------------------	---------------------

(1) Le filament comporte deux éléments, dont l'un peut être utilisé seul si l'on désire un débit anodique faible.

Pour cela, une tension de 2,5 V est appliquée entre l'une des broches filament et la broche "point milieu filament". Les deux éléments du filament ne doivent jamais être connectés en parallèle.

Annule et remplace la Notice TE 148 B de Mars 1958

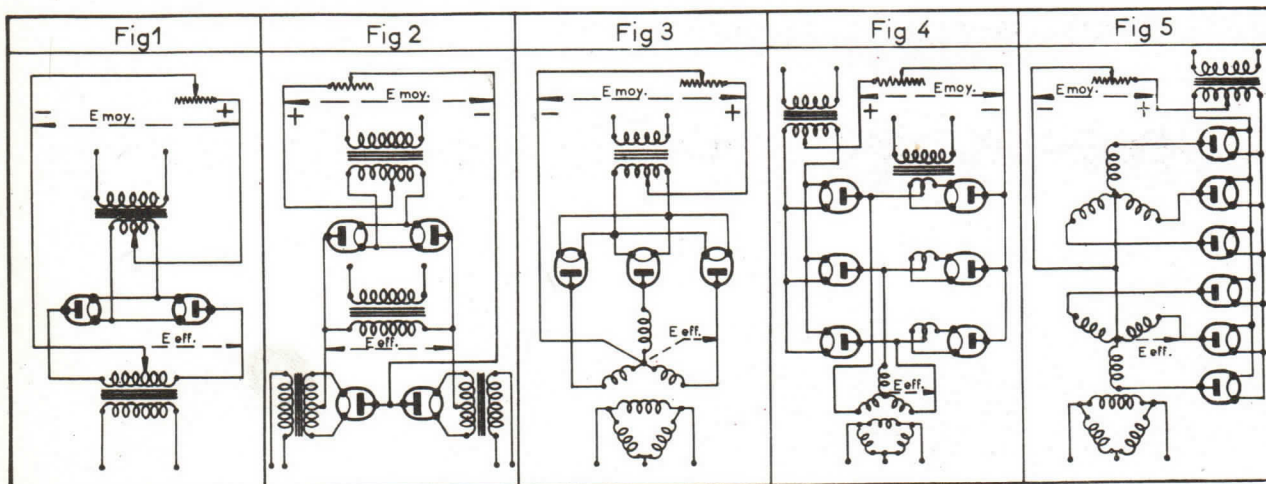
## CONDITIONS D'EMPLOI

### Valeurs limites d'utilisation

Tension de chauffage . . . . .	2,5	5,0	V $\pm 5\%$
Tension anodique de crête inverse . . . . .	20	20	kV
Courant cathodique de crête . . . . .	150	300	mA
Courant cathodique moyen en monophasé . . . . .	30	60	mA
Puissance dissipable sur l'anode (2) . . . . .	50	50	W

### Exemples de fonctionnement en redresseur (3)

Fig	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en kV	Tension moyenne de sortie avant filtrage en kV	Courant moyen de sortie ( $V_f = 5V$ ) en mA
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	7,0	6,3	120
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graëtz)	14,1	12,7	120
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	8,1	9,5	165
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graëtz)	8,1	19,0	165
5	Hexaphasé 6 tubes (montage en double étoile, sans self)	8,1	9,5	250



(2) A cette dissipation, l'anode fonctionne au rouge. Ceci est sans inconvénient pour la vie du tube si les conditions de ventilation sont correctement remplies.

(3) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube. Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

- Source d'alimentation sinusoïdale.
- Tension équilibrée sur les bras du transformateur HT.
- Chute de tension interne nulle dans les tubes.
- Charge du circuit purement ohmique.
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.

**CONSIGNES D'UTILISATION**

MONTAGE DU TUBE

La disposition du tube doit être telle qu'une libre circulation d'air puisse s'effectuer par tirage naturel autour du ballon. Par exemple, il est recommandé de respecter entre les tubes des distances au moins égales à leur diamètre.

La présence de conducteurs à potentiel élevé est à proscrire au voisinage immédiat du ballon.

Afin d'éviter des contraintes mécaniques dangereuses la connexion d'anode doit être flexible et non tendue et il est recommandé de soustraire le tube aux fortes vibrations.

CIRCUIT DE CHARGE

Le retour du circuit anodique doit se faire par le point milieu du filament ou, à défaut, par le point milieu du transformateur de chauffage. La présence d'un filtre est favorable au fonctionnement du tube, en particulier dans les montages en pont monophasé et en valve triphasé. Dans un tel cas, le filtre doit comporter une self de choc pour limiter la pointe de courant. Cependant, pour obtenir une haute tension sous un courant nettement inférieur à la valeur maximum, il peut être intéressant de monter un condensateur directement à la sortie du redresseur.

RAYONNEMENT X

Les kénotrons émettent des rayons X dont la pénétration devient dangereuse pour des tensions anodiques élevées.

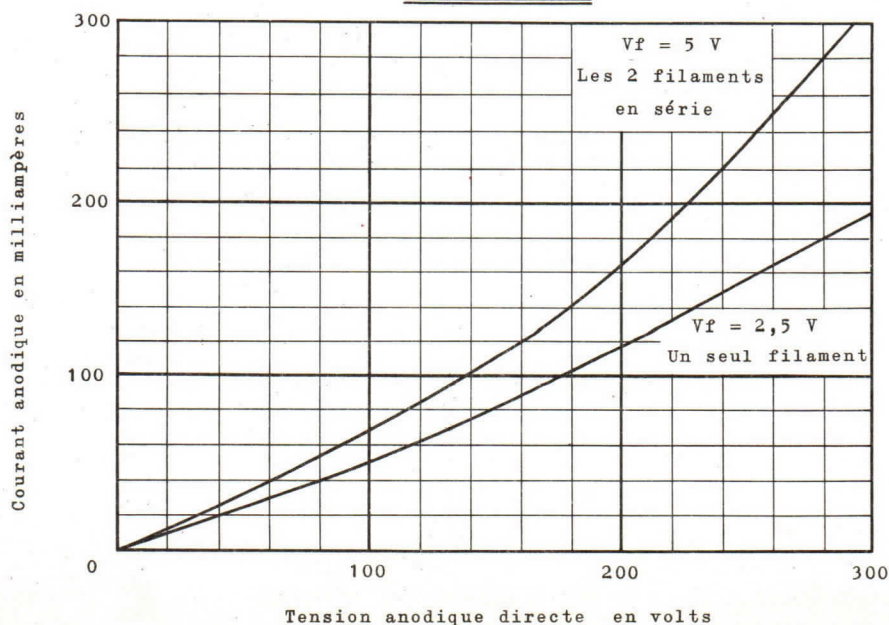
Des précautions convenables doivent éventuellement être prises pour protéger le personnel (voir, par exemple, publication UTE : C15-160 du 10.10.56).

UTILISATION

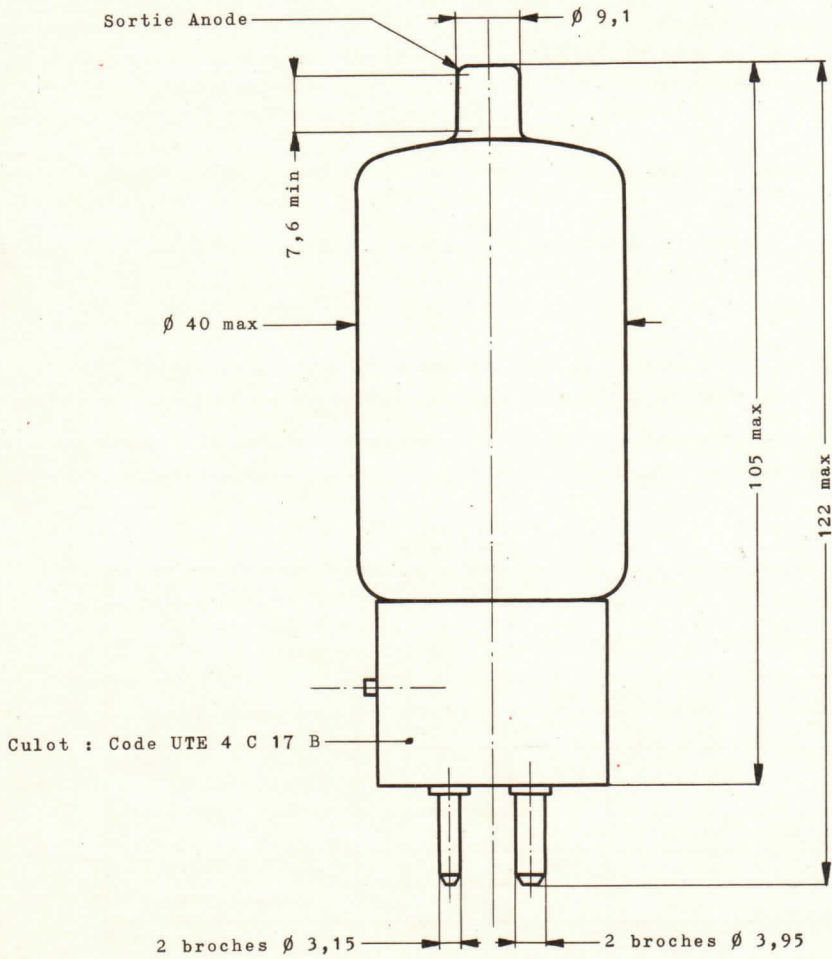
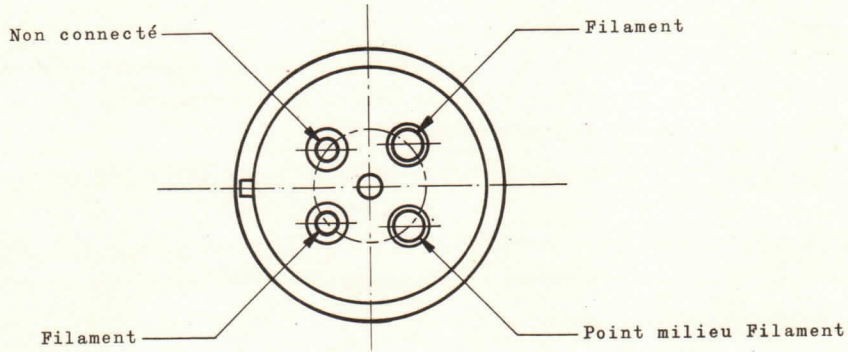
La tension filament, mesurée aux broches mêmes du tube, doit rester dans les tolérances indiquées, sous peine de mauvais fonctionnement et de diminution de la durée de vie du tube.

Il faut également vérifier que le courant anodique moyen et la tension anodique de crête sont bien inférieurs aux valeurs limites précisées pour le type de fonctionnement adopté.

CARACTERISTIQUE



# TH 3 B 24 W



Toutes les cotes sont données en millimètres

# KENOTRON THX80

Le tube TH X 80 est une valve à vide poussé, à refroidissement par ventilation naturelle ou forcée, utilisable dans les redresseurs mono ou polyphasés, les multiplicateurs de tension ou les générateurs d'impulsions à grande puissance. Contrairement aux valves à atmosphère gazeuse, il est susceptible de supporter des tensions inverses élevées sans limitation particulière de température ambiante, ni de fréquence de fonctionnement.

Sa cathode, à chauffage rapide, peut débiter des courants crête importants et son anode peut dissiper une puissance de 400 W. Son encombrement, réduit au minimum, nécessite une ventilation forcée du ballon pour le fonctionnement à pleine charge.

## CARACTERISTIQUES GENERALES

### Electriques

Nature de la cathode .....	tungstène thorié
Mode de chauffage .....	direct
▶ Tension de chauffage .....	11,2 V $\pm$ 5 %
Courant de chauffage (environ) .....	15,5 A
▶ Capacité cathode-anode approximative .....	4 pF
(collerette du culot connectée à la cathode)	

### Mécaniques

▶ Culot .....	4 broches super Jumbo avec baïonnette
Position de fonctionnement .....	verticale, culot en bas ou en haut
Refroidissement de l'anode .....	par rayonnement
Température maximum du ballon .....	200 °C
Température maximum des sorties d'électrodes .....	180 °C
Refroidissement du ballon jusqu'à 240 W dissipés ....	par convection (1)
Refroidissement du ballon de 240 à 400 W dissipés ...	par ventilation forcée
Débit de l'air de refroidissement .....	85 m <sup>3</sup> /h
Poids net approximatif .....	400 g
Dimensions d'encombrement .....	voir dessin annexé

(1) Une libre circulation d'air doit être prévue autour du ballon et ce dernier maintenu en bon état de propreté.

▶ Modification apportée à la NOTICE : TE 197 de MAI 1954 remplacée par la présente.

# CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

## KENOTRON THX80

► Accessoires

Support ..... référence C.F.T.H. 16.030  
 Radiateur d'anode (2) ..... référence C.F.T.H. 12.015

CONDITIONS D'EMPLOIVALEURS LIMITES D'UTILISATION

Tension anodique de crête inverse .....	40	kV	
Courant cathodique de crête .....	4	A	
► Courant cathodique moyen .....	0,4	A	
Dissipation anodique :			
Sans ventilation .....	240	W	
Avec ventilation .....	400	W	(3)

(2) La connexion d'anode doit être flexible et non tendue, afin d'éviter toute contrainte mécanique sur le scellement métal/verre.

(3) A cette dissipation, l'anode fonctionne au rouge. Ceci est sans inconvénient pour la vie du tube si les conditions de ventilation sont correctement remplies.

► Modification apportée à la NOTICE : TE 197 de MAI 1954 remplacée par la présente.

---



---

**CFTH**


---



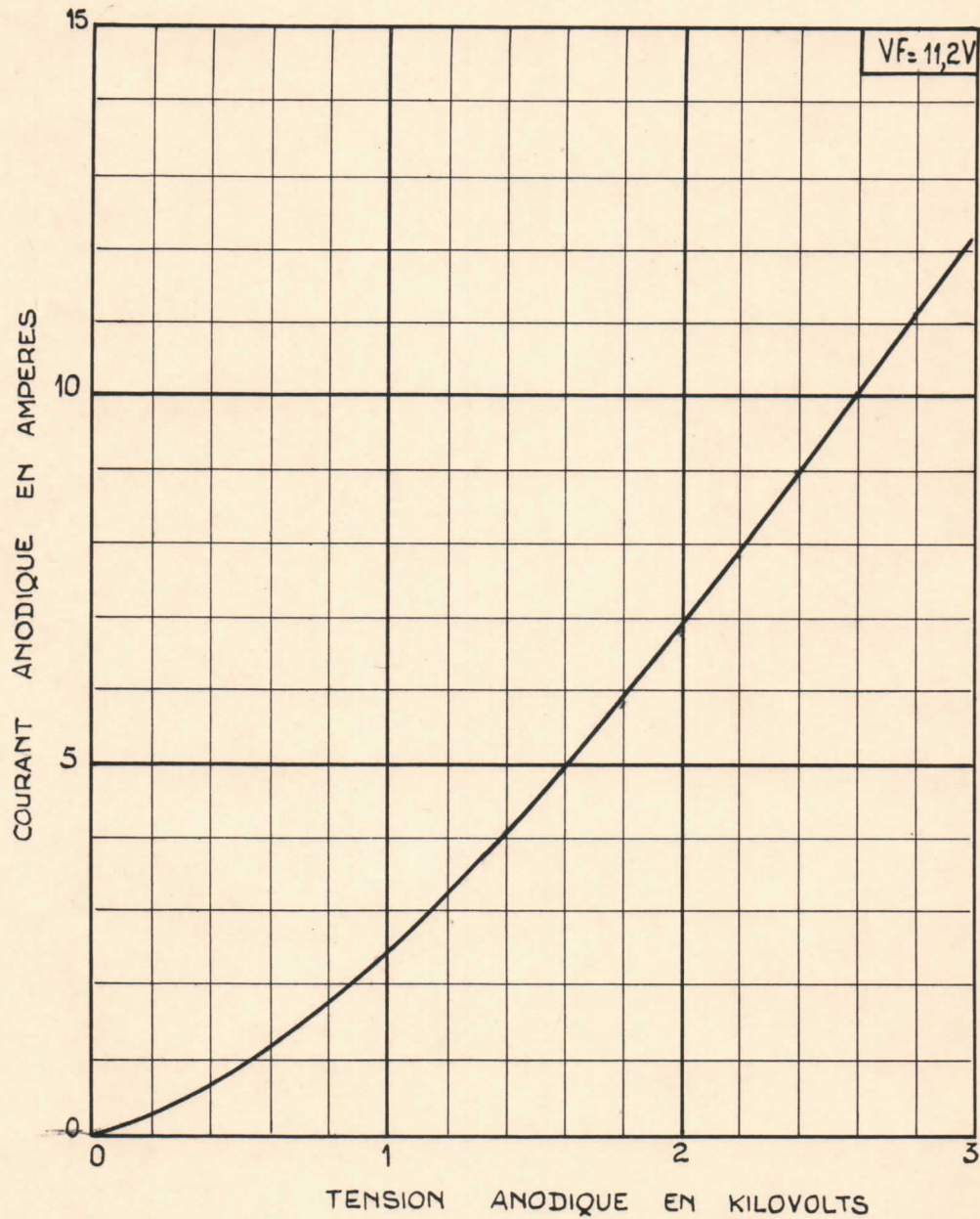
---

**COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON**  
 GROUPE ÉLECTRONIQUE



## KENOTRON THX80

CARACTERISTIQUE DIODE

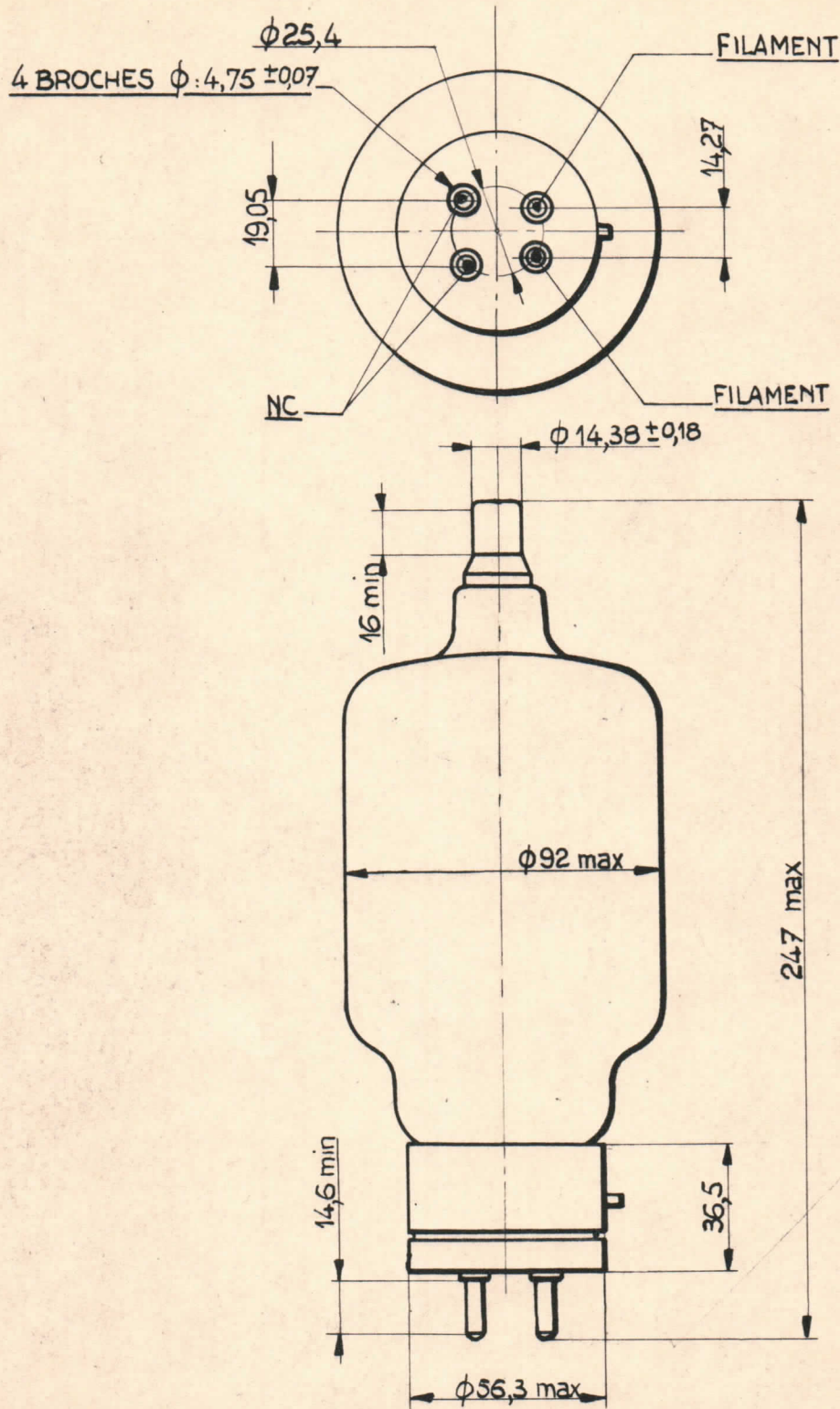


► Modification apportée à la NOTICE : TE 197 de MAI 1954 remplacée par la présente.

**CFTH**

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# KENOTRON THX80



► Modification apportée à la NOTICE : TE 197 de MAI 1954 remplacée par la présente.

## CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
 GROUPE ÉLECTRONIQUE

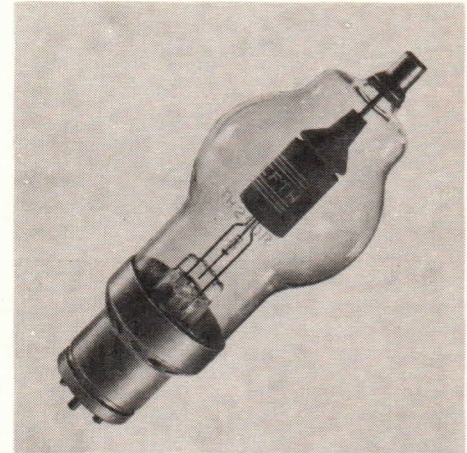
# KENOTRON

## KENOTRON TH 250 R

Le tube TH 250 R est une valve à vide poussé, à refroidissement naturel, utilisable dans les redresseurs mono ou polyphasés, les multiplicateurs de tension ou les générateurs d'impulsions de puissance.

Ce tube possède une cathode à chauffage rapide. Il peut supporter une tension inverse de 50 kV et débiter un courant moyen de 250 mA sans limitation particulière de température ambiante ni de fréquence de fonctionnement.

Son anode peut dissiper une puissance de 150 W.



## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

### Electriques

Nature de la cathode . . . . .	tungstène thorié
Mode de chauffage . . . . .	direct
Tension de chauffage . . . . .	5,0 V $\pm 5\%$
Courant de chauffage, environ . . . . .	10,5 A
Temps minimum de préchauffage . . . . .	20 s
Capacité cathode-anode approximative . . . . .	2 pF

### Mécaniques

Culot . . . . .	Code UTE 4 A 24
Position de fonctionnement . . . . .	verticale, culot en bas ou en haut
Refroidissement de l'anode . . . . .	par rayonnement
Refroidissement du ballon . . . . .	par convection
Température maximum du ballon . . . . .	225 °C
Poids net approximatif . . . . .	0,28 kg
Dimensions . . . . .	voir dessin

### Accessoires

Support . . . . .	référence TH 16 012
Radiateur d'anode . . . . .	référence TH 13 308

Annule et remplace la Notice TE 149 A de Mars 1958



**CONSIGNES D'UTILISATION**

MONTAGE DU TUBE

La disposition du tube doit être telle qu'une libre circulation d'air puisse s'effectuer par tirage naturel autour du ballon. Par exemple, il est recommandé de respecter entre les tubes des distances au moins égales à leur diamètre.

La présence de conducteurs à potentiel élevé est à proscrire au voisinage immédiat du ballon.

Afin d'éviter des contraintes mécaniques dangereuses la connexion d'anode doit être flexible et non tendue et il est recommandé de soustraire le tube aux fortes vibrations.

CIRCUIT DE CHARGE

Le retour du circuit anodique doit se faire par le point milieu du transformateur de chauffage. La présence d'un filtre est favorable au fonctionnement du tube, en particulier dans les montages en pont monophasé et en valve triphasé. Dans un tel cas, le filtre doit comporter une self de choc pour limiter la pointe de courant. Cependant, pour obtenir une haute tension sous un courant nettement inférieur à la valeur maximum, il peut être intéressant de monter un condensateur directement à la sortie du redresseur.

RAYONNEMENT X

Les kénotrons émettent des rayons X dont la pénétration devient dangereuse pour des tensions anodiques élevées.

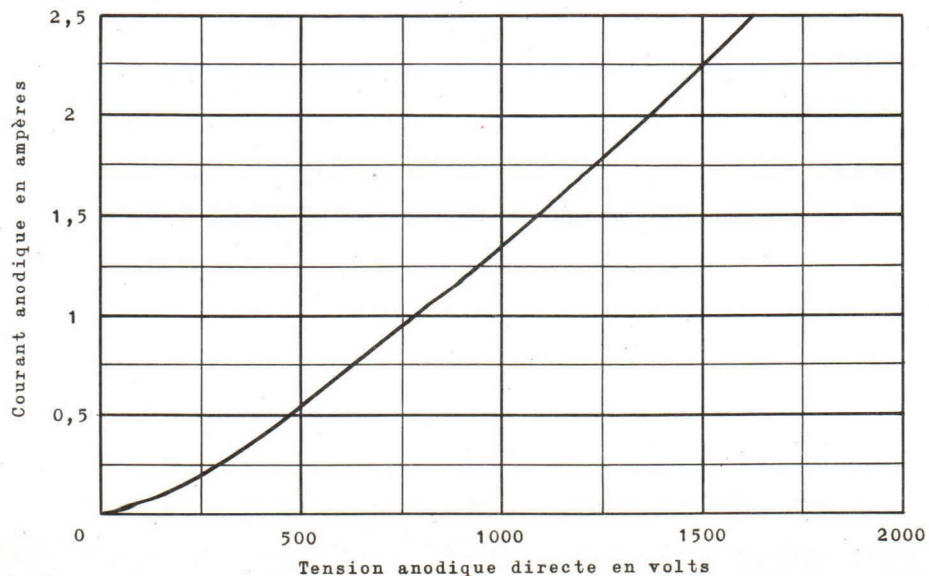
Des précautions convenables doivent éventuellement être prises pour protéger le personnel (voir, par exemple, publication UTE : C15-160 du 10.10.56).

UTILISATION

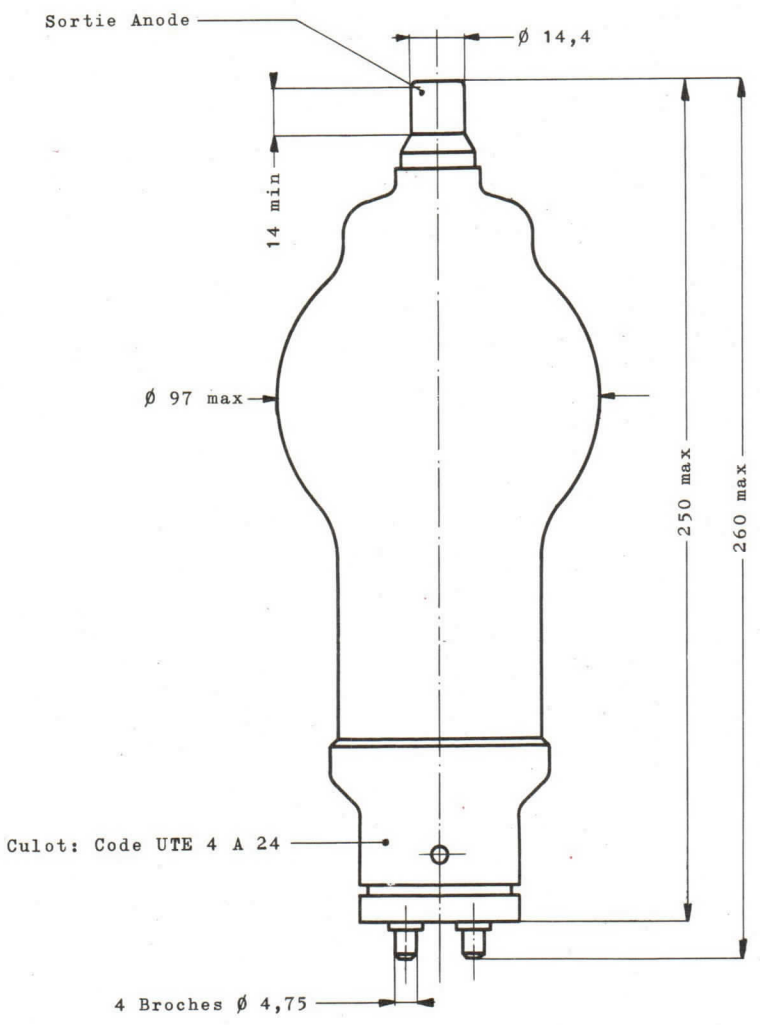
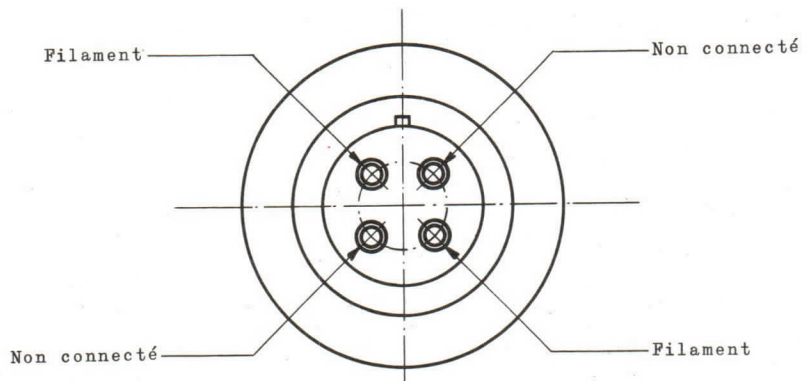
La tension filament, mesurée aux broches mêmes du tube, doit rester dans les tolérances indiquées, sous peine de mauvais fonctionnement et de diminution de la durée de vie du tube.

Il faut également vérifier que le courant anodique moyen et la tension anodique de crête sont bien inférieurs aux valeurs limites précisées pour le type de fonctionnement adopté.

CARACTERISTIQUE



# TH 250 R



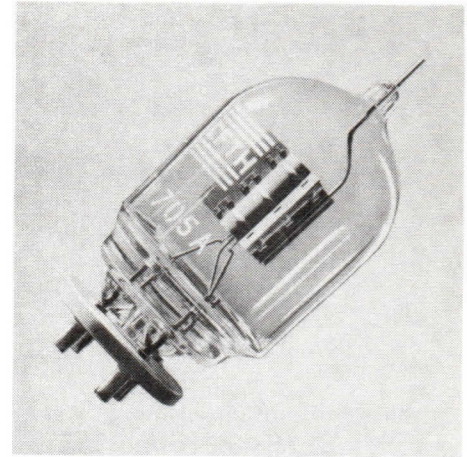
Toutes les cotes sont données en millimètres

**KENOTRON TH 705 A**

Le tube TH 705 A est une valve à vide poussé, à refroidissement naturel, utilisable dans les redresseurs mono ou polyphasés, les multiplicateurs de tension ou les générateurs d'impulsions de puissance.

Ce tube possède une cathode à chauffage rapide. Il peut supporter une tension inverse de 30 kV et débiter un courant moyen de 150 mA sans limitation particulière de température ambiante ni de fréquence de fonctionnement.

Son anode peut dissiper une puissance de 60 W.



**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES**

**Electriques**

Nature de la cathode . . . . .	tungstène thorié
Mode de chauffage . . . . .	direct
Tension de chauffage . . . . .	5,0 V $\pm 5\%$
Courant de chauffage, environ . . . . .	5 A
Temps minimum de préchauffage . . . . .	20 s
Capacité cathode - anode approximative . . . . .	2 pF

**Mécaniques**

Culot . . . . .	Code UTE 4B25
Position de fonctionnement . . . . .	verticale, culot en bas ou en haut
Refroidissement de l'anode . . . . .	par rayonnement
Refroidissement du ballon . . . . .	par convection
Température maximum du ballon . . . . .	200 °C
Poids net approximatif . . . . .	100 g
Dimensions . . . . .	voir dessin

**Accessoires**

Support . . . . .	référence TH 16 041
Radiateur d'anode . . . . .	référence TH 13 516

Annule et remplace la Notice TE 150 C de Mars 1958

**CONDITIONS D'EMPLOI**

**Valeurs limites d'utilisation**

REDRESSEUR

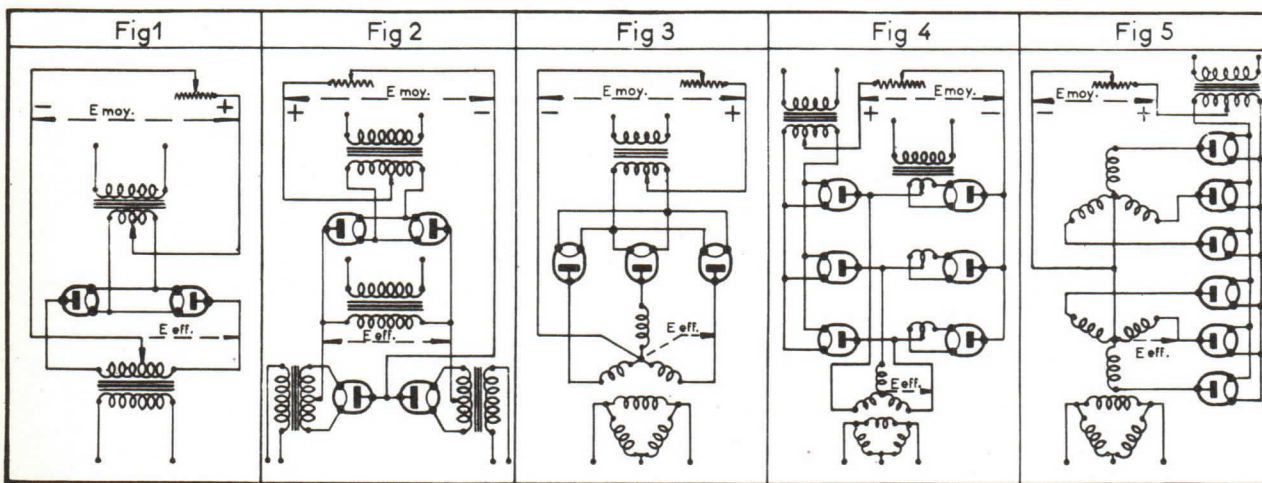
Tension de chauffage . . . . .	5,0	5,0	V $\pm 5\%$
Tension anodique de crête inverse . . . . .	30	15	kV
Courant anodique de crête . . . . .	400	600	mA
Courant anodique moyen en monophasé . . . . .	100	150	mA
Puissance dissipable sur l'anode . . . . .	60	60	W

DIODE DE CRETE

Tension de chauffage . . . . .	5,5	V $\pm 5\%$
Tension anodique de crête: directe . . . . .	10	kV
inverse . . . . .	30	kV
Puissance dissipable sur l'anode (1) . . . . .	75	W

**Exemples de fonctionnement en redresseur (2)**

Fig	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en kV	Tension moyenne de sortie avant filtrage en kV	Courant moyen de sortie en mA
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	10,6	9,5	200
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graetz)	21,2	19	200
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	12,2	14,3	270
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graetz)	12,2	28,6	270
5	Hexaphasé (montage en double étoile, sans self)	12,2	14,3	380



- (1) A cette dissipation, l'anode fonctionne au rouge. Ceci est sans inconvénient pour la vie du tube si les conditions de ventilation sont correctement remplies.
- (2) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube (pour la tension anodique de crête de 30 kV). Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :
- Source d'alimentation sinusoïdale.
  - Tension équilibrée sur les bras du transformateur H.T.
  - Chute de tension interne nulle dans les tubes.
  - Charge du circuit purement ohmique.
  - Pas de capacité à l'entrée du filtre.



**CONSIGNES D'UTILISATION**

MONTAGE DU TUBE

La disposition du tube doit être telle qu'une libre circulation d'air puisse s'effectuer par tirage naturel autour du ballon. Par exemple, il est recommandé de respecter entre les tubes des distances au moins égales à leur diamètre.

La présence de conducteurs à potentiel élevé est à proscrire au voisinage immédiat du ballon.

Afin d'éviter des contraintes mécaniques dangereuses la connexion d'anode doit être flexible et non tendue et il est recommandé de soustraire le tube aux fortes vibrations.

CIRCUIT DE CHARGE

Le retour du circuit anodique doit se faire par le point milieu du filament et la broche non connectée doit être reliée à une extrémité du filament. La présence d'un filtre est favorable au fonctionnement du tube, en particulier dans les montages en pont monophasé et en valve triphasé. Dans un tel cas, le filtre doit comporter une self de choc pour limiter la pointe de courant. Cependant, pour obtenir une haute tension sous un courant nettement inférieur à la valeur maximum, il peut être intéressant de monter un condensateur directement à la sortie du redresseur.

RAYONNEMENT X

Les kénotrons émettent des rayons X dont la pénétration devient dangereuse pour des tensions anodiques élevées.

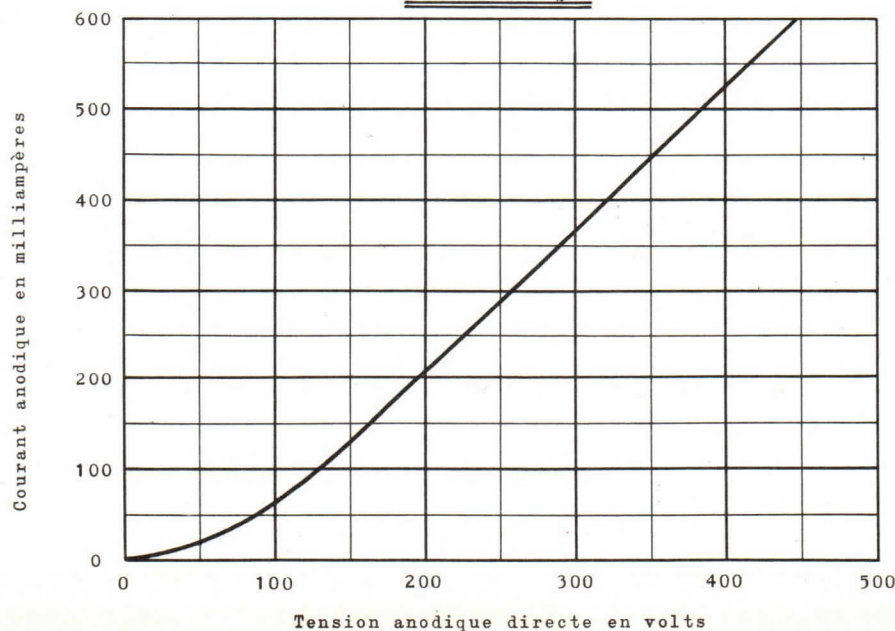
Des précautions convenables doivent éventuellement être prises pour protéger le personnel (voir, par exemple, publication UTE : C15-160 du 10.10.56).

UTILISATION

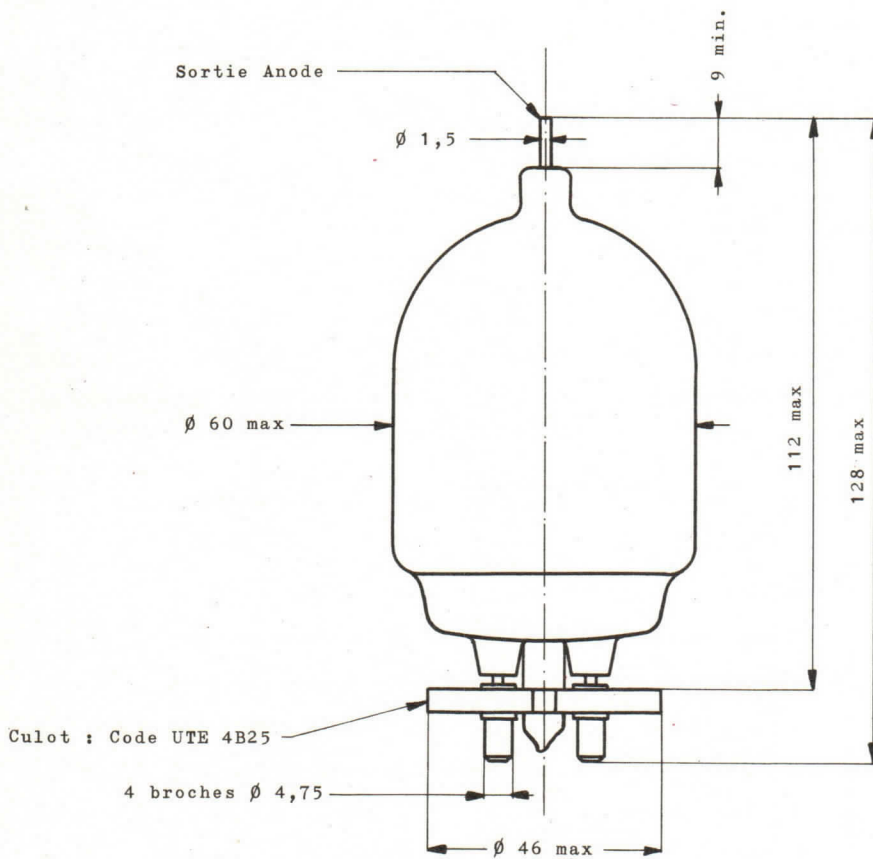
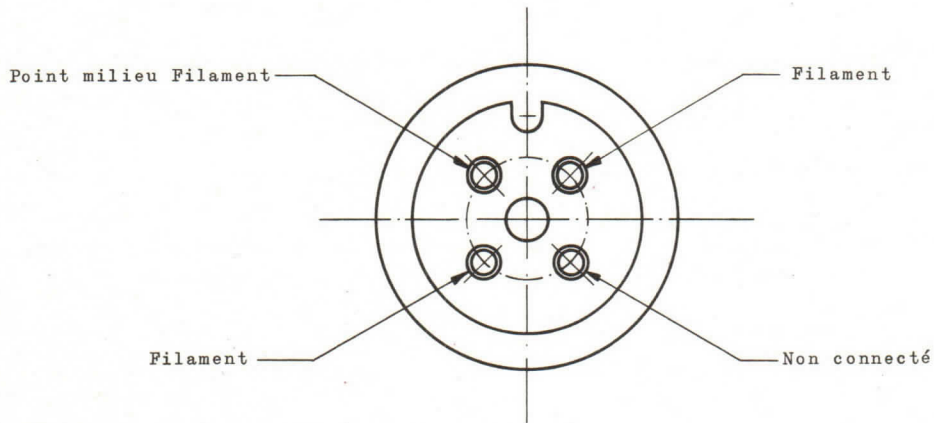
La tension filament, mesurée aux broches mêmes du tube, doit rester dans les tolérances indiquées, sous peine de mauvais fonctionnement et de diminution de la durée de vie du tube.

Il faut également vérifier que le courant anodique moyen et la tension anodique de crête sont bien inférieurs aux valeurs limites précisées pour le type de fonctionnement adopté.

CARACTERISTIQUE



# TH 705 A



Toutes les cotes sont données en millimètres

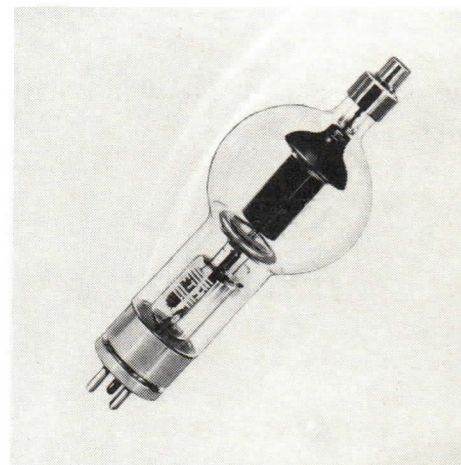


PHANOTRONS

PHANOTRONS TH 5040 - TH 5042

Les tubes TH 5040 et TH 5042 sont des phanotrons à atmosphère de vapeur de mercure. Ils peuvent supporter une tension inverse de 20 kV et débiter un courant moyen de 2,5 A

Les phanotrons TH 5040 et TH 5042 conviennent spécialement aux redresseurs de puissance alimentant les émetteurs de radiodiffusion ou les générateurs industriels de haute fréquence.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Electriques

Nature de la cathode	_____	oxydes
Mode de chauffage	_____	direct
Tension de chauffage	_____	5 V ± 5 %
Courant de chauffage, environ	_____	19 A
Temps minimum de préchauffage de la cathode (1)	_____	1 mn
Capacité anode-cathode approximative	_____	4 pF
Chute de tension interne, environ	_____	15 V
Temps d'ionisation, environ	_____	10 μs
Temps de désionisation, environ	_____	1 000 μs

Mécaniques

Culot	{ TH 5040 _____ TH 5042 _____	spécial code USA A3-20
Position de fonctionnement	_____	verticale, culot en bas
Mode de refroidissement	_____	par convection ou par air soufflé
Élévation de température du mercure condensé au-dessus de l'ambiante :		
à pleine charge, environ	_____	20 °C
sans charge, environ	_____	15 °C
Poids net approximatif	_____	0,6 kg
Dimensions	_____	voir dessins

Accessoires pour TH 5040

Support	_____	référence TH 16013
Connexion d'anode	_____	référence TH 13306
Chemise de canalisation d'air	_____	référence TH 14501

(1) Temps nécessaire pour porter la cathode à sa température de régime sans tenir compte de la température du mercure condensé.

Pour le temps de préchauffage du tube, voir pages 4 et 6.

## CONDITIONS D'EMPLOI

### Valeurs limites d'utilisation

	(2)	(3)	
Tension anodique de crête :			
Directe _____	17	20	kV
Inverse _____	17	20	kV
Tension anodique critique directe (4) _____		100	V
Courant anodique de crête _____		10	A
Courant anodique moyen (5) _____		2,5	A
Courant de court-circuit (6) _____		100	A
Temps maximum d'intégration _____		30	s
Limites de fréquence de fonctionnement _____	25 à 150		Hz
Limites de température du mercure condensé _____	25 à 60		°C

### ELEVATION DE LA TEMPERATURE DU MERCURE CONDENSE

#### AU DESSUS DE LA TEMPERATURE AMBIANTE

Tension Filament :  $V_f = 4,75$  V

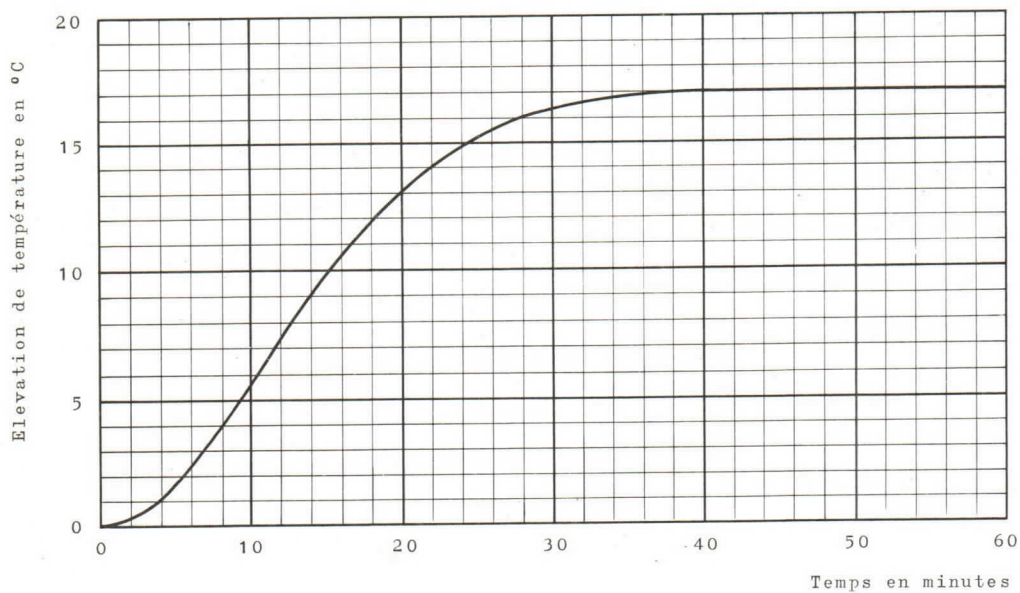
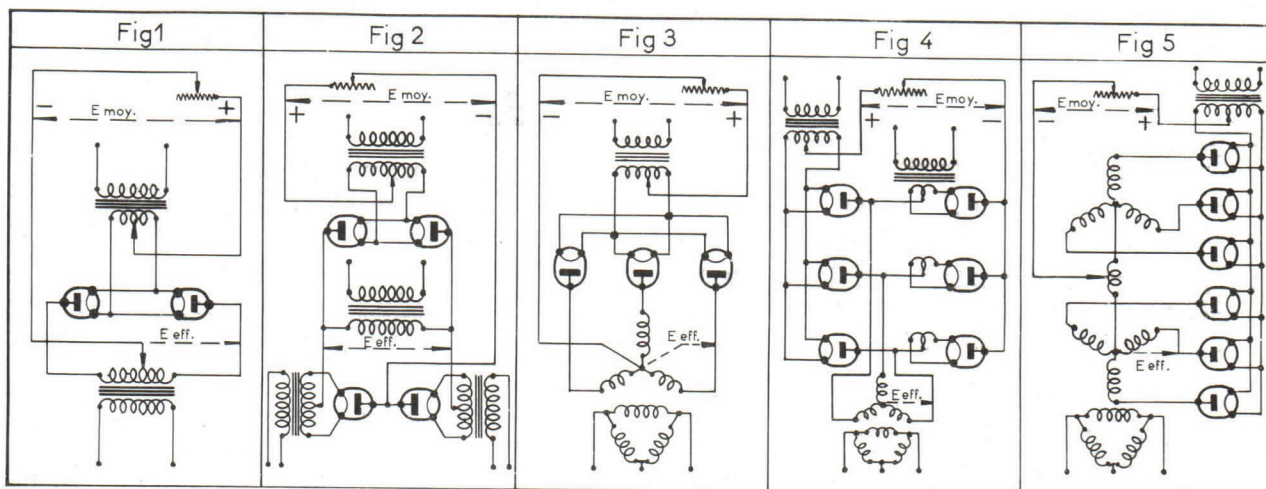


Fig. 1

- (2) En ventilation par air ambiant.
- (3) En ventilation par air conditionné à  $20 \pm 5$  °C.
- (4) Tension au-dessous de laquelle le tube risque d'avoir un fonctionnement instable.
- (5) Cette valeur limite peut être dépassée si la tension de chauffage et la tension anodique sont en quadrature.  
D'une façon générale, l'utilisation en quadrature augmente la durée de vie du tube.
- (6) Courant maximum pouvant circuler pendant 0,1 s sans entraîner la détérioration immédiate du tube mais dont la répétition réduirait considérablement sa durée de vie ou le mettrait hors service.  
Cette valeur est utile pour la protection des circuits d'utilisation.

**Exemples de fonctionnement en redresseur (7)**

Fig.	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en kV	Tension moyenne de sortie avant filtrage en kV	Courant moyen de sortie en A
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	6	5,4	5
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graëtz)	12	10,8	5
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	7	8,1	7,5
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graëtz)	7	16,2	7,5
5	Triphasé 6 tubes (montage en double étoile)	7	8,1	15



(7) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube en ventilation par air ambiant. Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

- Source d'alimentation sinusoïdale.
- Tension équilibrée sur les bras du transformateur HT.
- Chute de tension interne nulle dans les tubes.
- Charge du circuit purement ohmique.
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.

## RECOMMANDATIONS D'EMPLOI

### Répartition du mercure

Pour éviter tout arc en retour, risquant de détruire le tube, il est essentiel d'empêcher toute condensation de mercure sur ou au voisinage de l'anode.

Pour cela, la partie supérieure du ballon doit toujours être plus chaude que la partie inférieure et aucun courant d'air froid ne doit y parvenir, même fortuitement. La surface désignée par "zone de mesure de la température du mercure condensé" (voir dessin) doit être le point le plus froid de l'enceinte du tube et il peut être nécessaire d'y souffler de l'air conditionné.

### Utilisation de la chemise de canalisation d'air

Il est recommandé de munir chaque tube de la chemise TH 14501, qui canalise l'air autour du ballon et maintient ainsi la partie supérieure plus chaude que la partie inférieure.

On peut souffler, à la base du tube, de l'air conditionné qui fixe la température de la zone du mercure condensé aux environs de 20 °C. En aucun cas la température de cette zone ne doit être inférieure à 10 °C ou supérieure à 45 °C.

Le soufflage doit être appliqué à l'aide d'une tuyauterie isolante.

La chemise comporte des volets réglables qui permettent d'obturer plus ou moins la sortie d'air. La fermeture complète de ces volets permet de faire disparaître rapidement toute condensation de mercure sur ou au voisinage de l'anode.

### Temps de préchauffage

Le temps de préchauffage du tube avant application de la HT est très important pour sa durée de vie et pour sa tenue en tension.

Le temps minimum de préchauffage (indiqué p. 1) correspond au temps mis par la cathode pour atteindre sa température de régime. Ce temps suit une loi à peu près indépendante de la température ambiante.

La figure 1 indique l'élévation de température du mercure condensé par rapport à la température ambiante en fonction du temps de chauffage. Il y a lieu d'en tenir compte pour s'assurer que, à l'enclenchement de la HT, la température du mercure condensé est dans les limites fixées.

La figure 2 indique le temps de préchauffage à respecter, avant application de la HT, en fonction de la température ambiante et suivant les conditions de fonctionnement ayant précédé la mise en service.

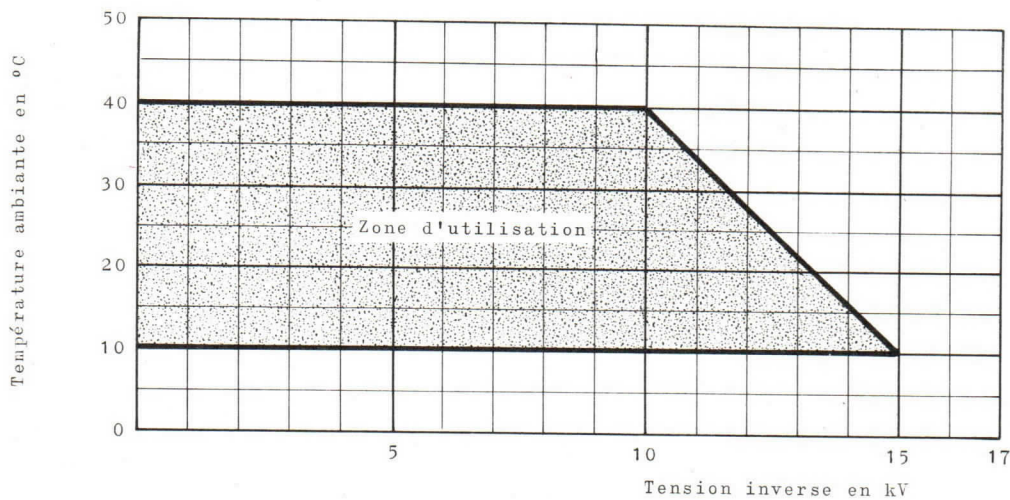
### Rayonnement X

Les tubes à gaz émettent des rayons X dont la pénétration devient dangereuse pour des tensions anodiques élevées.

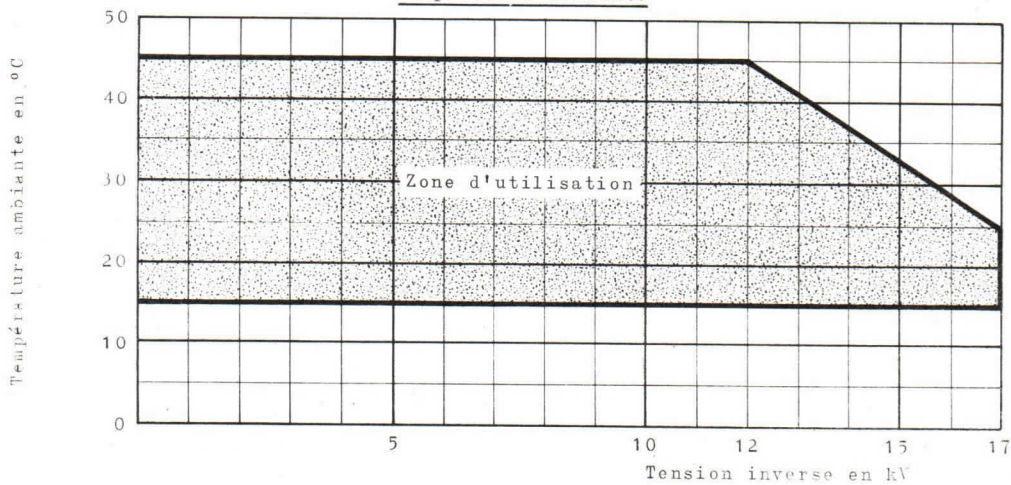
Des précautions convenables doivent éventuellement être prises pour protéger le personnel (voir publication UTE = C15-160 du 10-10-56).

MODE DE VENTILATION SUIVANT LA TEMPERATURE AMBIANTE

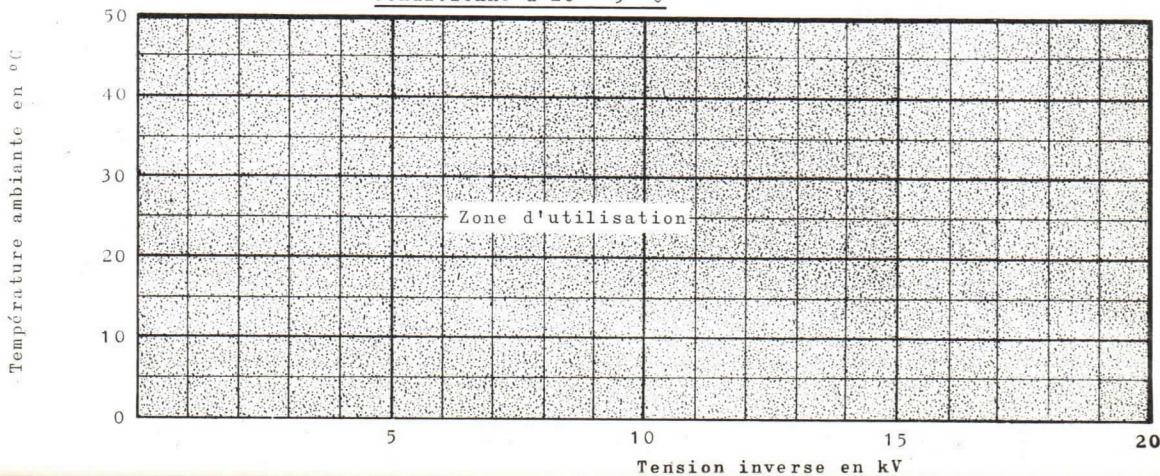
Ventilation naturelle



Ventilation par air soufflé à la température ambiante



Ventilation par air soufflé conditionné à 20 ± 5 °C





## DELAIS DE PRECHAUFFAGE AVANT APPLICATION DE LA HT

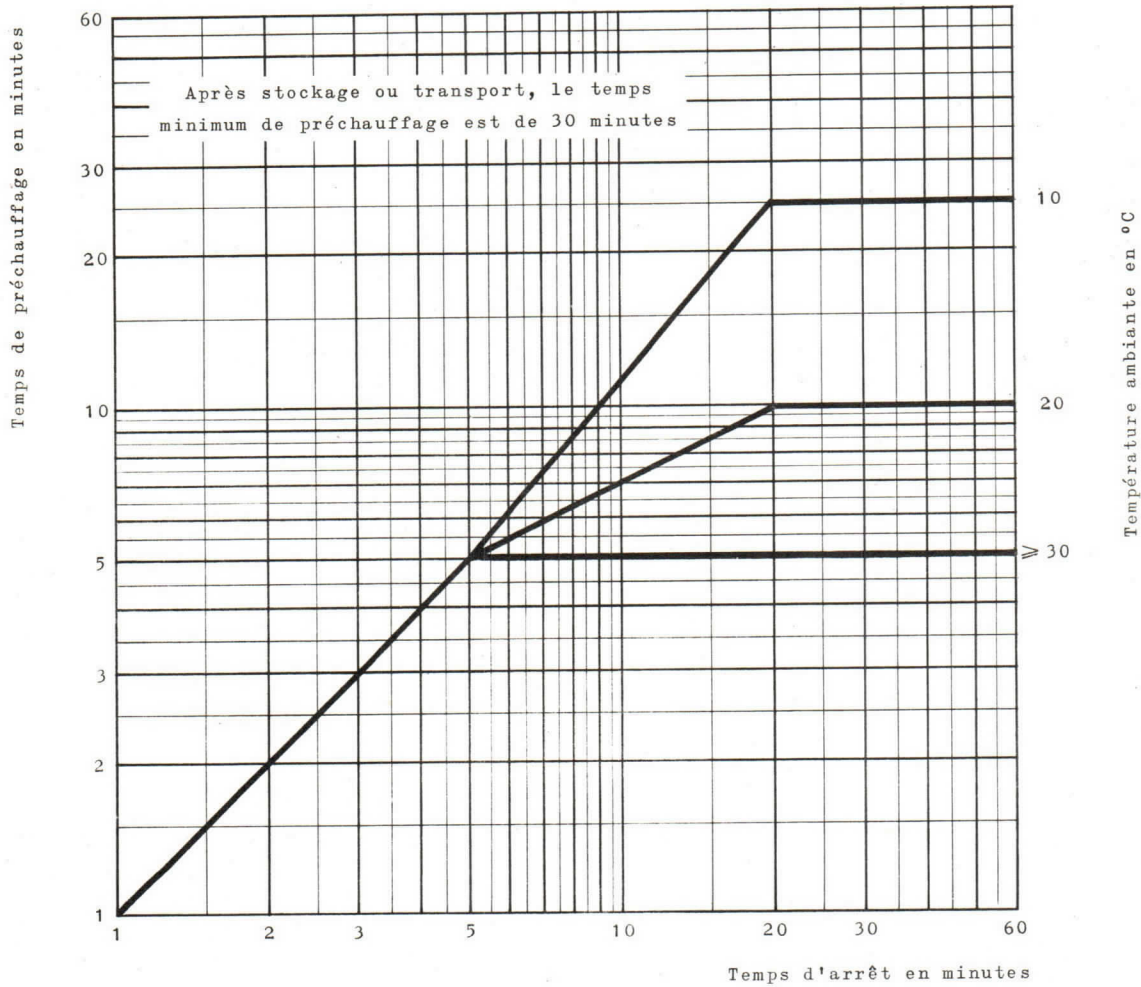
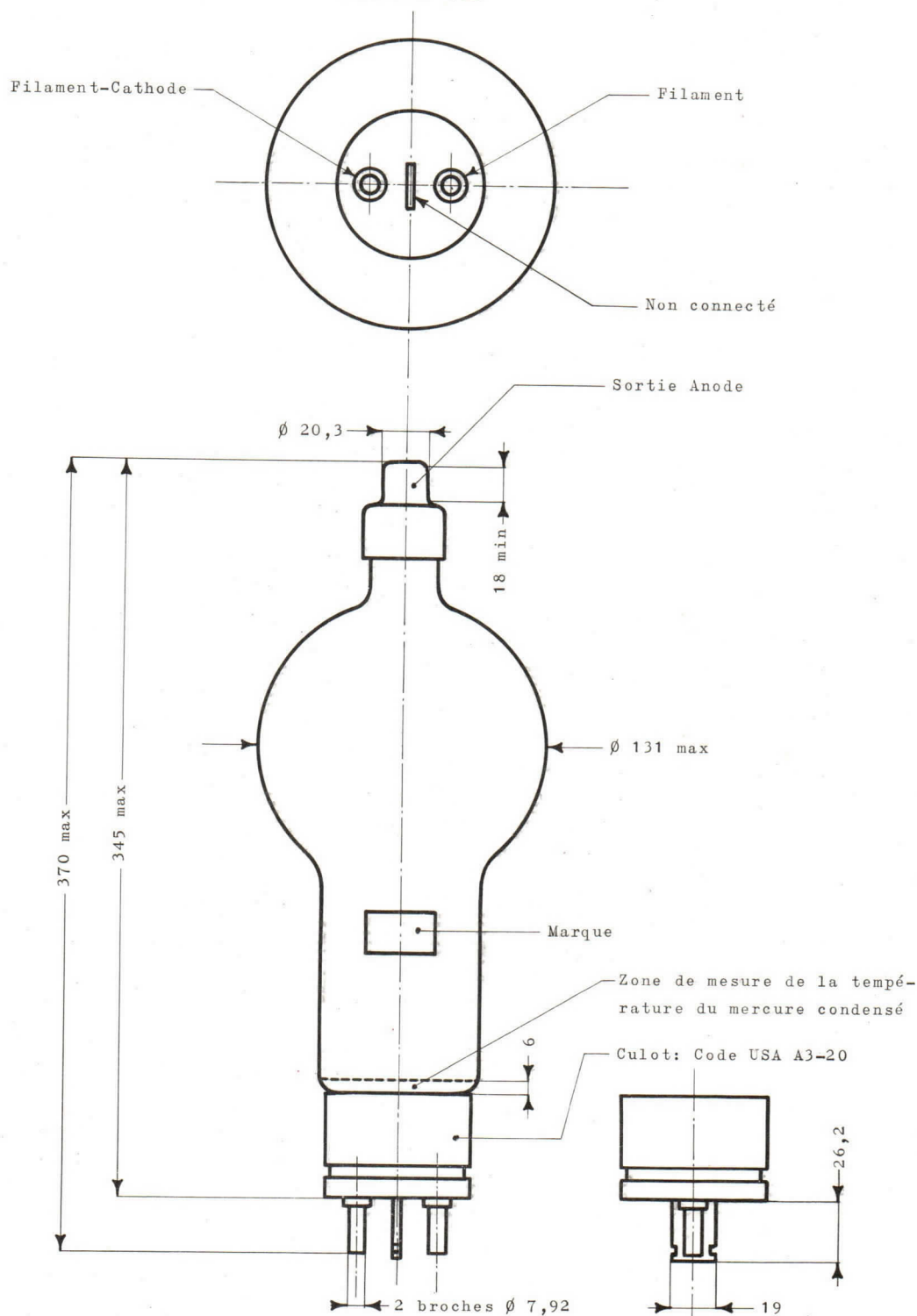


Fig. 2

TH5042

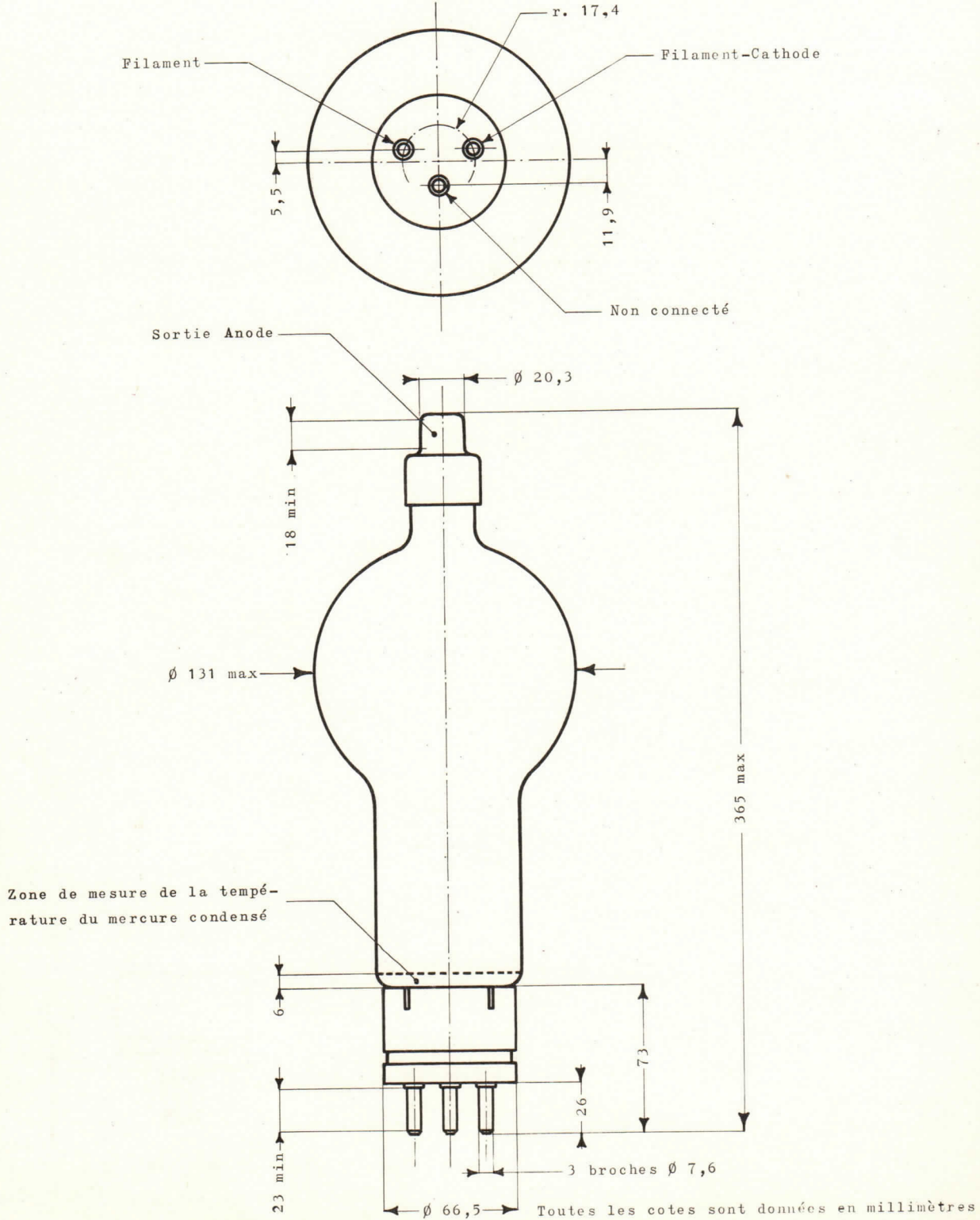


Toutes les cotes sont données en millimètres

# TH 5040-5042



## TH5040



# PHANOTRON TH 5130

Le tube TH 5130 est un phanotron à vapeur de mercure pouvant supporter une tension inverse de 10 kV et débiter un courant moyen de 2,5 A. Il convient, en particulier, pour l'équipement des redresseurs alimentant les émetteurs de radio-diffusion ou les générateurs industriels de haute fréquence.

## CARACTERISTIQUES GENERALES

### Electriques

Nature de la cathode .....	oxydes
Mode de chauffage .....	indirect
Tension de chauffage .....	5 V $\pm$ 5%
Courant de chauffage, environ .....	10 A
Temps minimum de préchauffage .....	voir page 3
Chute de tension interne, environ .....	10 V

### Mécaniques

Culot .....	super-jumbo 4 broches avec baïonnette
Position de fonctionnement .....	verticale, culot en bas
Mode de refroidissement .....	par convection ou air soufflé
Poids net approximatif .....	390 g
Dimensions .....	voir dessin

### Accessoires

Support .....	référence T.H. 16.030
Connexion d'anode .....	référence T.H. 13.305

► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.



# PHANOTRON TH 5130

NOTICE : TE 115

NOVEMBRE 1955

PAGE 2/4

## CONDITIONS D'EMPLOI

### VALEURS LIMITES D'UTILISATION

Tension anodique de crête inverse .....	10	kV
Courant anodique de crête .....	10	A
Courant anodique moyen .....	2,5	A
Fréquence maximum de fonctionnement .....	150	Hz
Limites de température du mercure condensé .....	20 - 60	°C

### EXEMPLES DE FONCTIONNEMENT (1)

Température du mercure condensé ..... 40 °C ± 5

	Tension d'entrée moyenne par phase en kV	Tension de sortie avant filtrage en kV	Courant de sortie en A
Monophasé 2 tubes ..... (Montage en push-pull)	3,5	3,15	5
Monophasé 4 tubes ..... (Montage en pont de Graetz)	7,0	6,3	5
Triphasé 3 tubes ..... (Montage en valve)	4,0	4,7	7,5
Triphasé 6 tubes ..... (Montage en pont de Graetz)	4,0	9,4	7,5
Triphasé 6 tubes ..... (Montage en double étoile)	4,0	4,7	15

(1) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube.  
Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

- Source d'alimentation sinusoïdale
- Tensions équilibrées sur chaque phase
- Chute de tension interne nulle dans les tubes
- Charge du circuit purement ohmique
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.

► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.



COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON · GROUPE ELECTRONIQUE · PARIS

# PHANOTRON TH 5130

## TEMPS DE PRECHAUFFAGE DU TUBE

Le temps de préchauffage du tube avant application de la HT est très important pour sa durée de vie et pour sa tenue en tension.

- La cathode atteint sa température de régime, dans les conditions normales d'utilisation, suivant une loi à peu près indépendante de la température ambiante.
- La répartition correcte du mercure à l'intérieur du tube dépend essentiellement du compromis entre le chauffage par la cathode et le refroidissement par l'ambiante au voisinage du tube.

Pour éviter tout arc en retour, risquant de détruire le tube, il est essentiel d'éviter toute condensation de mercure sur ou au voisinage de l'anode. Pour cela, la partie supérieure du ballon doit toujours être plus chaude que la partie inférieure. Cette dernière étant réchauffée par le rayonnement de la cathode, il peut être nécessaire de souffler de l'air conditionné sur la surface désignée par "zone de mesure de la température du mercure condensé" sur le dessin d'encombrement. Cette zone doit être dans tous les cas le point le plus froid de l'enceinte du tube. En particulier, il y aura lieu de veiller à ce qu'aucun courant d'air froid ne parvienne, même fortuitement, sur la partie supérieure du tube.

- La température du mercure condensé définit la pression de la vapeur de mercure. Pour un bon fonctionnement, cette pression doit être maintenue entre des limites assez étroites. La courbe fig. 1 donne l'élévation de température du mercure condensé au-dessus de l'ambiante en fonction du temps de chauffage, pour la tension minimum de chauffage du filament.

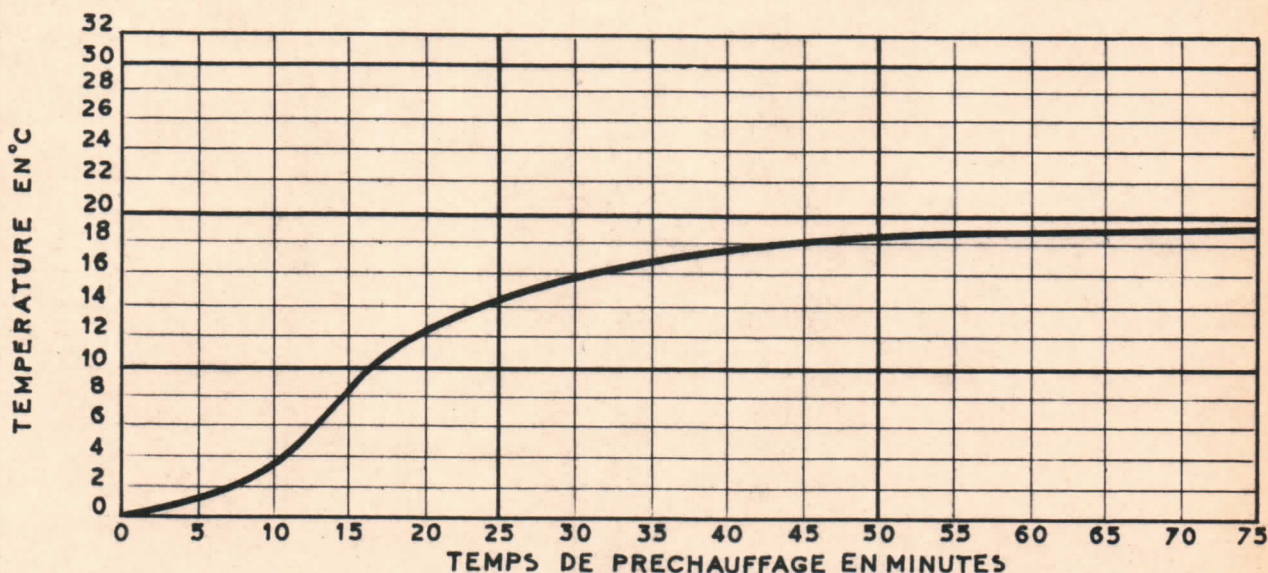
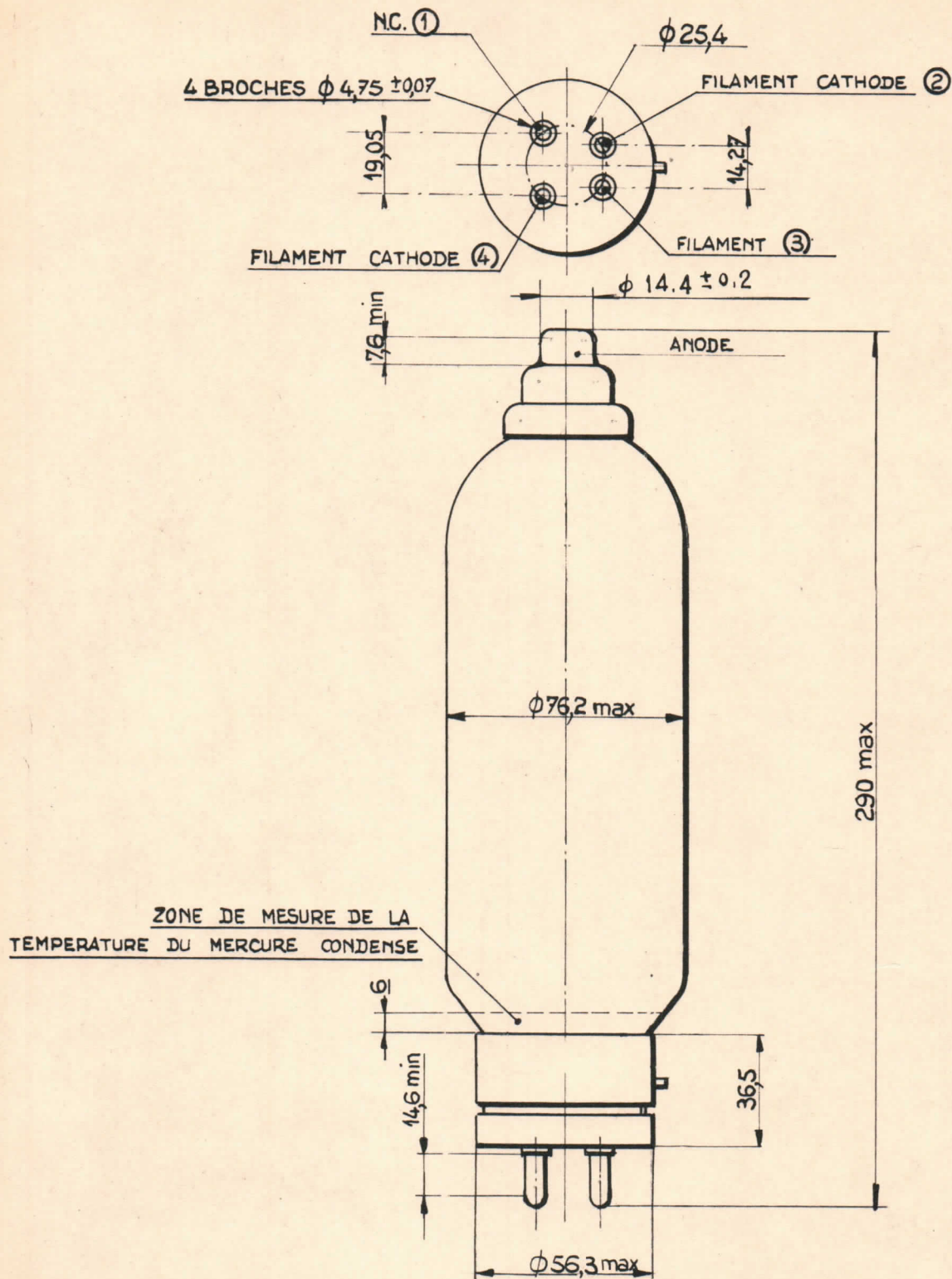


Fig. 1 - Elévation de température du mercure condensé par rapport à l'ambiante.

► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.



# PHANOTRON TH 5130



► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.

## CFTH

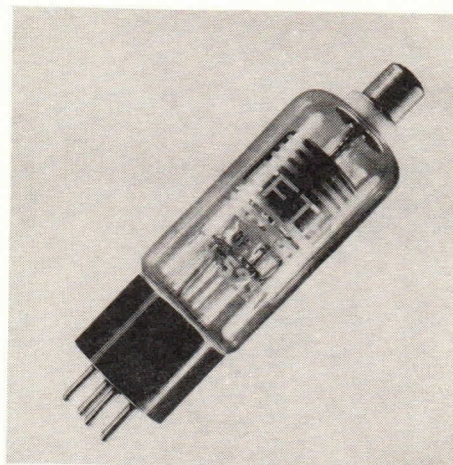
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
 GROUPE ÉLECTRONIQUE

PHANOTRON TH 5221

Le tube TH 5221 est un phanotron à atmosphère de xénon. Il peut supporter une tension inverse de 10 kV et débiter un courant moyen de 0,4 A.

L'atmosphère de gaz inerte donne une grande constance des caractéristiques entre des limites très étendues de température ambiante.

Le phanotron TH 5221 convient spécialement pour l'équipement des redresseurs à haute tension fonctionnant à des températures ambiantes très élevées ou très basses. Il est réalisé en deux versions de caractéristiques électriques identiques: le modèle B comportant un culot à broches et le modèle V comportant un culot à vis.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Electriques

Nature de la cathode \_\_\_\_\_ oxydes  
 Mode de chauffage \_\_\_\_\_ direct  
 Tension de chauffage \_\_\_\_\_ 2,5 V  $\pm$  5%  
 Courant de chauffage, environ \_\_\_\_\_ 5 A  
 Temps minimum de préchauffage \_\_\_\_\_ 45 s  
 Chute de tension interne, environ \_\_\_\_\_ 14 V

Mécaniques

Culot \_\_\_\_\_ [Modèle B Code UTE 4 C 17 B  
 Modèle V Type Edison n°2027  
 Position de fonctionnement \_\_\_\_\_ indifférente  
 Mode de refroidissement \_\_\_\_\_ par convection  
 Poids net approximatif \_\_\_\_\_ 90 g  
 Dimensions \_\_\_\_\_ voir dessin

Accessoires

Support \_\_\_\_\_ [Modèle B référence TH 16006  
 Modèle V référence TH 16019  
 Connexion d'anode \_\_\_\_\_ référence TH 13305

Annule et remplace la Notice TE 111 B de Mai 1958



## CONDITIONS D'EMPLOI

### Valeurs limites d'utilisation

Tension anodique de crête :		
directe . . . . .	10	kV
inverse . . . . .	10	kV
Tension anodique critique directe (1) . . . . .	25	V
Courant anodique de crête . . . . .	1,6	A
Courant anodique moyen . . . . .	0,4	A
Courant de court-circuit (2) . . . . .	20	A
Temps maximum d'intégration . . . . .	15	s
Limites de fréquence de fonctionnement . . . . .	25 à 400	Hz
Limites de température ambiante . . . . .	-50 à +80	°C

### Exemples de fonctionnement en redresseur (3)

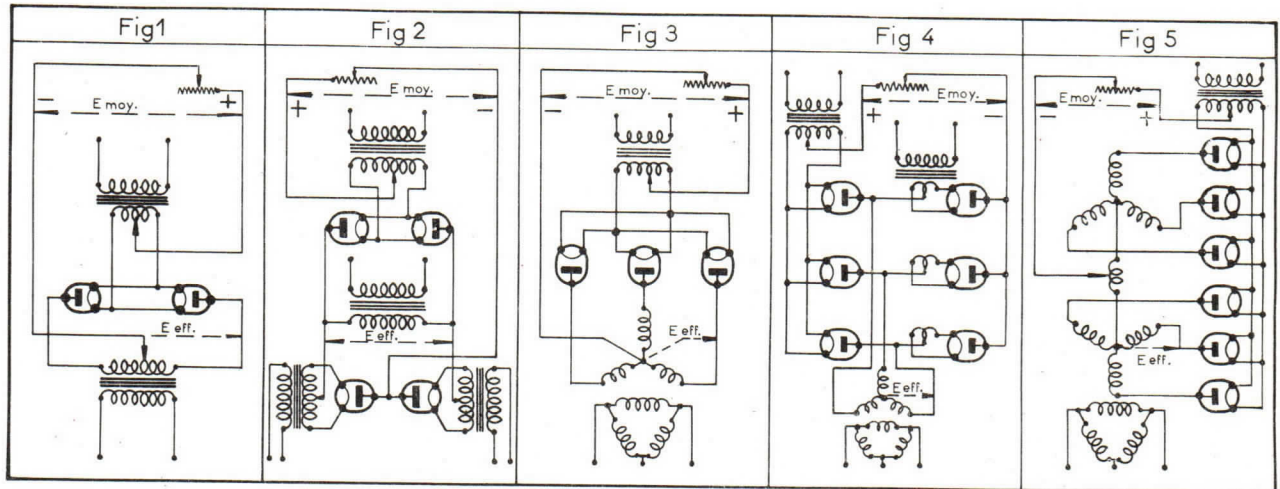
Fig.	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en kV	Tension moyenne de sortie avant filtrage en kV	Courant moyen de sortie en A
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	3,5	3,15	0,8
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graetz)	7,0	6,3	0,8
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	4,0	4,7	1,2
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graetz)	4,0	9,4	1,2
5	Triphasé 6 tubes (montage en double étoile)	4,0	4,7	2,4

(1) Tension au-dessous de laquelle le tube risque d'avoir un fonctionnement instable.

(2) Courant maximum pouvant circuler pendant 0,1 s sans entraîner la détérioration immédiate du tube mais dont la répétition réduirait considérablement sa durée de vie ou le mettrait hors service. Cette valeur est utile pour la protection des circuits d'utilisation.

(3) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube. Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes:

- Source d'alimentation sinusoïdale.
- Tensions équilibrées sur les bras du transformateur HT.
- Chute de tension interne nulle dans les tubes.
- Charge du circuit purement ohmique.
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.



### CONSIGNES D'UTILISATION

#### Montage

La disposition du tube doit être telle qu'une libre circulation d'air puisse s'effectuer par tirage naturel autour du ballon. Par exemple, il est recommandé de respecter entre les tubes des distances au moins égales à leur diamètre.

Afin d'éviter des contraintes mécaniques dangereuses la connexion d'anode doit être flexible et non tendue et il est recommandé de soustraire le tube aux fortes vibrations.

#### Utilisation

Le retour du circuit anodique doit se faire par le point milieu du transformateur de chauffage.

Les contacts des broches et de la sortie d'anode doivent être surveillés et maintenus en bon état.

Dans le cas d'une utilisation en redresseur filtré, il est nécessaire qu'une réactance précède le premier condensateur de filtrage, afin de limiter la pointe de courant anodique.

#### Alimentation du filament

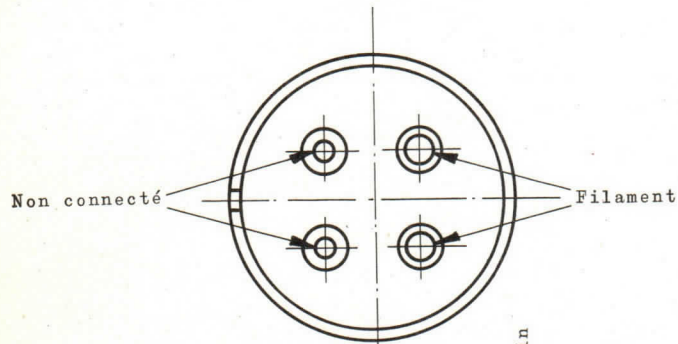
La tension du filament, mesurée aux broches mêmes du tube, doit rester dans les tolérances indiquées, sous peine de mauvais fonctionnement et de diminution de la durée de vie du tube.

On obtiendra un fonctionnement et une durée de vie meilleurs en utilisant une tension du filament en quadrature avec la tension anodique.

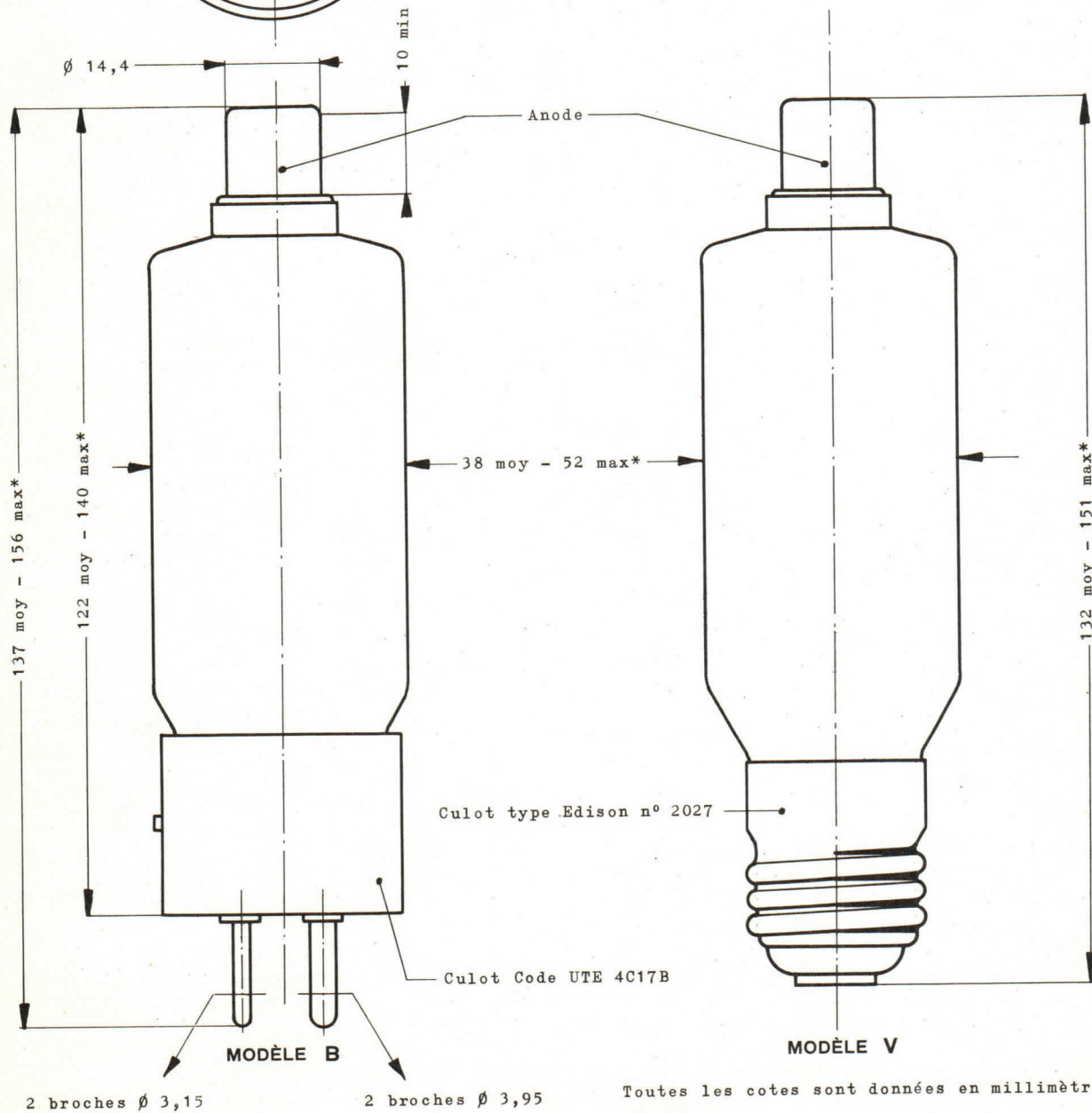
**TH 5221**

Février 1960

Page: 4/4

**THOMSON CFTH HOUSTON**

\* Nous nous réservons la possibilité de revenir aux cotes maxima qui sont les dimensions du tube américain correspondant. Il est recommandé de tenir compte de ces cotes maxima dans les projets d'équipements.



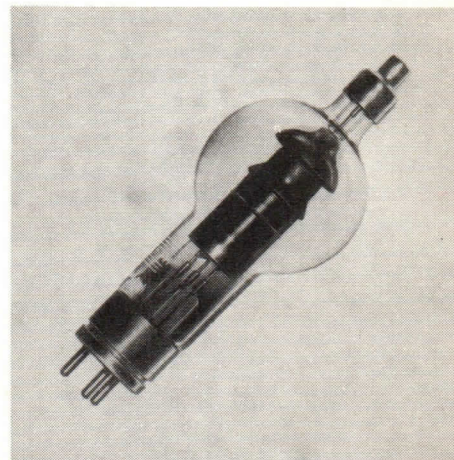


THYRATRONS

THYRATRON TH 6041

Le tube TH 6041 est un thyatron à atmosphère de vapeur de mercure possédant une caractéristique de commande de grille négative. Il peut supporter une tension inverse de 20 kV et débiter un courant moyen de 4 A.

Le thyatron TH 6041 convient spécialement aux redresseurs de puissance à tension réglable par la commande de grille.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Electriques

Nature de la cathode . . . . .	oxydes	
Mode de chauffage . . . . .	direct	
Tension de chauffage . . . . .	5	V $\pm 5\%$
Courant de chauffage, environ . . . . .	18	A
Temps minimum de préchauffage de la cathode (1) . . . . .	1	mn
Capacités interélectrodes approximatives :		
Anode - cathode . . . . .	0,05	pF
Cathode - grille . . . . .	30	pF
Grille - anode . . . . .	4,5	pF
Chute de tension interne, environ . . . . .	16	V
Temps d'ionisation, environ . . . . .	10	$\mu$ s
Temps de désionisation, environ . . . . .	1 000	$\mu$ s

Mécaniques

Culot . . . . .	spécial
Positionnement de fonctionnement . . . . .	verticale, culot en bas
Mode de refroidissement . . . . .	par convection ou par air soufflé
Élévation de température du mercure condensé au-dessus de l'ambiante :	
à pleine charge, environ . . . . .	25 °C
sans charge, environ . . . . .	20 °C
Poids net approximatif . . . . .	0,6 kg
Dimensions. . . . .	voir dessin

(1) Temps nécessaire pour porter la cathode à sa température de régime sans tenir compte de la température du mercure condensé.

Pour le temps de préchauffage du tube, voir pages 4 et 7.

Annule et remplace la Notice TE 133 B de Novembre 1959

**Accessoires**

Support . . . . .	référence TH 16 014
Connexion d'anode . . . . .	référence TH 13 306
Chemise de canalisation d'air . . . . .	référence TH 14 501

**CONDITIONS D'EMPLOI****Valeurs limites d'utilisation**

Tension anodique de crête :	(2)	(3)
directe . . . . .	17	20 kV
inverse . . . . .	17	20 kV
Courant cathodique pour un fonctionnement "en phase" (4) :		
moyen . . . . .		2,5 A
crête . . . . .		10 A
Courant cathodique pour un fonctionnement "en quadrature" (5) :		
moyen . . . . .		4,0 A
crête . . . . .		15 A
Courant de court-circuit (6) . . . . .		100 A
Temps maximum d'intégration . . . . .		30 s
Tension négative maximum de grille avant la conduction . . . . .		-500 V
Tension positive maximum de grille pendant la conduction . . . . .		10 V
Courant moyen de grille intégré pendant une période . . . . .		150 mA
Limites de fréquence de fonctionnement . . . . .	25 à	150 Hz
Limites de température du mercure condensé . . . . .	25 à	60 °C

(2) En ventilation par air ambiant.

(3) En ventilation par air conditionné à  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ .

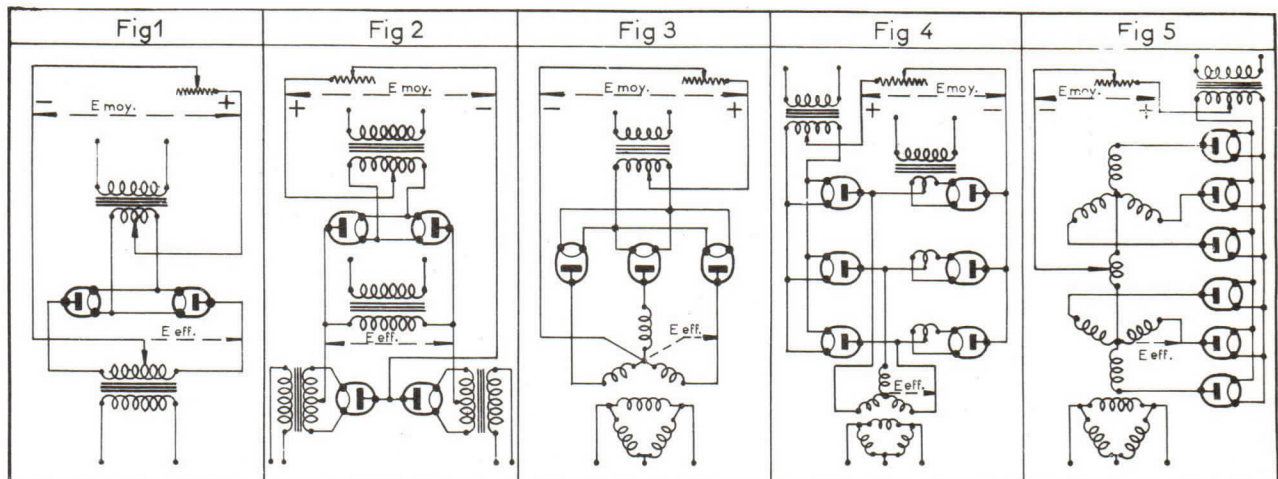
(4) La tension du filament a une phase quelconque par rapport à la tension anodique (généralement en phase).

(5) La tension du filament est déphasée de  $90^\circ$  par rapport à la tension anodique et de façon telle que la tension sur la broche filament-cathode décroisse quand la tension anodique est en crête d'alternance positive.

(6) Courant maximum pouvant circuler pendant 0,1 s sans entraîner la détérioration immédiate du tube mais dont la répétition réduirait considérablement sa durée de vie ou le mettrait hors service. Cette valeur est utile pour la protection des circuits d'utilisation.

**Exemples de fonctionnement en redresseur (7)**

Fig.	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en kV	Tension moyenne de sortie avant filtrage en kV	Courant moyen de sortie en A
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	6	5,4	5
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graëtz)	12	10,8	5
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	7	8,1	7,5
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graëtz)	7	16,2	7,5
5	Triphasé 6 tubes (montage en double étoile)	7	8,1	15



(7) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube en ventilation par air ambiant, et pour une tension de filament "en phase" avec la tension anodique. Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

- Source d'alimentation sinusoïdale.
- Tension équilibrée sur les bras du transformateur HT.
- Chute de tension interne nulle dans les tubes.
- Charge du circuit purement ohmique.
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.

## RECOMMANDATIONS D'EMPLOI

### Répartition du mercure

Pour éviter tout arc en retour, risquant de détruire le tube, il est essentiel d'empêcher toute condensation de mercure sur ou au voisinage de l'anode.

Pour cela, la partie supérieure du ballon doit toujours être plus chaude que la partie inférieure et aucun courant d'air froid ne doit y parvenir, même fortuitement. La surface désignée par "zone de mesure de la température du mercure condensé" (voir dessin) doit être le point le plus froid de l'enceinte du tube et il peut être nécessaire d'y souffler de l'air conditionné.

### Utilisation de la chemise de canalisation d'air

Il est recommandé de munir chaque tube de la chemise TH 14501, qui canalise l'air autour du ballon et maintient ainsi la partie supérieure plus chaude que la partie inférieure.

On peut souffler, à la base du tube, de l'air conditionné qui fixe la température de la zone du mercure condensé aux environs de 20°C. En aucun cas la température de cette zone ne doit être inférieure à 10°C ou supérieure à 45°C.

Le soufflage doit être appliqué à l'aide d'une tuyauterie isolante.

La chemise comporte des volets réglables qui permettent d'obturer plus ou moins la sortie d'air. La fermeture complète de ces volets permet de faire disparaître rapidement toute condensation de mercure sur ou au voisinage de l'anode.

### Temps de préchauffage

Le temps de préchauffage du tube avant application de la HT est très important pour sa durée de vie et pour sa tenue en tension.

Le temps minimum de préchauffage (indiqué page 1) correspond au temps mis par la cathode pour atteindre sa température de régime.

Ce temps suit une loi à peu près indépendante de la température ambiante.

La figure 1 indique l'élévation de température du mercure condensé par rapport à la température ambiante en fonction du temps de chauffage, il y a lieu d'en tenir compte pour s'assurer que, à l'enclenchement de la HT, la température du mercure condensé est dans les limites fixées.

La figure 2 indique le temps de préchauffage à respecter, avant application de la HT, en fonction de la température ambiante et suivant les conditions de fonctionnement ayant précédé la mise en service.

### Rayonnement X

Les tubes à gaz émettent des rayons X dont la pénétration devient dangereuse pour des tensions anodiques élevées.

Des précautions convenables doivent éventuellement être prises pour protéger le personnel (voir publication/UTE - C15-160 du 10-10-56).



ELEVATION DE LA TEMPERATURE DU MERCURE CONDENSE  
AU DESSUS DE LA TEMPERATURE AMBIANTE

Tension Filament :  $V_f = 4,75 \text{ V}$

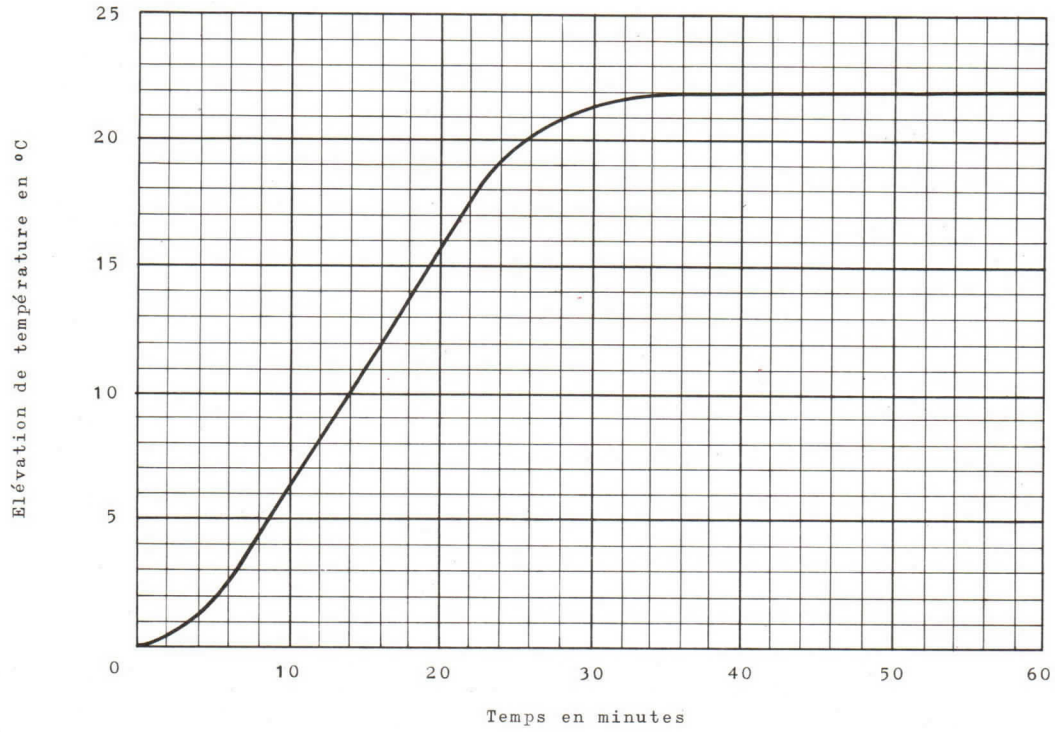
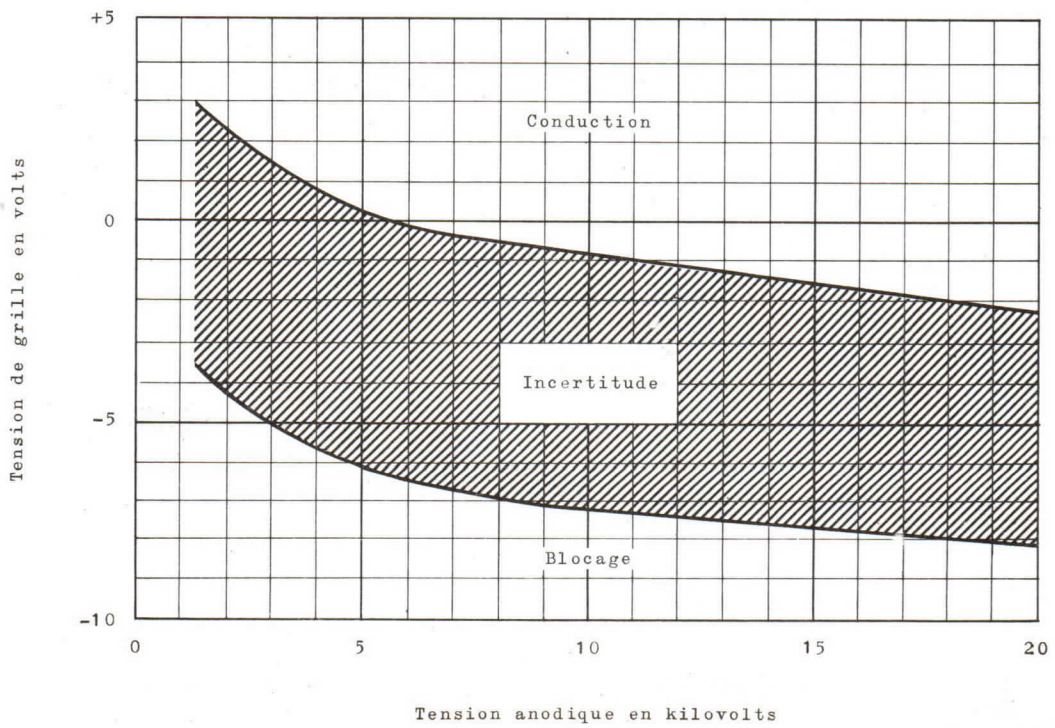


Figure 1

CARACTERISTIQUES D'AMORÇAGE



Tension anodique en kilovolts



DELAYS DE PRECHAUFFAGE AVANT APPLICATION DE LA HT

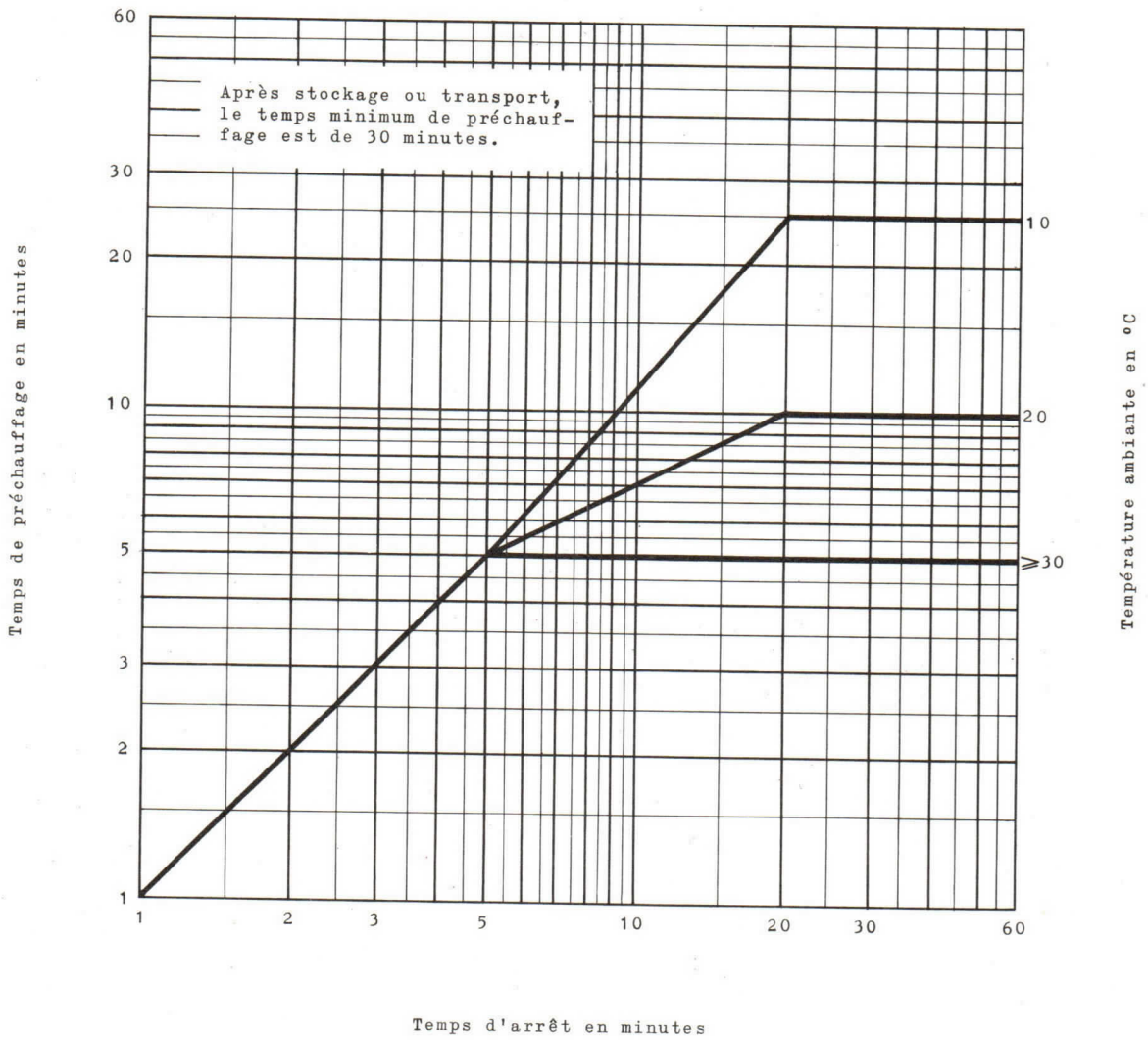
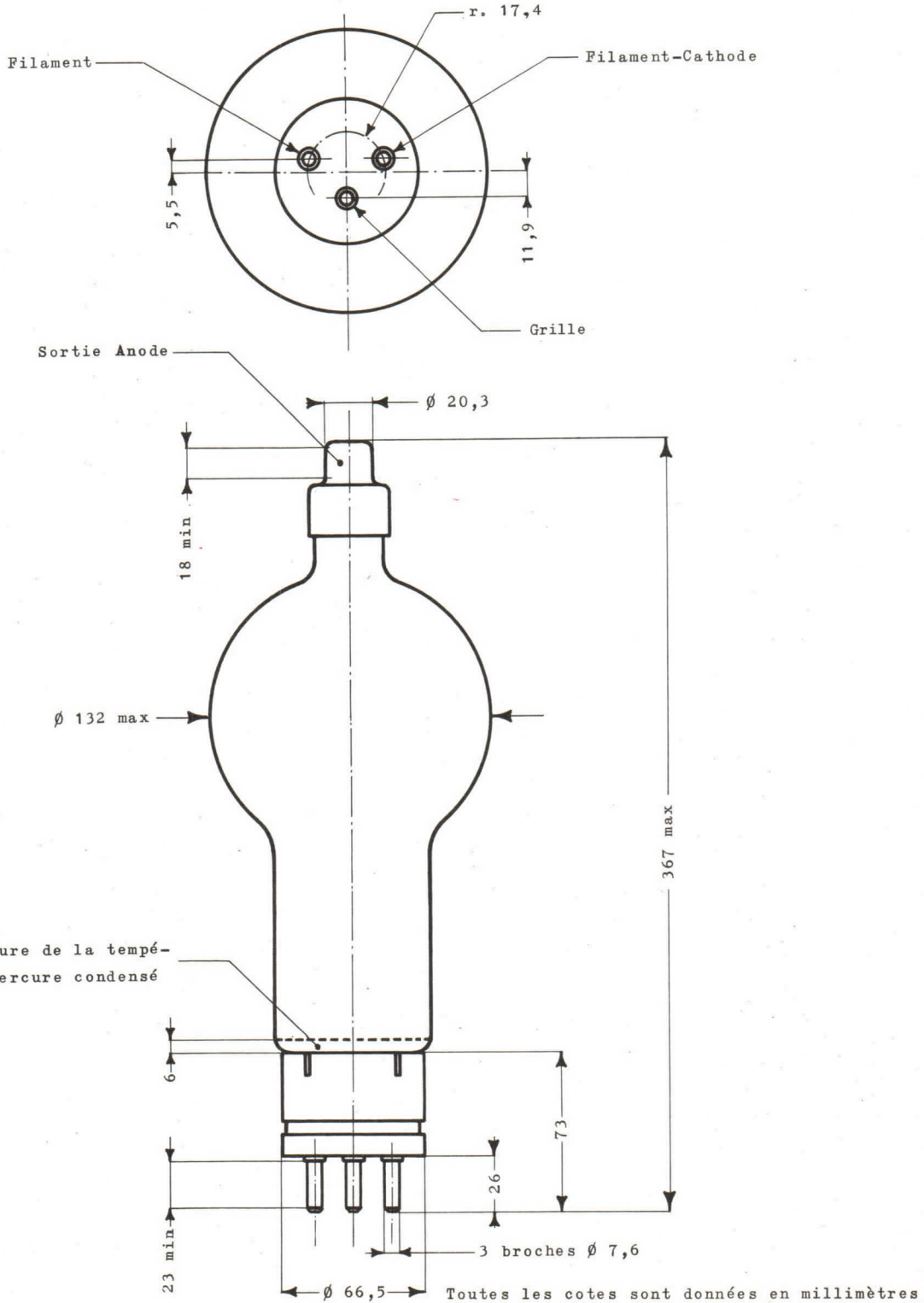


Figure 2

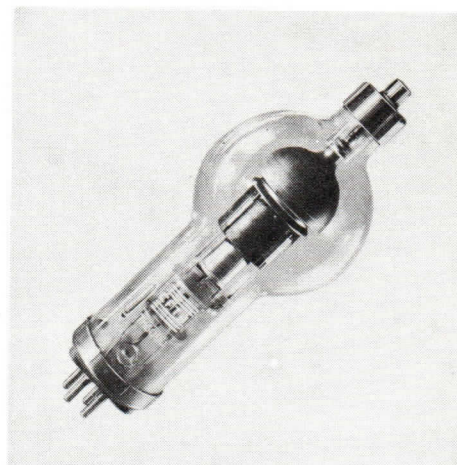
# TH 6041



THYRATRON TH 6090

Le tube TH 6090 est un thyatron à atmosphère de vapeur de mercure possédant une caractéristique de commande de grille négative. Il peut supporter une tension inverse de 20 kV et débiter un courant moyen de 8 A.

Le thyatron TH 6090 convient spécialement aux redresseurs de puissance à tension réglable par la commande de grille.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Electriques

Nature de la cathode . . . . .	oxydes
Mode de chauffage . . . . .	indirect
Tension de chauffage . . . . .	5 V $\pm 5\%$
Courant de chauffage, environ . . . . .	18 A
Temps minimum de préchauffage de la cathode (1) . . . . .	5 mn
Capacités interélectrodes approximatives :	
Anode - cathode . . . . .	0,2 pF
Cathode - grille . . . . .	17 pF
Grille - anode . . . . .	9 pF
Chute de tension interne, environ . . . . .	16 V
Temps d'ionisation, environ . . . . .	10 $\mu$ s
Temps de désionisation, environ . . . . .	1 000 $\mu$ s

Mécaniques

Culot . . . . .	spécial
Position de fonctionnement . . . . .	verticale, culot en bas
Mode de refroidissement . . . . .	par convection ou par air soufflé
Élévation de température du mercure condensé au-dessus de l'ambiante :	
à pleine charge, environ . . . . .	20 °C
sans charge, environ . . . . .	15 °C
Poids net approximatif . . . . .	1,3 kg
Dimensions . . . . .	voir dessin

(1) Temps nécessaire pour porter la cathode à sa température de régime sans tenir compte de la température du mercure condensé.

Pour le temps de préchauffage du tube, voir pages 4 et 7.

Annule et remplace la Notice TE 126 D de Juin 1958

**Accessoires**

Support . . . . .	référence TH 16 014
Connexion d'anode . . . . .	référence TH 13 306
Chemise de canalisation d'air . . . . .	référence TH 14 501

**CONDITIONS D'EMPLOI****Valeurs limites d'utilisation**

Tension anodique de crête :	(2)	(3)	
Directe . . . . .	.17	20	kV
Inverse . . . . .	.17	20	kV
Courant cathodique de crête . . . . .	50	A	
Courant cathodique moyen . . . . .	8	A	
Courant de court-circuit (4) . . . . .	500	A	
Temps maximum d'intégration . . . . .	30	s	
Tension négative maximum de grille :			
avant la conduction . . . . .	1 000	V	
pendant la conduction . . . . .	15	V	
Courant moyen de grille intégré pendant une période . . . . .	1	A	
Limites de fréquence de fonctionnement . . . . .	25 à 150	Hz	
Limites de température du mercure condensé . . . . .	25 à 60	°C	

(2) En ventilation par air ambiant.

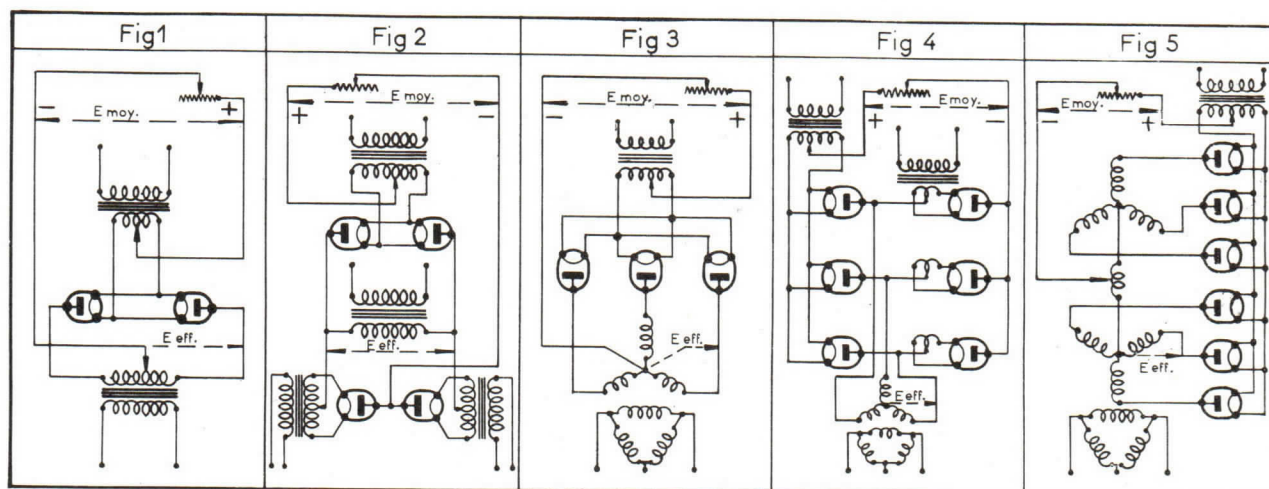
(3) En ventilation par air conditionné à  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ .

(4) Courant maximum pouvant circuler pendant 0,1 s sans entraîner la détérioration immédiate du tube mais dont la répétition réduirait considérablement sa durée de vie ou le mettrait hors service.

Cette valeur est utile pour la protection des circuits d'utilisation.

Exemples de fonctionnement en redresseur (5)

Fig.	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en kV	Tension moyenne de sortie avant filtrage en kV	Courant moyen de sortie en A
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	6	5,4	16
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graëtz)	12	10,8	16
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	7	8,1	24
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graëtz)	7	16,2	24
5	Triphasé 6 tubes (montage en double étoile)	7	8,1	48



(5) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube en ventilation par air ambiant. Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

- Source d'alimentation sinusoïdale.
- Tension équilibrée sur les bras du transformateur HT.
- Chute de tension interne nulle dans les tubes.
- Charge du circuit purement ohmique.
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.

## RECOMMANDATIONS D'EMPLOI

### Répartition du mercure

Pour éviter tout arc en retour, risquant de détruire le tube, il est essentiel d'empêcher toute condensation de mercure sur ou au voisinage de l'anode.

Pour cela, la partie supérieure du ballon doit toujours être plus chaude que la partie inférieure et aucun courant d'air froid ne doit y parvenir, même fortuitement. La surface désignée par "zone de mesure de la température du mercure condensé" (voir dessin) doit être le point le plus froid de l'enceinte du tube et il peut être nécessaire d'y souffler de l'air conditionné.

### Utilisation de la chemise de canalisation d'air

Il est recommandé de munir chaque tube de la chemise TH 14501, qui canalise l'air autour du ballon et maintient ainsi la partie supérieure plus chaude que la partie inférieure.

On peut souffler, à la base du tube, de l'air conditionné qui fixe la température de la zone du mercure condensé aux environs de 20 °C. En aucun cas la température de cette zone ne doit être inférieure à 10 °C ou supérieure à 45 °C.

Le soufflage doit être appliqué à l'aide d'une tuyauterie isolante.

La chemise comporte des volets réglables qui permettent d'obturer plus ou moins la sortie d'air. La fermeture complète de ces volets permet de faire disparaître rapidement toute condensation de mercure sur ou au voisinage de l'anode.

### Temps de préchauffage

Le temps de préchauffage du tube avant application de la HT est très important pour sa durée de vie et pour sa tenue en tension.

Le temps minimum de préchauffage (indiqué page 1) correspond au temps mis par la cathode pour atteindre sa température de régime. Ce temps suit une loi à peu près indépendante de la température ambiante.

La figure 1 indique l'élévation de température du mercure condensé par rapport à la température ambiante en fonction du temps de chauffage. Il y a lieu d'en tenir compte pour s'assurer que, à l'enclenchement de la HT, la température du mercure condensé est dans les limites fixées.

La figure 2 indique le temps de préchauffage à respecter, avant application de la HT, en fonction de la température ambiante et suivant les conditions de fonctionnement ayant précédé la mise en service.

### Rayonnement X

Les tubes à gaz émettent des rayons X dont la pénétration devient dangereuse pour des tensions anodiques élevées.

Des précautions convenables doivent éventuellement être prises pour protéger le personnel (voir publication UTE = C15-160 du 10-10-56).



ELEVATION DE LA TEMPERATURE DU MERCURE  
CONDENSE AU DESSUS DE LA TEMPERATURE AMBIANTE  
 Tension Filament:  $V_f = 4,75 \text{ V}$

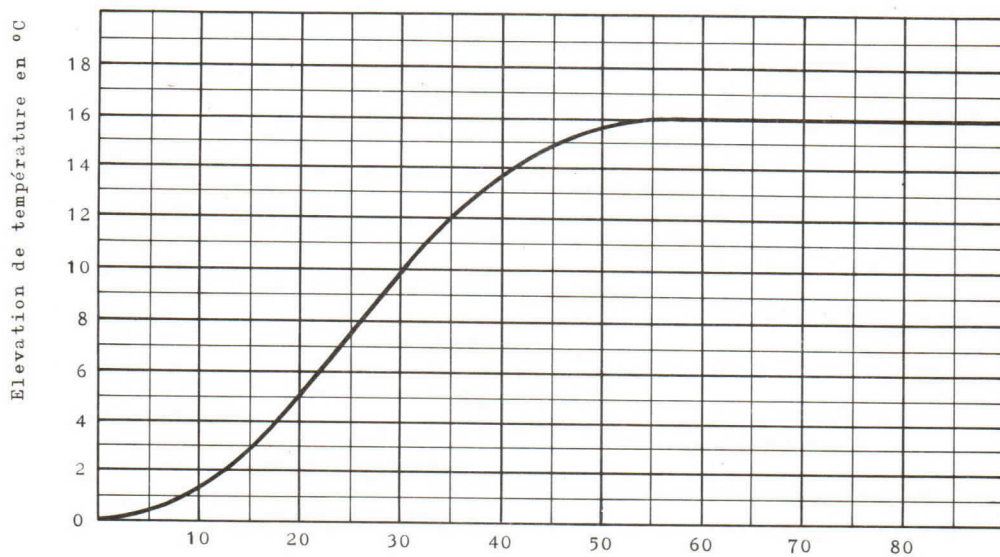
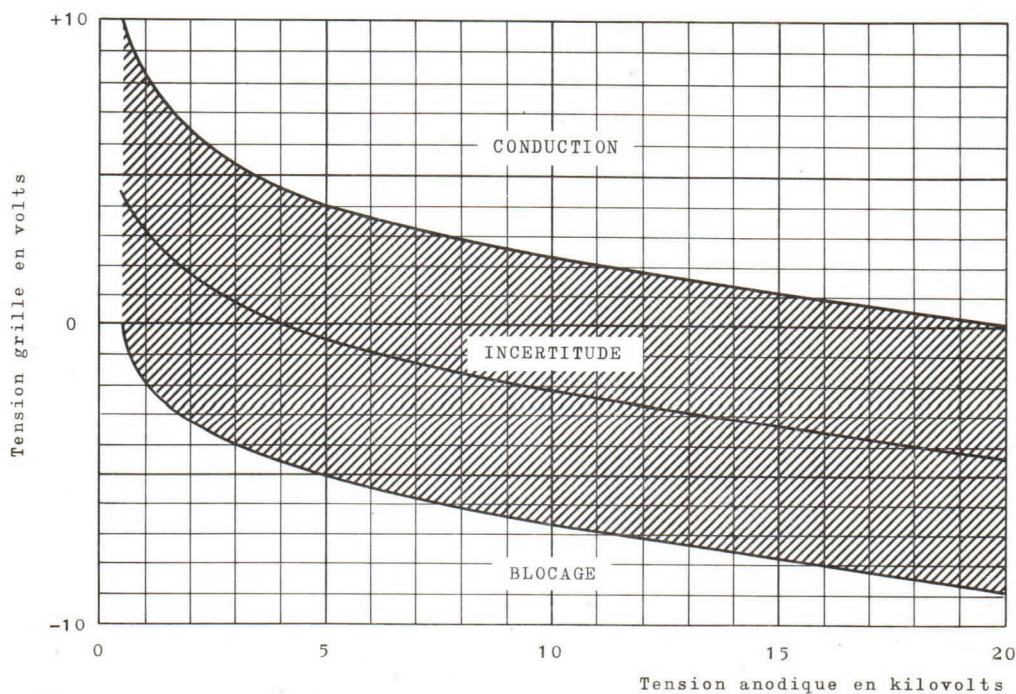


Fig. 1

Temps en minutes

CARACTERISTIQUES D'AMORÇAGE





DELAIS DE CHAUFFAGE AVANT APPLICATION DE LA HT

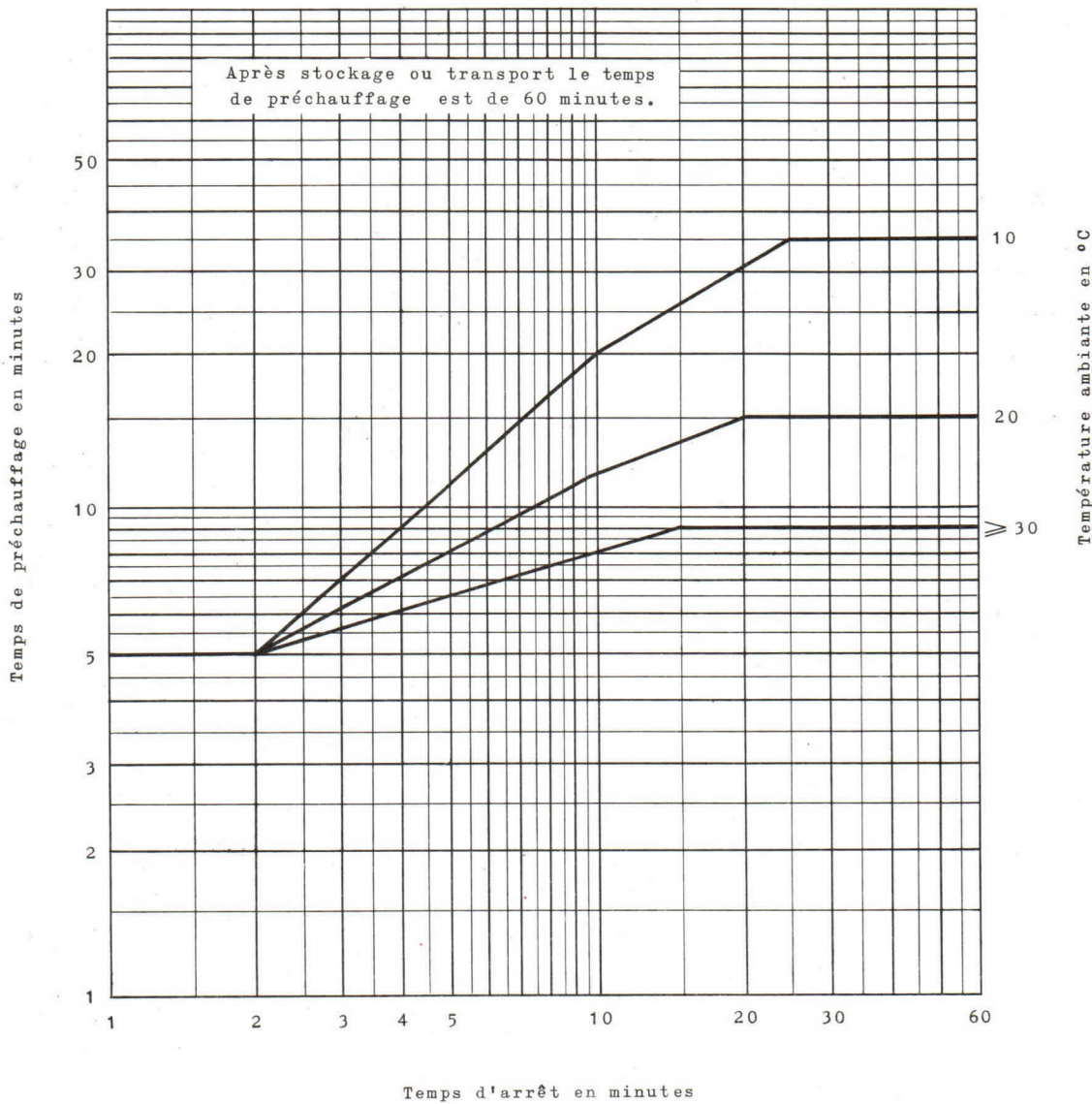
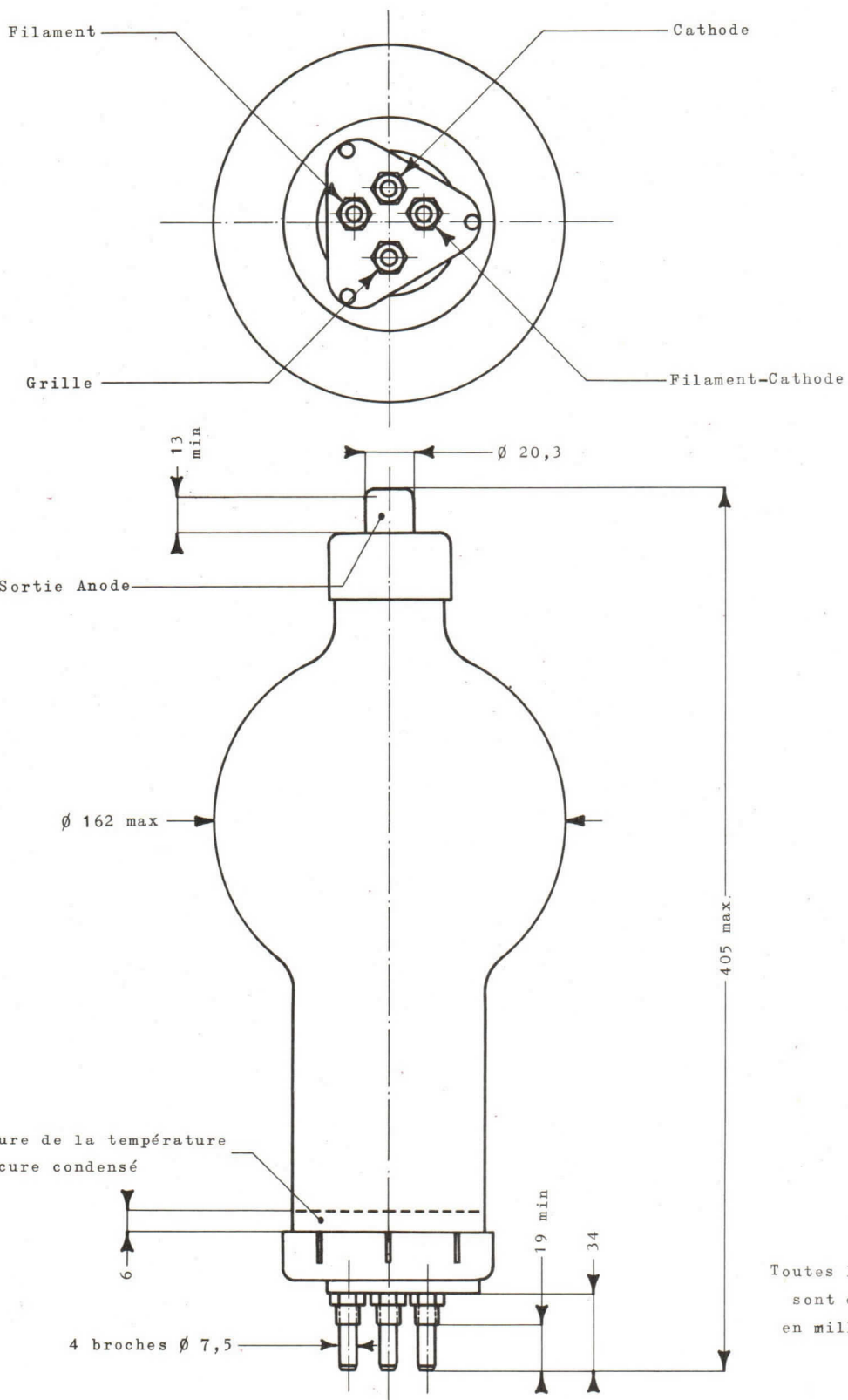


Fig.2

# TH 6090



Toutes les cotes  
sont données  
en millimètres

**THYRATRON TH6091**

Le tube TH 6091 est un thyatron à atmosphère de vapeur de mercure possédant une caractéristique de contrôle de grille négative. Il peut supporter une tension inverse de 17 kV et débiter un courant moyen de 16 A.

Le thyatron TH 6091 convient spécialement aux redresseurs de puissance à tension réglable par la commande de grille.



**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES**

**Electriques**

Nature de la cathode	_____	oxydes
Mode de chauffage	_____	indirect
Tension de chauffage	_____	5 V ± 5 %
Courant de chauffage, environ	_____	26 A
Temps minimum de préchauffage de la cathode	_____	10 mn
Capacité interélectrodes approximatives :		
Anode - cathode	_____	0,5 pF
Cathode - grille	_____	25 pF
Grille - anode	_____	12 pF
Chute de tension interne, environ	_____	16 V
Temps d'ionisation, environ	_____	10 µs
Temps de désionisation, environ	_____	1 000 µs

**Mécaniques**

Culot	_____	spécial
Position de fonctionnement	_____	verticale, culot en bas
Mode de refroidissement	_____	par air soufflé
Elévation de température du mercure condensé au-dessus de l'ambiante :		
à pleine charge, environ	_____	20 °C
sans charge, environ	_____	15 °C
Poids net approximatif	_____	2,5 kg
Dimensions	_____	voir dessin

**Accessoires**

Support	_____	référence TH 16 027
Connexion d'anode	_____	référence TH 13 306

Annule et remplace la Notice TE 132 B de Novembre 1954

## CONDITIONS D'EMPLOI

### Valeurs limites d'utilisation

Tension anodique de crête (1) :

Directe	17	kV
Inverse	17	kV
Courant cathodique de crête	100	A
Courant cathodique moyen	16	A
Courant de court-circuit (2)	1 000	A
Temps maximum d'intégration	30	s
Tension négative de grille		
avant la conduction	500	V
pendant la conduction	20	V
Courant de grille:		
Courant moyen intégré pendant une période	1	A
Courant instantané	5	A
Limites de température du mercure condensé	25 à 60	°C

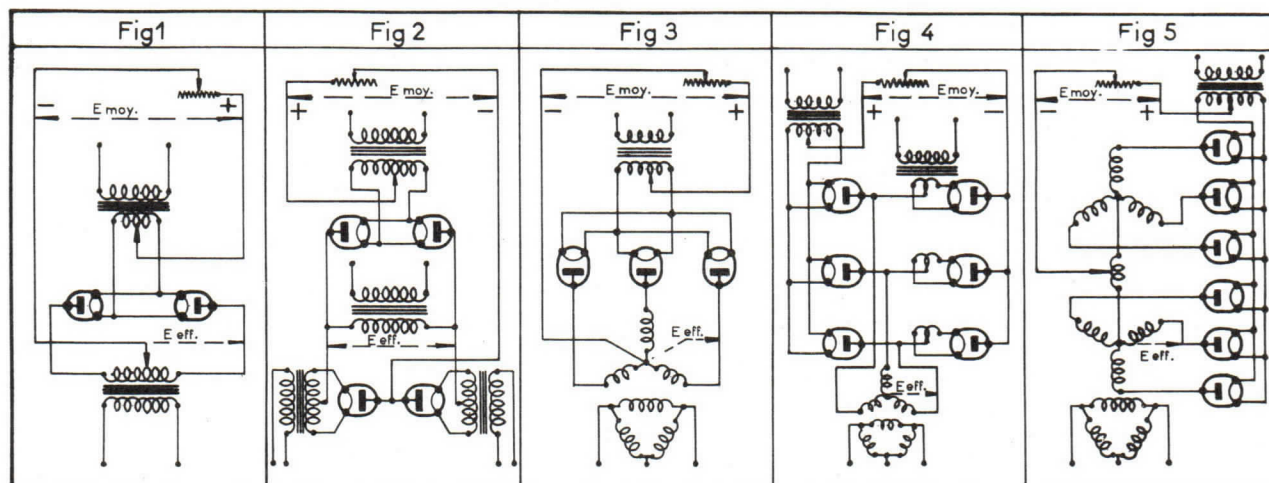
(1) Dans les conditions optimum : température du mercure condensé de  $35 \pm 5$  °C.

(2) Courant maximum pouvant circuler pendant 0,1 s sans entraîner la détérioration immédiate du tube mais dont la répétition réduirait considérablement sa durée de vie ou le mettrait hors service.

Cette valeur est utile pour la protection des circuits d'utilisation.

**Exemples de fonctionnement en redresseur (3)**

Fig.	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en kV	Tension moyenne de sortie avant filtrage en kV	Courant moyen de sortie en A
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	6	5,4	32
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graëtz)	12	10,8	32
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	7	8,1	48
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graëtz)	7	16,2	48
5	Triphasé 6 tubes (montage double étoile)	7	8,1	96



(3) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube.

Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

- Source d'alimentation sinusoïdale.
- Tension équilibrée sur les bras du transformateur HT.
- Chute de tension interne nulle dans les tubes.
- Charge du circuit purement ohmique.
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.

## RECOMMANDATIONS D'EMPLOI

### Refroidissement du tube

Pour éviter tout arc en retour, risquant de détruire le tube, il est essentiel d'empêcher toute condensation de mercure sur ou au voisinage de l'anode.

Pour cela, la partie supérieure du ballon doit toujours être plus chaude que la partie inférieure et aucun courant d'air froid ne doit y parvenir, même fortuitement. La surface désignée par "zone de mesure de la température du mercure condensé" (voir dessin) doit être le point le plus froid de l'enceinte du tube. En aucun cas sa température ne doit être inférieure à 10 °C ou supérieure à 45 °C.

On doit souffler de l'air à la base du tube à l'aide d'une tuyauterie isolante.

On peut y souffler de l'air conditionné qui fixe la température de la zone du mercure condensé aux environ de 20 °C.

### Temps de préchauffage

Le temps de préchauffage du tube avant l'application de la HT est très important pour sa durée de vie et pour sa tenue en tension.

Le temps minimum de préchauffage (indiqué plus haut) correspond au temps mis par la cathode pour atteindre sa température de régime. Ce temps suit une loi à peu près indépendante de la température ambiante.

La figure 1 indique l'élévation de température du mercure condensé par rapport à la température ambiante en fonction du temps de chauffage. Il y a lieu d'en tenir compte pour s'assurer que, à l'enclenchement de la HT, la température du mercure condensé est dans les limites fixées.

La figure 2 indique le temps de préchauffage à respecter, avant application de la HT, en fonction de la température ambiante et suivant les conditions de fonctionnement ayant précédé la mise en service.



ELEVATION DE LA TEMPERATURE DU MERCURE  
CONDENSE AU DESSUS DE LA TEMPERATURE AMBIANTE

Tension Filament:  $V_f = 4,75$  V

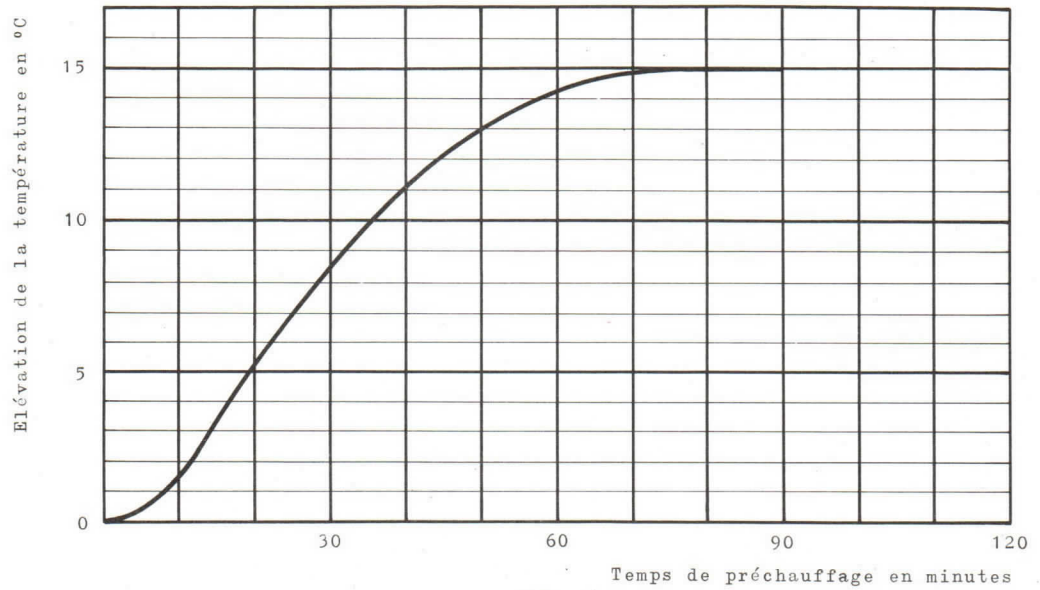
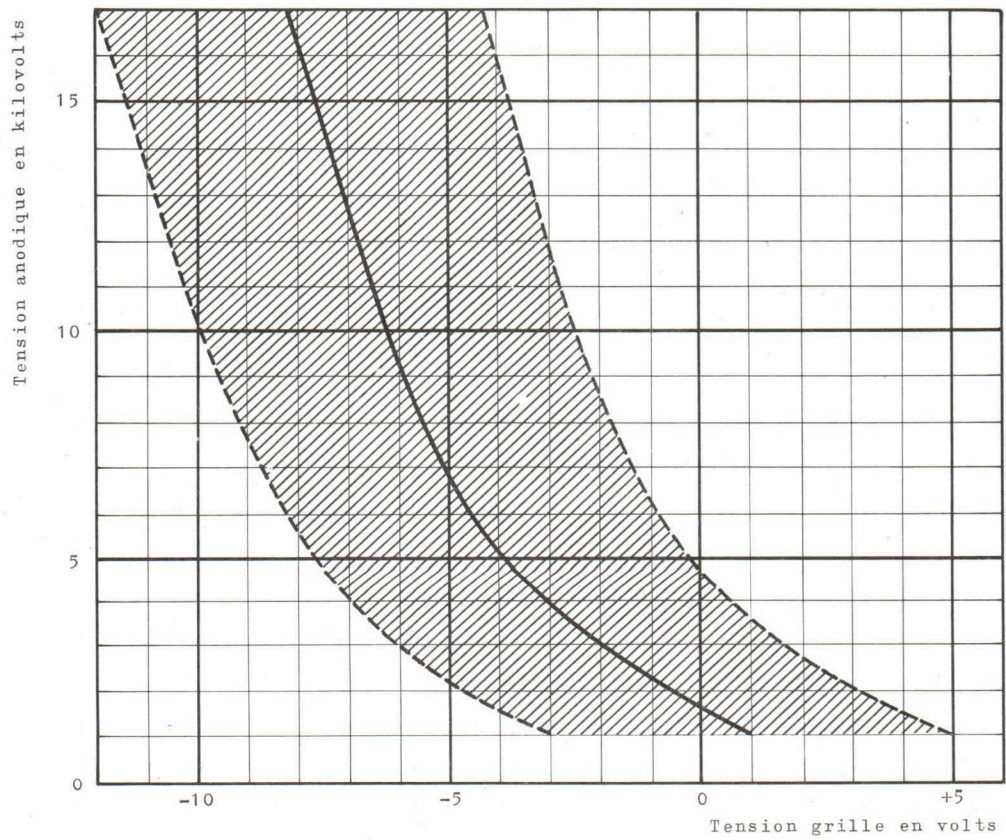


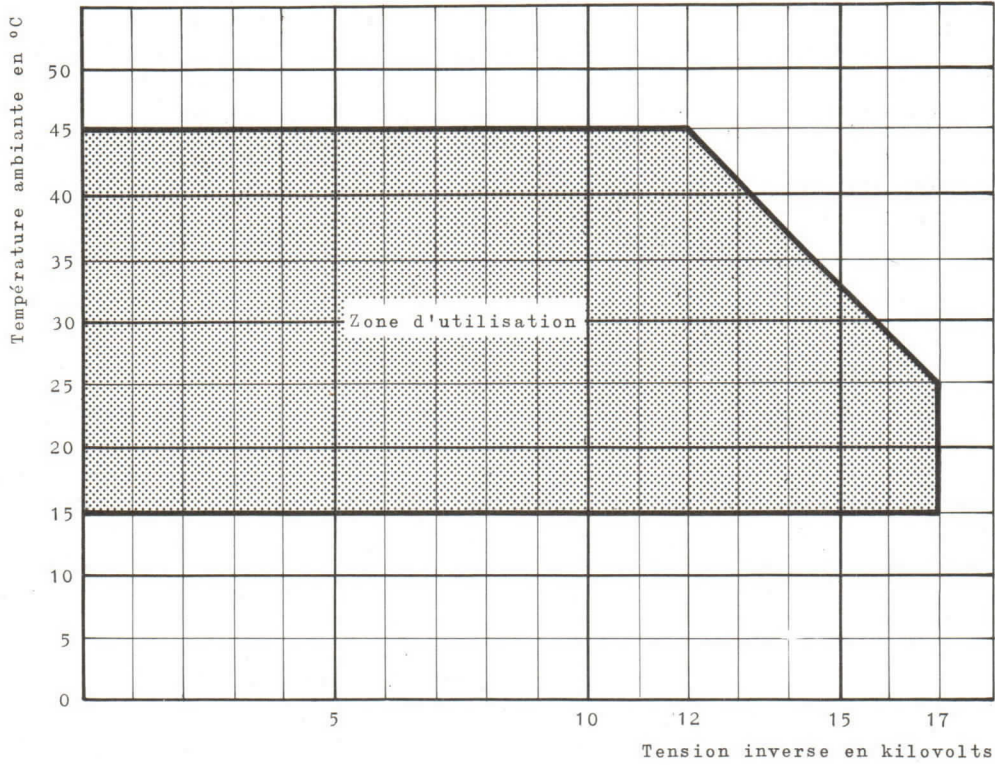
Fig. 1

CARACTERISTIQUES D'AMORÇAGE

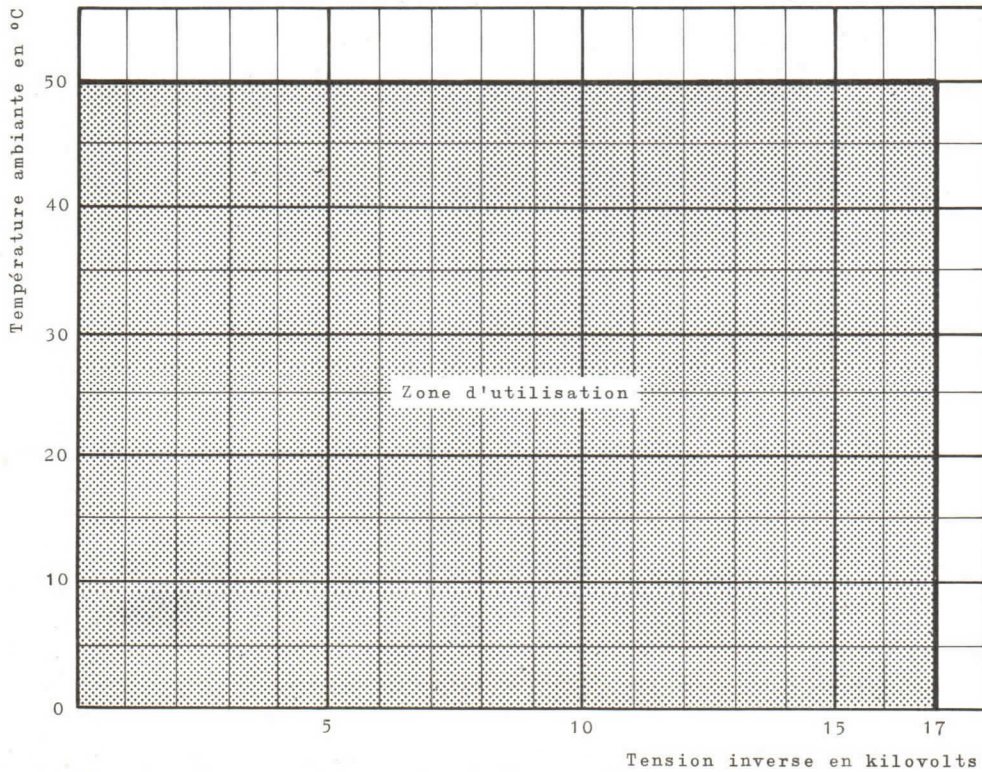


### MODE DE VENTILATION SUIVANT LA TEMPERATURE AMBIANTE

Ventilation par air soufflé à la température ambiante



Ventilation par air soufflé conditionné à  $20 \pm 5$  °C



DELAIS DE PRECHAUFFAGE AVANT APPLICATION DE LA HT

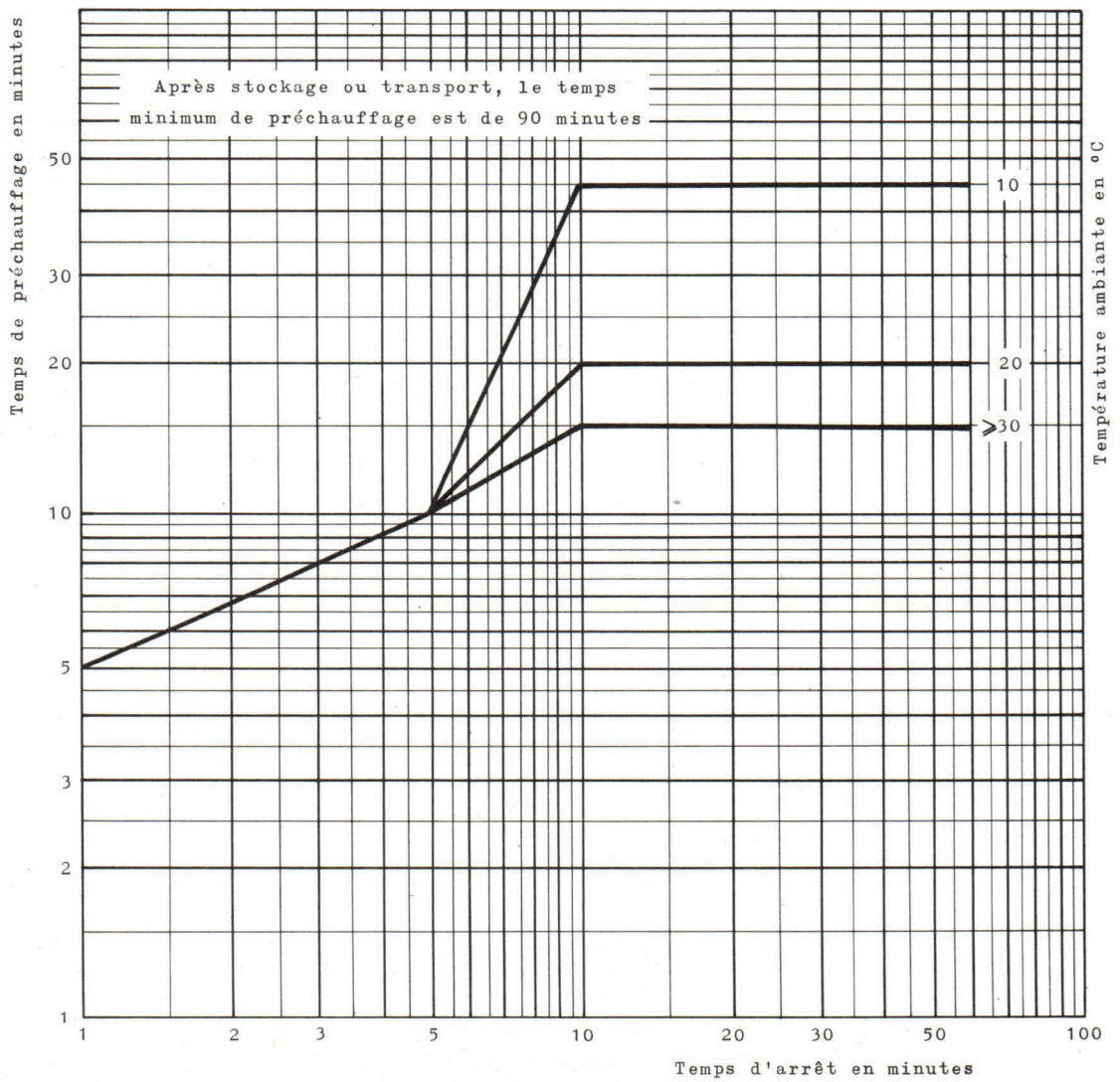
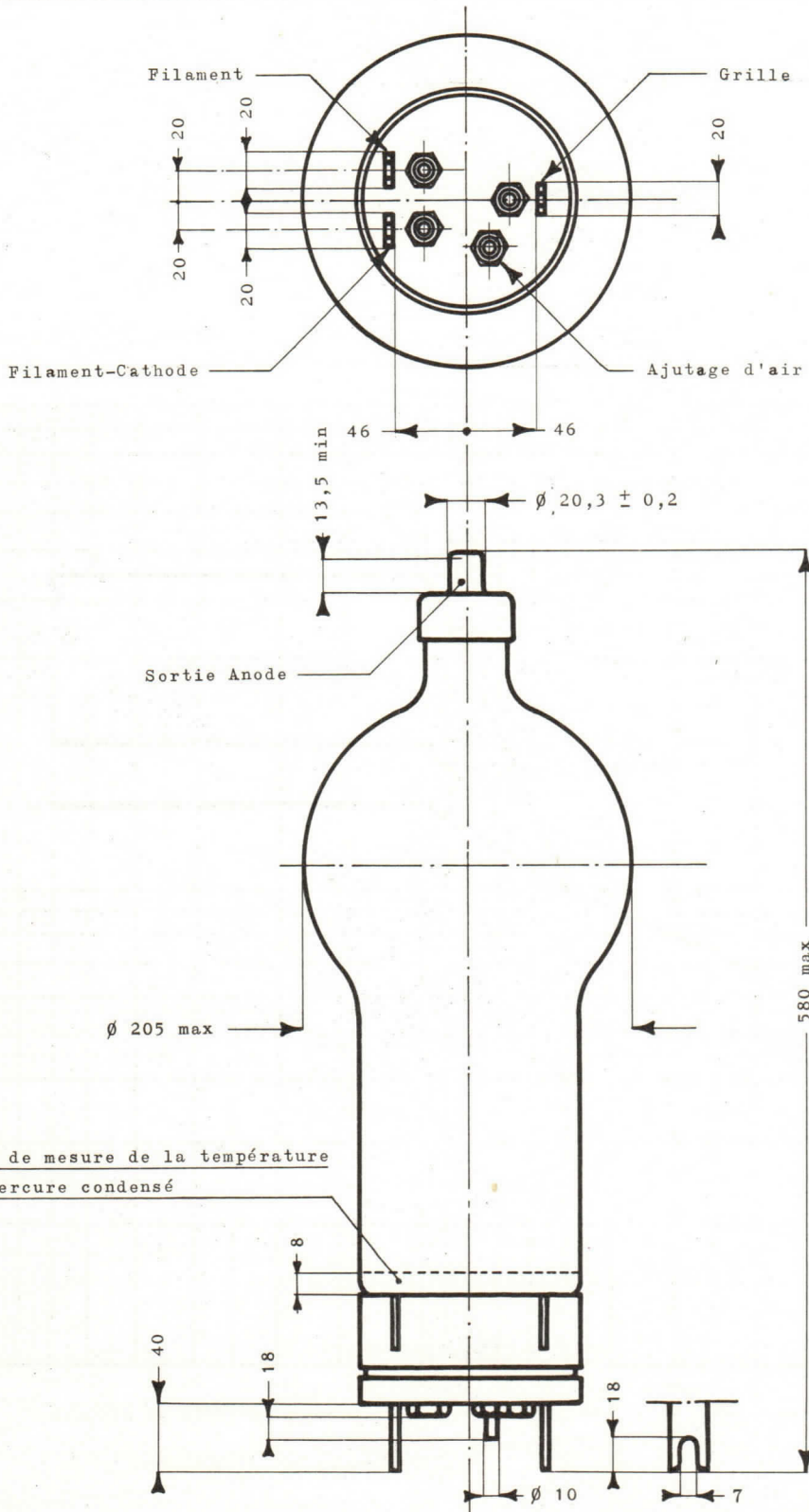


Fig. 2

# TH 6091



Toutes les cotes sont données en millimètres

# THYRATRON TH 6130

Le tube TH 6130 est un thyatron à vapeur de mercure à caractéristique de contrôle de grille négative, pouvant supporter une tension inverse de 10 kV et débiter un courant moyen de 2,5 A. Il convient, en particulier, pour l'équipement des redresseurs alimentant les émetteurs de radiodiffusion ou les générateurs industriels de haute fréquence.

La commande des grilles des tubes TH 6130 permet de faire varier la tension redressée et peut constituer, en outre, un disjoncteur ultra-rapide en cas de court-circuit de la charge du redresseur.

## CARACTERISTIQUES GENERALES

### Electriques

Nature de la cathode .....	équipotentielle, à oxydes indirect
Mode de chauffage .....	indirect
Tension de chauffage (1) .....	5 V $\pm$ 5 %
Courant de chauffage (environ) .....	10 A
► Temps de préchauffage minimum (2) .....	5 mn
Chute de tension interne approximative .....	15 V
Caractéristiques de contrôle .....	voir courbe page 4

### Mécaniques

► Culot .....	(code France 4 A 25 code U.S.A. A 4 18)
Coiffe .....	code U.S.A. C 1 14
Position de fonctionnement .....	verticale, culot en bas
Mode de refroidissement .....	convection
► Poids net approximatif .....	470 g
Dimensions d'encombrement .....	voir dessin annexé

### Accessoires

Support .....	référence C.F.T.H. 16.030
Connexion d'anode (3) .....	référence C.F.T.H. 13.305

- (1) La tension de chauffage doit être prise sur les broches filament du tube.
- (2) Temps nécessaire pour porter la cathode à sa température de régime, sans tenir compte de la température du mercure condensé. Pour plus de détails, voir les conditions de préchauffage du tube page 3.
- (3) La liaison au circuit d'anode doit être effectuée par un fil souple non tendu.

► Modification apportée à la NOTICE : TE 134 de JUIN 1955 remplacée par la présente.

# CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# THYRATRON TH 6130

## CONDITIONS D'EMPLOI

### VALEURS LIMITES D'UTILISATION

Tension anodique de crête directe .....	10	kV
Tension anodique de crête inverse .....	10	kV
Courant anodique de crête .....	10	A
Courant anodique moyen .....	2,5	A
Temps d'intégration maximum du courant moyen .....	20	s
Courant de court-circuit (durée maximum 0,1 s) .....	100	A
Tension négative de grille maximum avant conduction .....	500	V
Tension négative de grille maximum pendant la conduction ....	10	V
Courant moyen de grille intégré pendant une période .....	0,25	A
Limites de fréquence de fonctionnement .....	25 à 150	Hz
Limites de température du mercure condensé .....	20 à 60	°C

### EXEMPLES DE FONCTIONNEMENT (4)

Température du mercure condensé ..... 40 ± 5 °C

Circuit	Tension d'entrée moyenne par bras V	Tension de sortie avant filtrage V	Courant de sortie max A
Monophasé 2 tubes ..... (montage en push-pull)	3535	3180	5
Monophasé 4 tubes ..... (montage en pont de Graetz)	7070	6360	5
Triphasé 3 tubes ..... (montage en 1/2 onde)	4080	4780	7,5
Triphasé 6 tubes ..... (montage en pont de Graetz)	4080	9570	7,5
Triphasé 6 tubes ..... (montage en double étoile)	4080	4780	15

(4) Les valeurs sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

- Source d'alimentation sinusoïdale
- Tensions équilibrées sur chaque phase
- Chute de tension interne nulle dans les tubes
- Charge du circuit purement ohmique
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.

► Modification apportée à la NOTICE : TE 134 de JUIN 1955 remplacée par la présente.

## CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# THYRATRON TH 6130

## TEMPS DE PRECHAUFFAGE DU TUBE

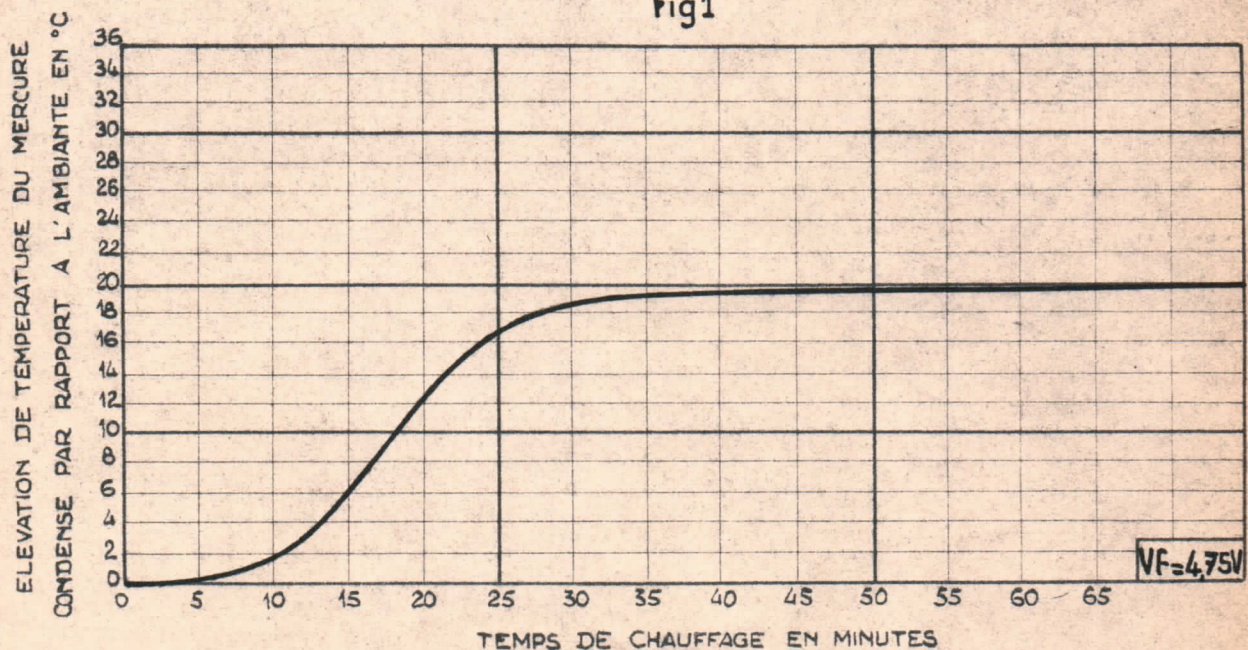
Le temps de préchauffage du tube avant application de la HT est très important pour sa durée de vie et pour sa tenue en tension.

- a) La cathode atteint sa température de régime suivant une loi à peu près indépendante de la température ambiante : c'est le temps de préchauffage minimum indiqué page 1.
- b) La répartition correcte du mercure à l'intérieur du tube dépend essentiellement de l'équilibre entre le chauffage par la cathode et le refroidissement par l'atmosphère au voisinage du tube.

Pour éviter les arcs en retour, qui risquent de détruire le tube, il est essentiel de s'opposer à toute condensation de mercure sur l'anode ou dans son voisinage. La partie supérieure du ballon doit donc toujours être plus chaude que la partie inférieure. Cette dernière étant réchauffée par le rayonnement de la cathode, il peut être nécessaire de souffler de l'air conditionné sur la surface désignée par "zone de mesure de la température du mercure condensé" sur le dessin d'encombrement. Cette zone doit être dans tous les cas le point le plus froid de l'enceinte du tube. En particulier, il y aura lieu de veiller à ce qu'aucun courant d'air froid ne parvienne, même fortuitement, sur la partie supérieure du tube.

- c) La température du mercure condensé définit la pression de la vapeur de mercure à l'intérieur du tube. Cette pression doit être maintenue entre des limites assez étroites. La courbe fig. 1 donne l'élévation de température du mercure condensé au-dessus de la température ambiante en fonction du temps de chauffage, pour la tension minimum de chauffage du filament.

fig1



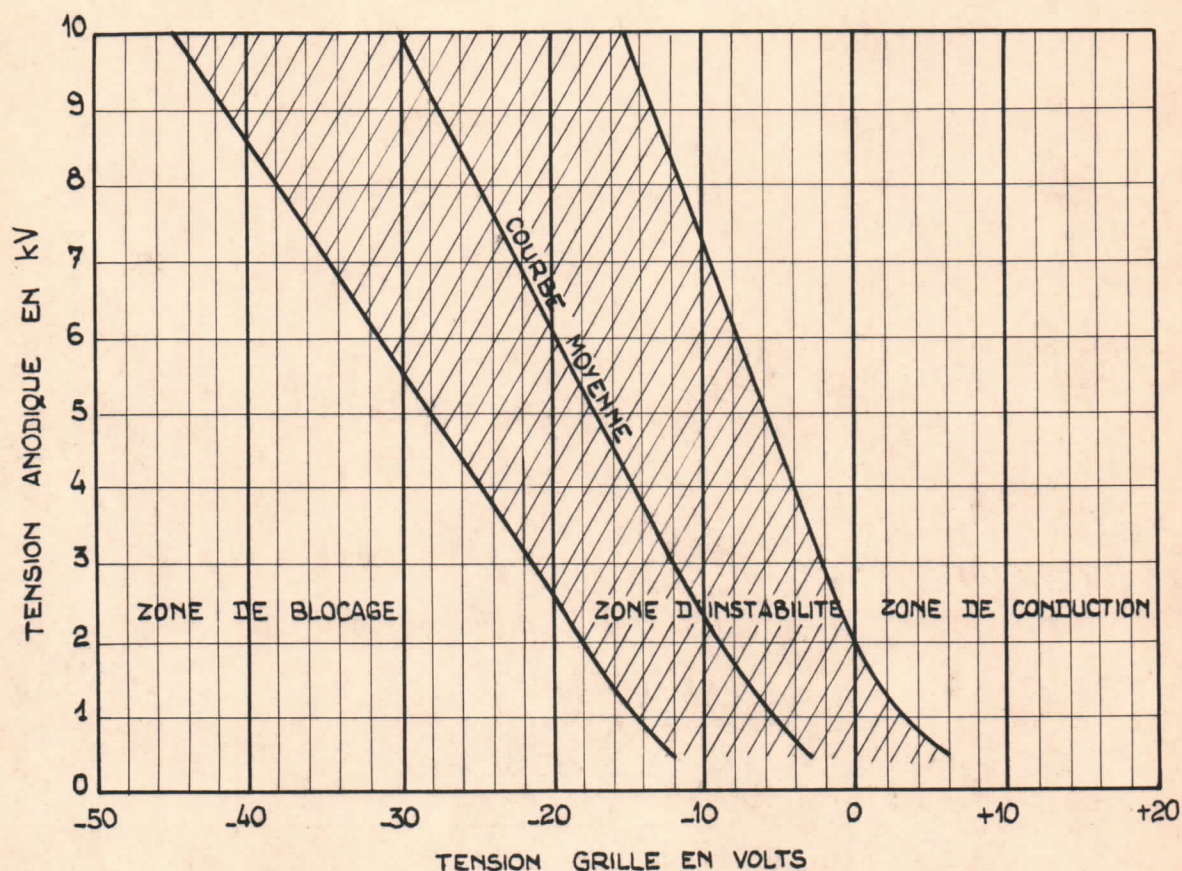
► Modification apportée à la NOTICE : TE 134 de JUIN 1955 remplacée par la présente.

## CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# THYRATRON TH 6130

## CARACTERISTIQUES D'AMORÇAGE



NOTA : La zone hachurée de ce diagramme tient compte des inévitables tolérances de caractéristiques des thyratrons à vapeur de mercure qui sont dues :

- aux évolutions de la température du mercure condensé
- aux variations de la tension de chauffage du filament
- au vieillissement du tube pendant son fonctionnement

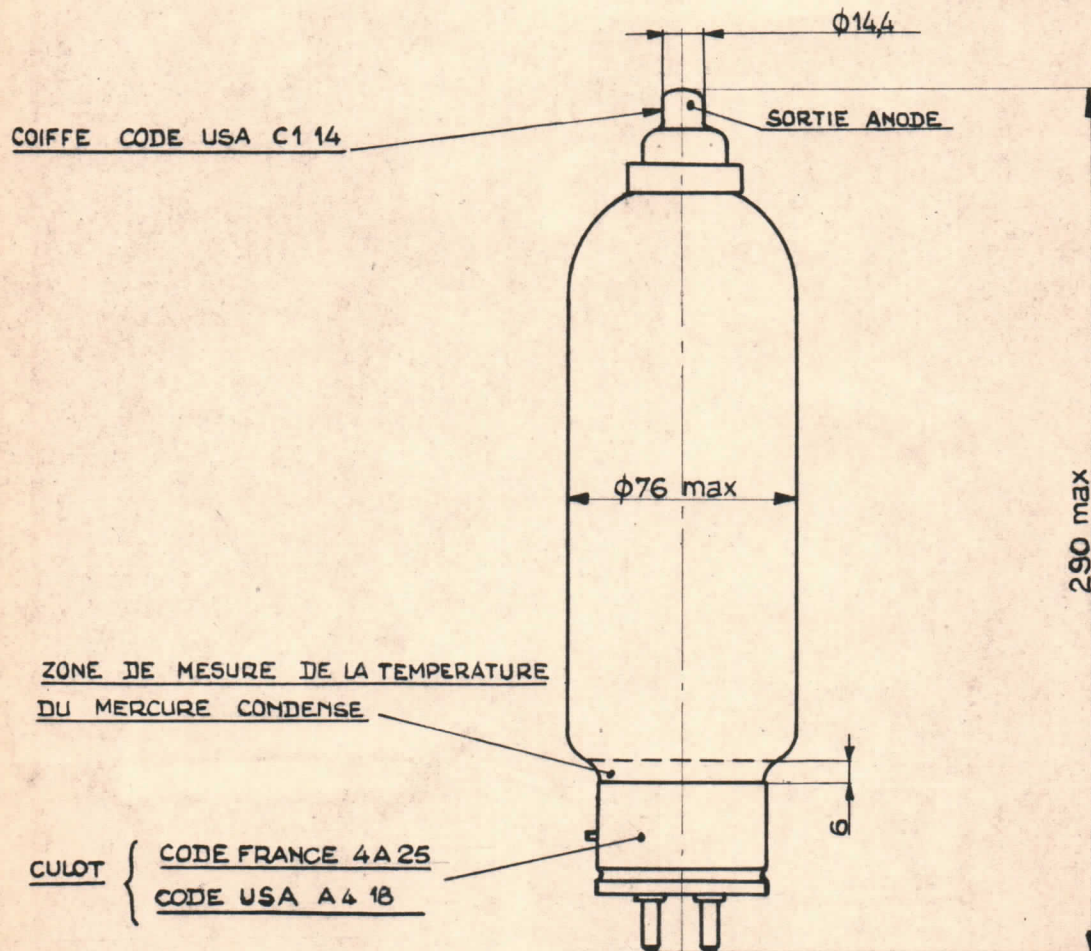
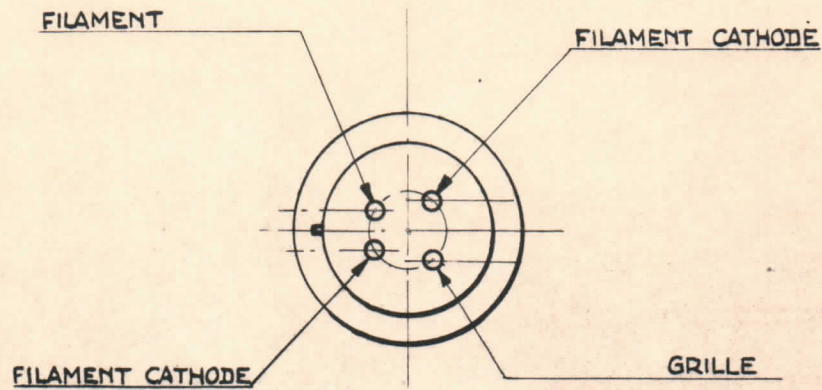
► Modification apportée à la NOTICE : TE 134 de JUIN 1955 remplacée par la présente.

# CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE



# THYRATRON TH 6130



► Modification apportée à la NOTICE : TE 134 de JUIN 1955 remplacée par la présente.



COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
 GROUPE ÉLECTRONIQUE

**THYRATRON TH6220 A**

Le tube TH 6220 A est un thyatron à atmosphère de gaz inerte, possédant une caractéristique de contrôle de grille négative. Il peut supporter une tension inverse de 1 500 V et débiter un courant moyen de 6,4 A.

Le thyatron TH 6220 A est à chauffage rapide; il peut fonctionner à pleine charge dans des limites de température ambiante très étendues.



**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES**

**Electriques**

Nature de la cathode . . . . .	oxydes
Mode de chauffage . . . . .	direct
Tension de chauffage . . . . .	2,5 V $\pm$ 5%
Courant de chauffage, environ . . . . .	21 A
Temps minimum de préchauffage . . . . .	60 s
Capacités interélectrodes approximatives :	
Cathode-grille . . . . .	10 pF
Grille-anode . . . . .	10 pF
Chute de tension interne, environ . . . . .	16 V
Courant de grille critique (pour une tension anodique alternative de 200 V)	10 $\mu$ A
Temps d'ionisation, environ . . . . .	10 $\mu$ s
Temps de désionisation, environ :	
pour une tension continue de grille de -250 V . . . . .	100 $\mu$ s
pour une tension continue de grille de - 12 V . . . . .	700 $\mu$ s

**Mécaniques**

Culot . . . . .	code UTE 4A25
Position de fonctionnement . . . . .	indifférente
Mode de refroidissement . . . . .	par convection
Poids net approximatif . . . . .	350 g
Dimensions . . . . .	voir dessin

**Accessoires**

Support . . . . .	référence TH 16 030
Connexion d'anode . . . . .	référence TH 13 305

Annule et remplace la Notice TE 137 A de Septembre 1957

## CONDITIONS D'EMPLOI

### Valeurs limites d'utilisation

Tension anodique de crête :

directe . . . . . 1 500 V  
inverse . . . . . 1 500 V

Courant cathodique de crête . . . . . 80 A

Courant cathodique moyen . . . . . 6,4 A

Courant de court-circuit (1) . . . . . 1 120 A

Temps maximum d'intégration . . . . . 15 s

Tension négative maximum de grille :

avant la conduction . . . . . 250 V

pendant la conduction . . . . . 10 V

Courant positif maximum de grille :

anode positive . . . . . 0,20 A

anode négative . . . . . 0,10 A

Facteur de commutation (2) . . . . . 130

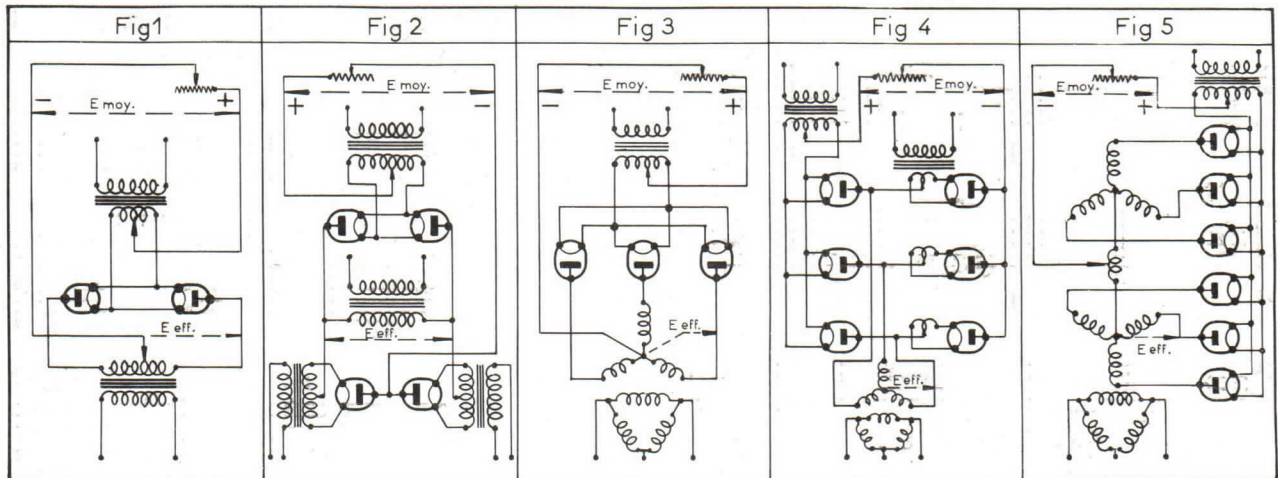
Limites de température ambiante . . . . . -55 à +70 °C

### Exemples de fonctionnement en redresseur (3)

Fig.	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en V	Tension moyenne de sortie avant filtrage en V	Courant moyen de sortie en A
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	530	475	12,8
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graëtz)	1 060	950	12,8
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	610	710	19,2
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graëtz)	610	1 420	19,2
5	Triphasé 6 tubes (montage en double étoile)	610	710	38,4

(1) Courant maximum pouvant circuler pendant 0,1 s sans entraîner la détérioration immédiate du tube mais dont la répétition réduirait considérablement sa durée de vie ou le mettrait hors service. Cette valeur est utile pour la protection des circuits d'utilisation.

(2) Le facteur de commutation est le produit de la vitesse de décroissance du courant en ampères par microseconde, juste avant la commutation, par la vitesse de croissance de la tension inverse en volts par microseconde, juste après la commutation.



### CONSIGNES D'UTILISATION

#### MONTAGE

La disposition du tube doit être telle qu'une libre circulation d'air puisse s'effectuer par tirage naturel autour du ballon. Par exemple, il est recommandé de respecter entre les tubes des distances au moins égales à leur diamètre.

Afin d'éviter des contraintes mécaniques dangereuses la connexion d'anode doit être flexible et non tendue et il est recommandé de soustraire le tube aux fortes vibrations.

#### UTILISATION

Le retour des circuits grille et anode doit se faire par le point milieu du transformateur de chauffage. Les contacts des broches et de la sortie d'anode doivent être surveillés et maintenus en bon état.

Dans le cas d'une utilisation en redresseur filtré, il est nécessaire qu'une réactance précède le premier condensateur de filtrage, afin de limiter la pointe de courant anodique.

#### ALIMENTATION DU FILAMENT

La tension filament, mesurée aux broches mêmes du tube, doit rester dans les tolérances indiquées, sous peine de mauvais fonctionnement et de diminution de la durée de vie du tube.

On obtiendra un fonctionnement et une durée de vie meilleurs en utilisant une tension filament en quadrature avec la tension anode, et telle que la tension sur la broche filament la plus proche de la broche de grille décroisse du positif au négatif quand la tension anode est en crête d'alternance positive.

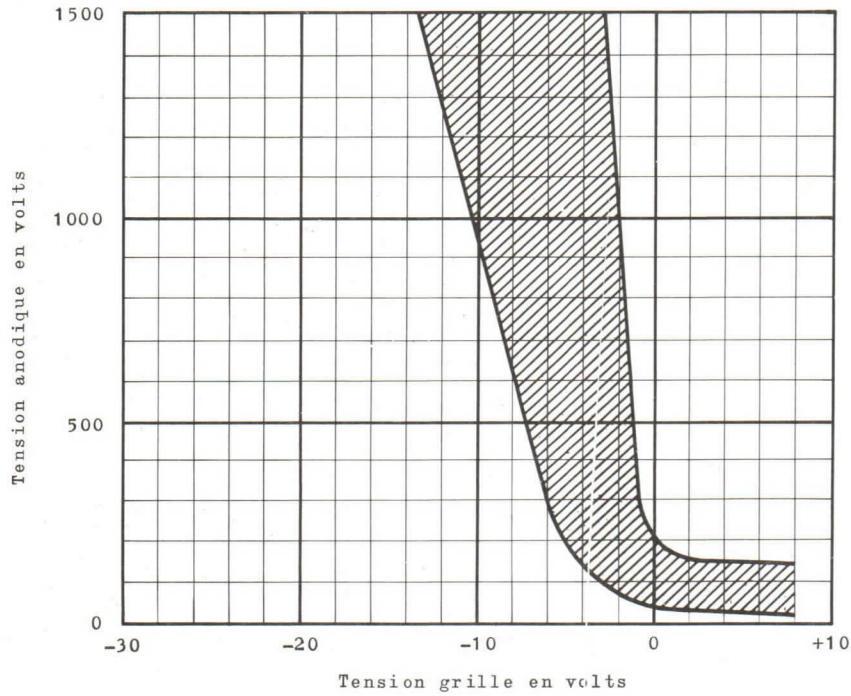
En triphasé, chaque tube devra être connecté de telle sorte que la tension anode et la tension filament soient aussi près que possible de la quadrature, c'est-à-dire que la tension filament soit déphasée de  $90^\circ \pm 30^\circ$  par rapport à la tension anode.

Si l'on ne peut fonctionner en quadrature, la tension sur la broche filament la plus proche de la broche de grille devra être négative quand l'anode sera positive.

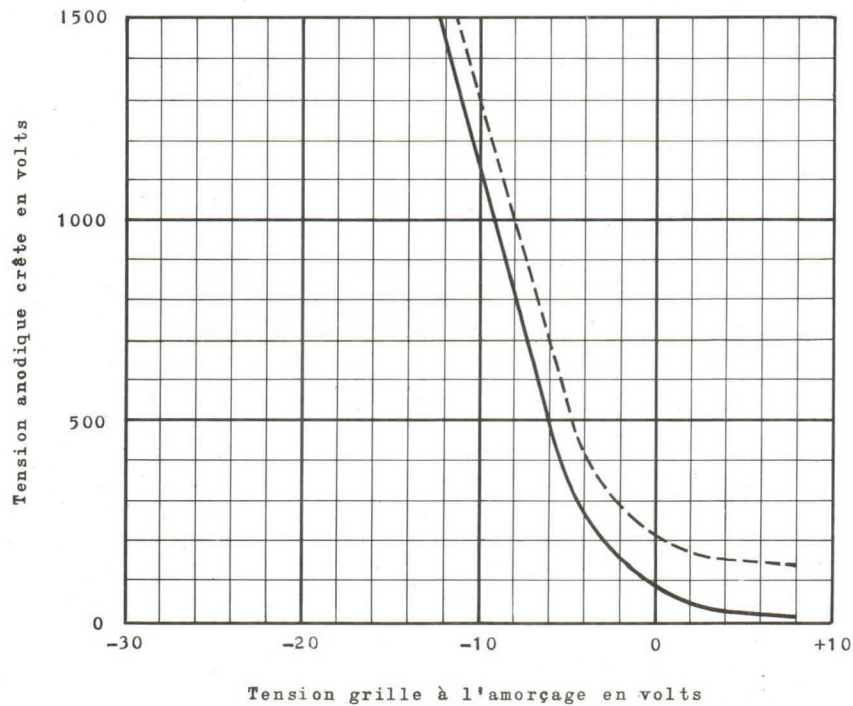
(3) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube.

Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

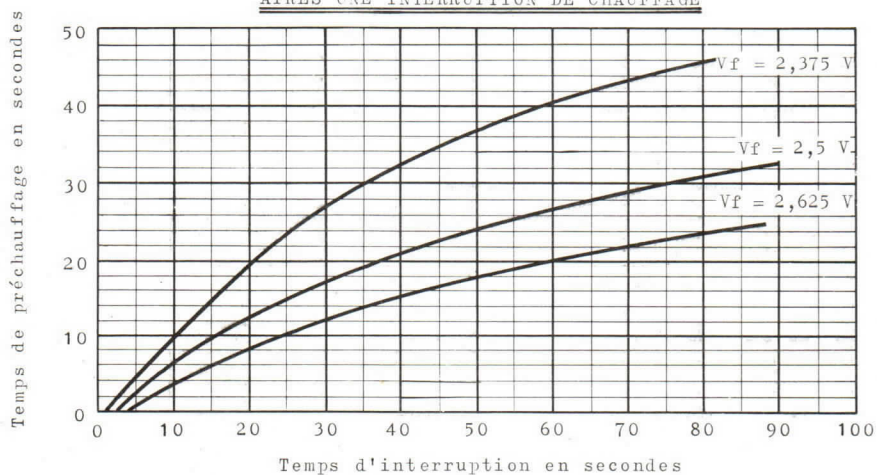
- Source d'alimentation sinusoïdale.
- Tension équilibrée sur les bras du transformateur HT.
- Chute de tension interne nulle dans les tubes.
- Charge du circuit purement ohmique.
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.

CARACTERISTIQUES D'AMORÇAGE
VARIATION DE LA CARACTERISTIQUE DE COMMANDE  
AVEC LA PHASE DE LA TENSION FILAMENT

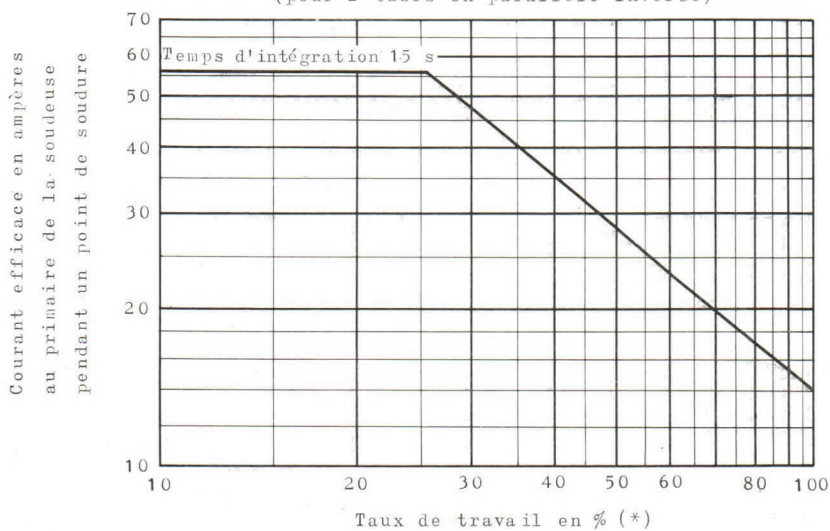
Tension sur la broche filament la plus proche de la broche grille:  
 ——— déphasée de  $180^\circ$  par rapport à la tension anodique  
 - - - - en phase avec la tension anodique



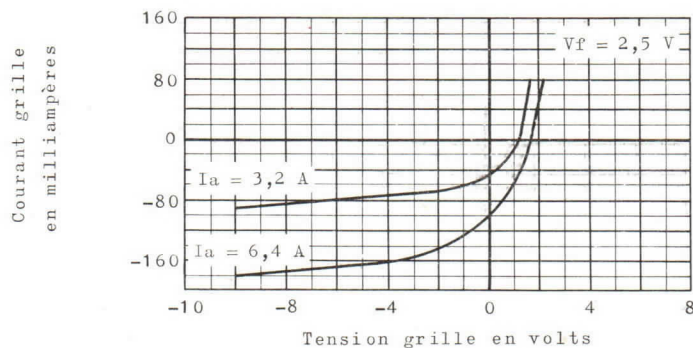
TEMPS DE PRECHAUFFAGE DE LA CATHODE  
APRES UNE INTERRUPTION DE CHAUFFAGE



COURANT DEMANDE EN FONCTION DU TAUX DE TRAVAIL  
(pour 2 tubes en parallèle inverse)

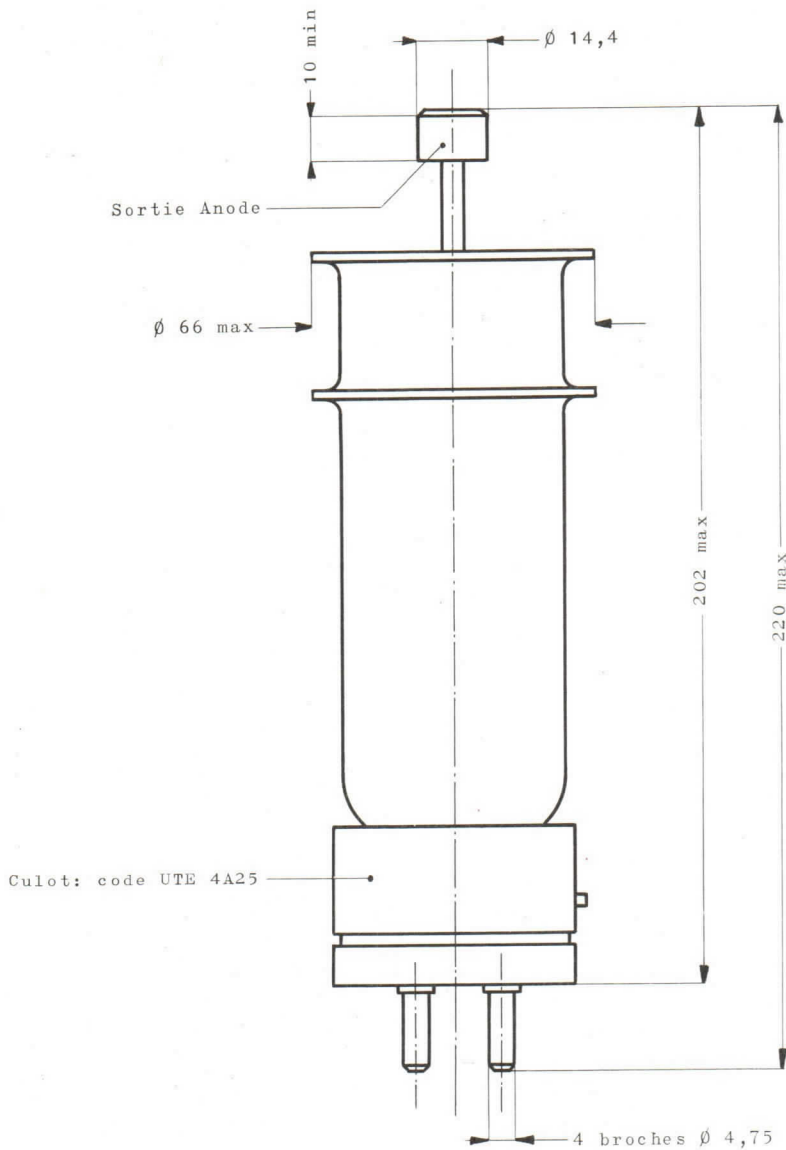
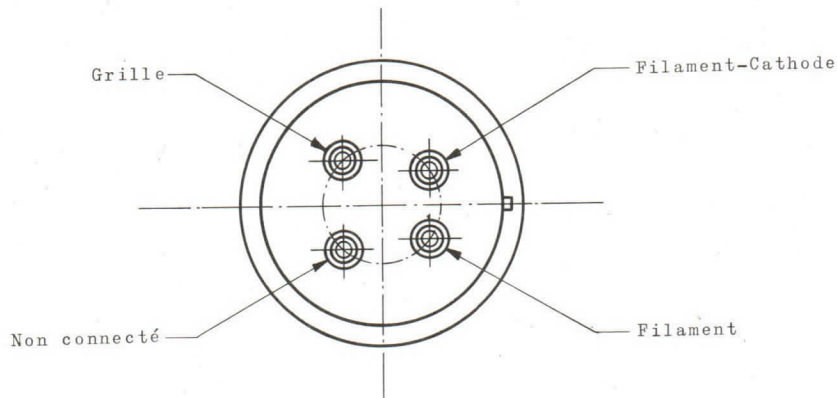


COURANT GRILLE PENDANT LA CONDUCTION



(\*) Taux de travail % =  $\frac{\text{durée d'une soudure}}{\text{durée d'une soudure} + \text{durée de l'intervalle entre 2 soudures}} \times 100$

# TH 6220 A



Toutes les cotes sont données en millimètres

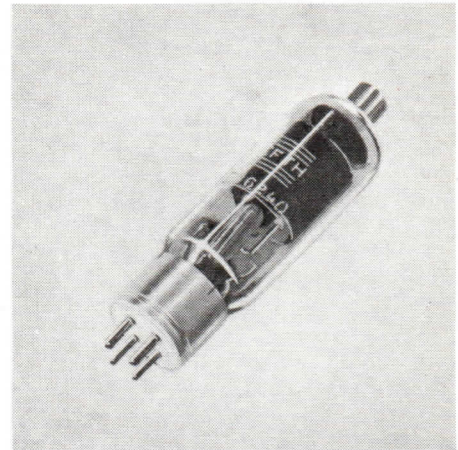
# THYRATRON

## THYRATRON TH 6240

Le tube TH 6240 est un thyatron à atmosphère de gaz inerte et de vapeur de mercure possédant une caractéristique de commande de grille négative. Il peut supporter une tension inverse de 1 500 V et débiter un courant moyen de 2,5 A.

L'atmosphère particulière de ce tube permet un amorçage rapide et donne une grande constance des caractéristiques entre des limites de température ambiante très étendues.

Le thyatron TH 6240 convient spécialement pour les circuits d'amorçage des ignitrons.



### CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

#### Electriques

Nature de la cathode . . . . .	oxydes
Mode de chauffage . . . . .	direct
Tension de chauffage . . . . .	2,5 V $\pm$ 5%
Courant de chauffage, environ . . . . .	7,5 A
Temps minimum de préchauffage . . . . .	20 s
Capacités interélectrodes approximatives :	
Cathode-grille . . . . .	12 pF
Grille-anode . . . . .	2 pF
Chute de tension interne, environ . . . . .	15 V
Courant grille critique (pour une tension anodique de 220 V) . . . . .	10 $\mu$ A
Temps d'ionisation, environ . . . . .	10 $\mu$ s
Temps de désionisation, environ . . . . .	1 000 $\mu$ s

#### Mécaniques

Culot . . . . .	code UTE 4 C 17 B
Position de refroidissement . . . . .	verticale, culot en bas
Mode de refroidissement . . . . .	par convection
Elévation de température du mercure condensé au-dessus de l'ambiante:	
à pleine charge, environ . . . . .	30 °C
sans charge, environ . . . . .	25 °C
Poids net approximatif . . . . .	150 g
Dimensions . . . . .	voir dessin

#### Accessoires

Support . . . . .	référence TH 16 006
Connexion d'anode . . . . .	référence TH 13 305

Annule et remplace la Notice TE 135 B de Septembre 1957



## CONDITIONS D'EMPLOI

### Valeurs limites d'utilisation

Tension anodique de crête :	
directe . . . . .	1 500 V
inverse . . . . .	1 500 V
Courant cathodique de crête . . . . .	30 A
Courant cathodique moyen . . . . .	2,5 A
Courant de court-circuit (1) . . . . .	250 A
Temps maximum d'intégration . . . . .	5 s
Tension négative maximum de grille :	
avant la conduction . . . . .	500 V
pendant la conduction . . . . .	10 V
Courant moyen de grille intégré pendant une période . . . . .	0,25 A
Limites de température du mercure condensé . . . . .	-40 à +80°C

### Exemples de fonctionnement en redresseur (2)

Fig.	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en V	Tension moyenne de sortie avant filtrage en V	Courant moyen de sortie en A
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	530	475	5
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graëtz)	1 060	950	5
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	610	710	7,5
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graëtz)	610	1 420	7,5
5	Triphasé 6 tubes (montage en double étoile)	610	710	15

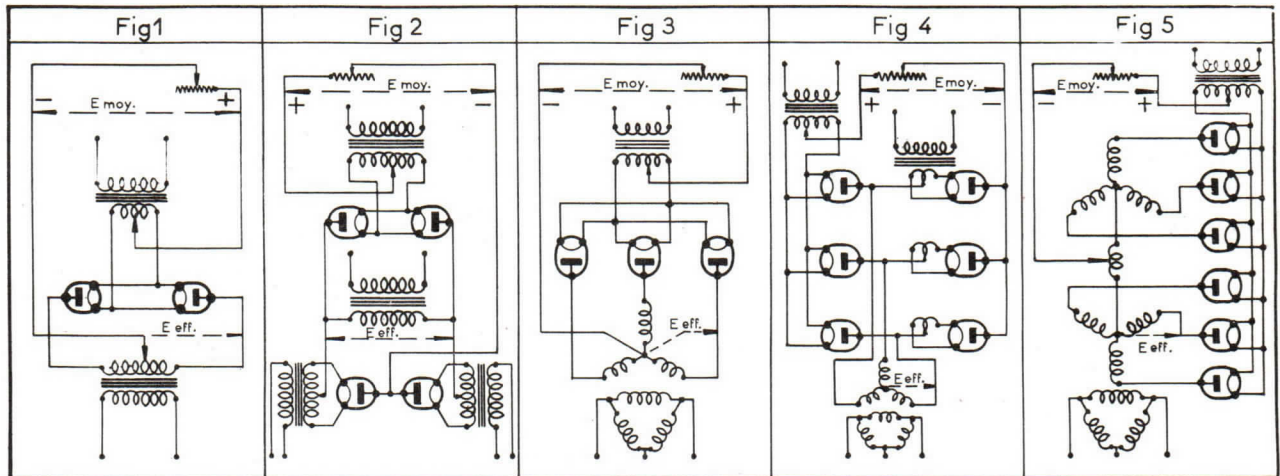
(1) Courant maximum pouvant circuler pendant 0,1 s sans entraîner la détérioration immédiate du tube mais dont la répétition réduirait considérablement sa durée de vie ou le mettrait hors service.

Cette valeur est utile pour la protection des circuits d'utilisation.

(2) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube.

Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

- Source d'alimentation sinusoïdale.
- Tension équilibrée sur les bras du transformateur HT.
- Chute de tension interne nulle dans les tubes.
- Charge du circuit purement ohmique.
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.



CONSIGNES D'UTILISATION

Montage

La disposition du tube doit être telle qu'une libre circulation d'air puisse s'effectuer par tirage naturel autour du ballon. Par exemple, il est recommandé de respecter entre les tubes des distances au moins égales à leur diamètre.

Afin d'éviter des contraintes mécaniques dangereuses la connexion d'anode doit être flexible et non tendue et il est recommandé de soustraire le tube aux fortes vibrations.

Utilisation

Le retour des circuits grille et anode doit se faire par le point milieu du filament. Les contacts des broches et de la sortie d'anode doivent être surveillés et maintenus en bon état.

Dans le cas d'une utilisation en redresseur filtré, il est nécessaire qu'une réactance précède le premier condensateur de filtrage, afin de limiter la pointe de courant anodique.

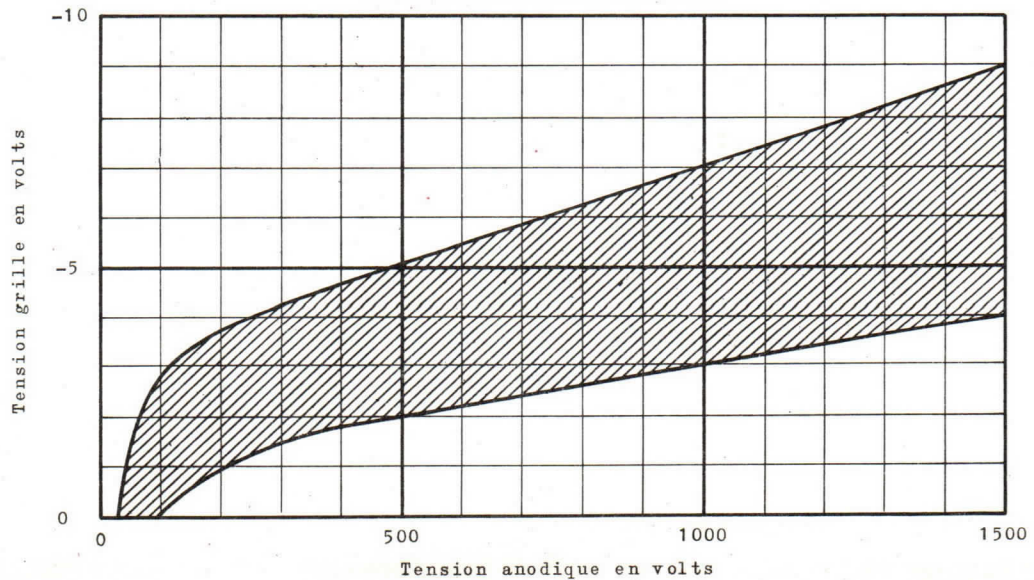
Alimentation du filament

La tension filament, mesurée aux broches mêmes du tube, doit rester dans les tolérances indiquées, sous peine de mauvais fonctionnement et de diminution de la durée de vie du tube.

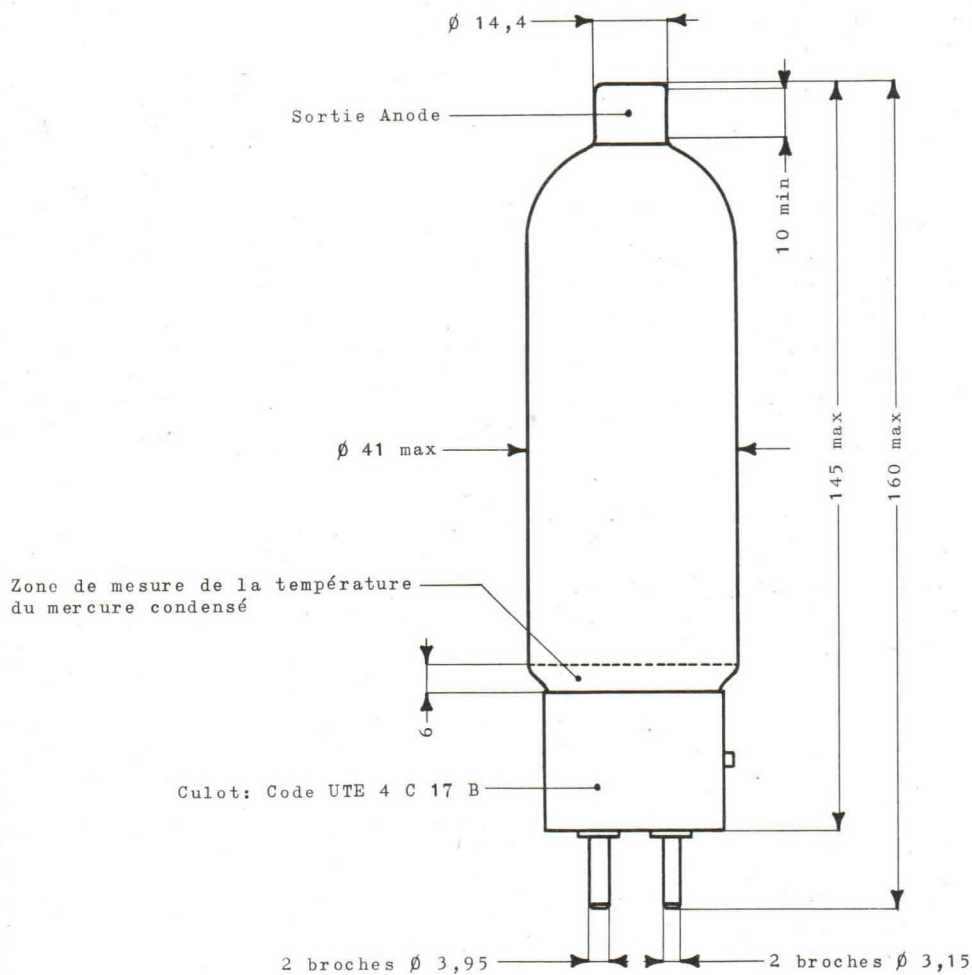
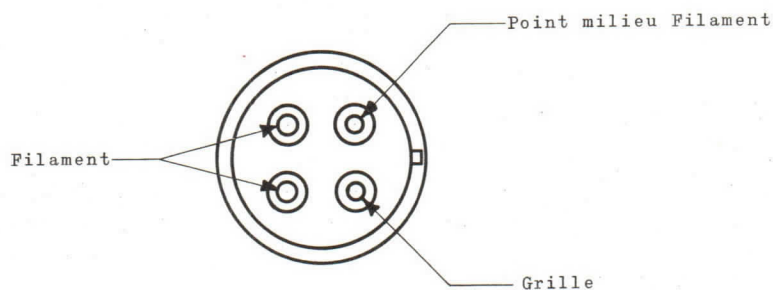
On obtiendra un fonctionnement et une durée de vie meilleurs en utilisant une tension filament en quadrature avec la tension anode.

En triphasé, chaque tube devra être connecté de telle sorte que la tension anode et la tension filament soient aussi près que possible de la quadrature, c'est-à-dire que la tension filament soit déphasée de  $90^\circ \pm 30^\circ$  par rapport à la tension anode.

CARACTERISTIQUES D'AMORÇAGE



# TH6240



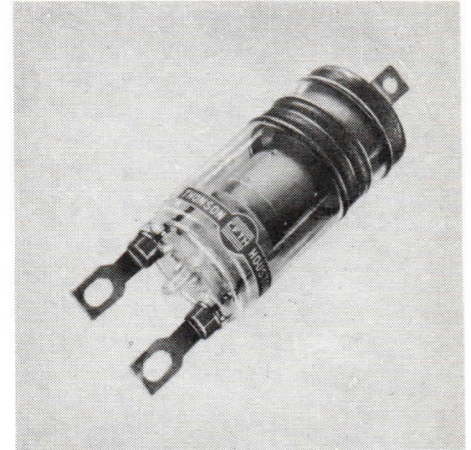
Toutes les cotes sont données en millimètres

**THYRATRON TH 6250**

Le tube TH 6250 est un thyatron à atmosphère de gaz inerte possédant une caractéristique de commande de grille négative. Il peut supporter une tension inverse de 1 500 V et débiter un courant moyen de 18 A.

Le thyatron TH 6250 est à chauffage rapide et il peut fonctionner à pleine charge dans des limites de température ambiante très étendues.

Il est spécialement prévu pour les circuits de commande en électronique industrielle. Son facteur de commutation élevé permet son emploi pour la commande des moteurs sans nécessiter de circuits amortisseurs et sans qu'il se produise d'absorption de gaz réduisant la vie du tube.



**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES**

**Electriques**

Nature de la cathode . . . . .	oxydes
Mode de chauffage . . . . .	direct
Tension de chauffage . . . . .	2,5 V $\pm$ 5%
Courant de chauffage, environ . . . . .	.34 A
Temps minimum de préchauffage . . . . .	.60 s
Capacités interélectrodes approximatives :	
Cathode - grille . . . . .	.25 pF
Grille - anode . . . . .	.50 pF
Chute de tension interne, environ . . . . .	.16 V
Courant de grille critique (pour une tension anodique alternative de 220 V) . . . . .	10 $\mu$ A
Temps d'ionisation, environ . . . . .	.10 $\mu$ s
Temps de désionisation, environ . . . . .	1 000 $\mu$ s

**Mécaniques**

Culot . . . . .	spécial
Position de fonctionnement . . . . .	indifférente
Mode de refroidissement . . . . .	par convection
Poids net approximatif . . . . .	1,3 kg
Dimensions . . . . .	voir dessin

Annule et remplace la Notice TE 136 A de Décembre 1957

## CONDITIONS D'EMPLOI

### Valeurs limites d'utilisation

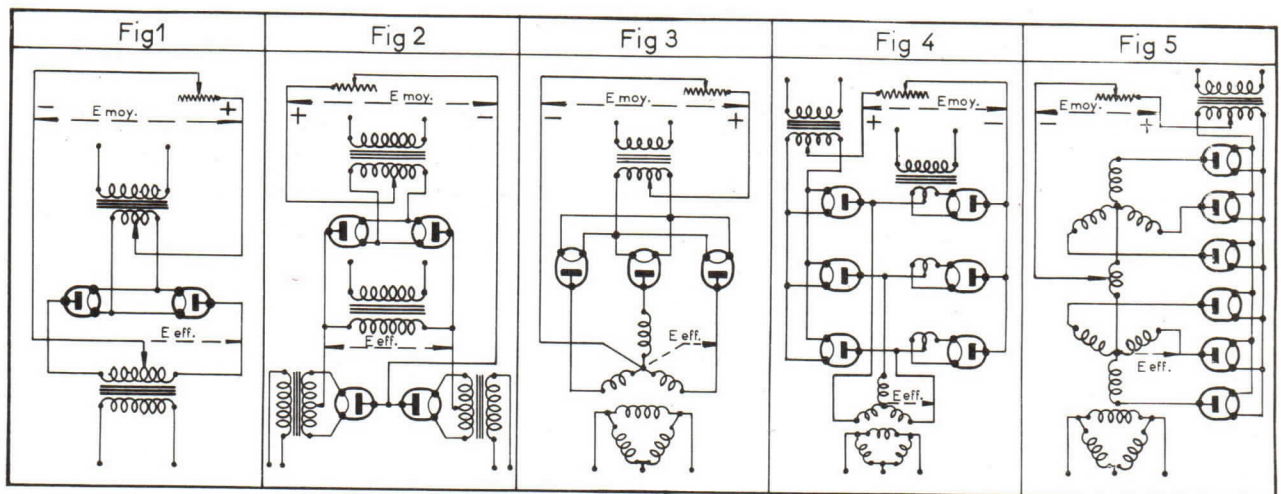
Tension anodique de crête :		
directe . . . . .	1 500	V
inverse . . . . .	1 500	V
Courant cathodique de crête . . . . .	160	A
Courant cathodique moyen . . . . .	18	A
Courant de court-circuit (1) . . . . .	2 000	A
Temps maximum d'intégration . . . . .	15	s
Tension négative maximum de grille :		
avant la conduction . . . . .	250	V
pendant la conduction . . . . .	10	V
Courant moyen de grille intégré pendant une période . . . . .	0,5	A
Facteur de commutation (2) . . . . .	200	
Limites de température ambiante . . . . .	-55 à + 70	°C

### Exemples de fonctionnement en redresseur (3)

Fig.	Circuit	Tension efficace par bras au secondaire en V	Tension moyenne de sortie avant filtrage en V	Courant moyen de sortie en A
1	Monophasé 2 tubes (montage en push-pull)	530	475	36
2	Monophasé 4 tubes (montage en pont de Graëtz)	1060	950	36
3	Triphasé 3 tubes (montage en valve)	610	710	54
4	Triphasé 6 tubes (montage en pont de Graëtz)	610	1 420	54
5	Triphasé 6 tubes (montage en double étoile)	610	710	108

(1) Courant maximum pouvant circuler pendant 0,1 s sans entraîner la détérioration immédiate du tube mais dont la répétition réduirait considérablement sa durée de vie ou le mettrait hors service. Cette valeur est utile pour la protection des circuits d'utilisation.

(2) Le facteur de commutation est le produit de la vitesse de décroissance du courant en ampères par microseconde, juste avant la commutation, par la vitesse de croissance de la tension inverse en volts par microseconde, juste après la commutation.



### CONSIGNES D'UTILISATION

#### MONTAGE

La disposition du tube doit être telle qu'une libre circulation d'air puisse s'effectuer par tirage naturel autour du ballon. Par exemple, il est recommandé de respecter entre les tubes des distances au moins égales à leur diamètre.

Afin d'éviter des contraintes mécaniques dangereuses il est recommandé de soustraire le tube aux fortes vibrations.

#### UTILISATION

Le retour des circuits grille et anode doit se faire par le point milieu du transformateur de chauffage. Les contacts des broches et de la sortie d'anode doivent être surveillés et maintenus en bon état.

Dans le cas d'une utilisation en redresseur filtré, il est nécessaire qu'une réactance précède le premier condensateur de filtrage, afin de limiter la pointe de courant anodique.

#### ALIMENTATION DU FILAMENT

La tension filament, mesurée aux broches mêmes du tube, doit rester dans les tolérances indiquées, sous peine de mauvais fonctionnement et de diminution de la durée de vie du tube.

On obtiendra un fonctionnement et une durée de vie meilleurs en utilisant une tension filament en quadrature avec la tension anodique et telle que la tension sur la broche filament située sur le même côté que la prise de connexion de grille décroisse du positif au négatif quand la tension anodique est en crête d'alternance positive.

En triphasé, chaque tube devra être connecté de telle sorte que la tension anodique et la tension filament soient aussi près que possible de la quadrature, c'est-à-dire que la tension filament soit déphasée de  $90^\circ \pm 30^\circ$  par rapport à la tension anodique.

Si l'on ne peut fonctionner en quadrature, la tension sur la broche filament précédemment définie devra être négative quand l'anode sera positive.

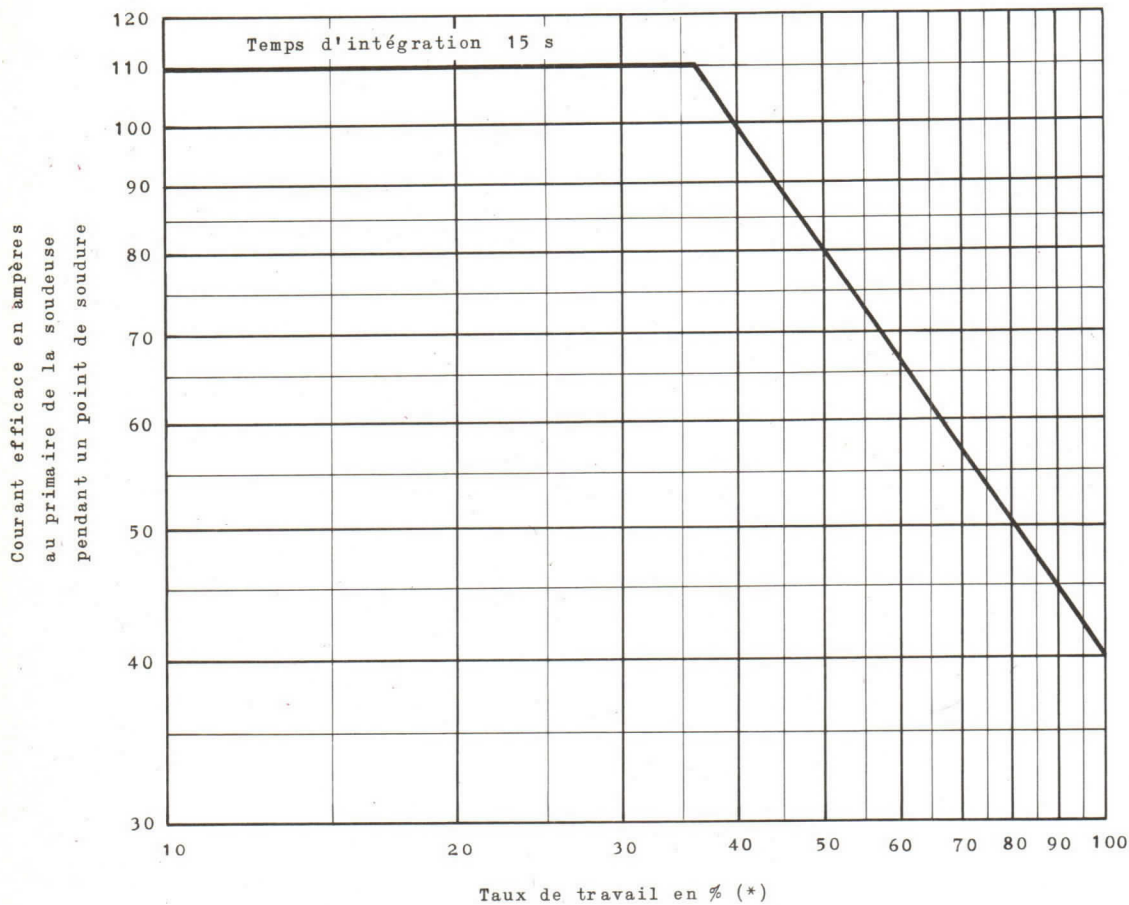
(3) Les valeurs représentent les limites d'utilisation du tube.

Elles sont calculées en supposant réunies les conditions idéales suivantes :

- Source d'alimentation sinusoïdale.
- Tension équilibrée sur les bras du transformateur HT
- Chute de tension interne nulle dans les tubes
- Charge du circuit purement ohmique
- Pas de capacité à l'entrée du filtre.

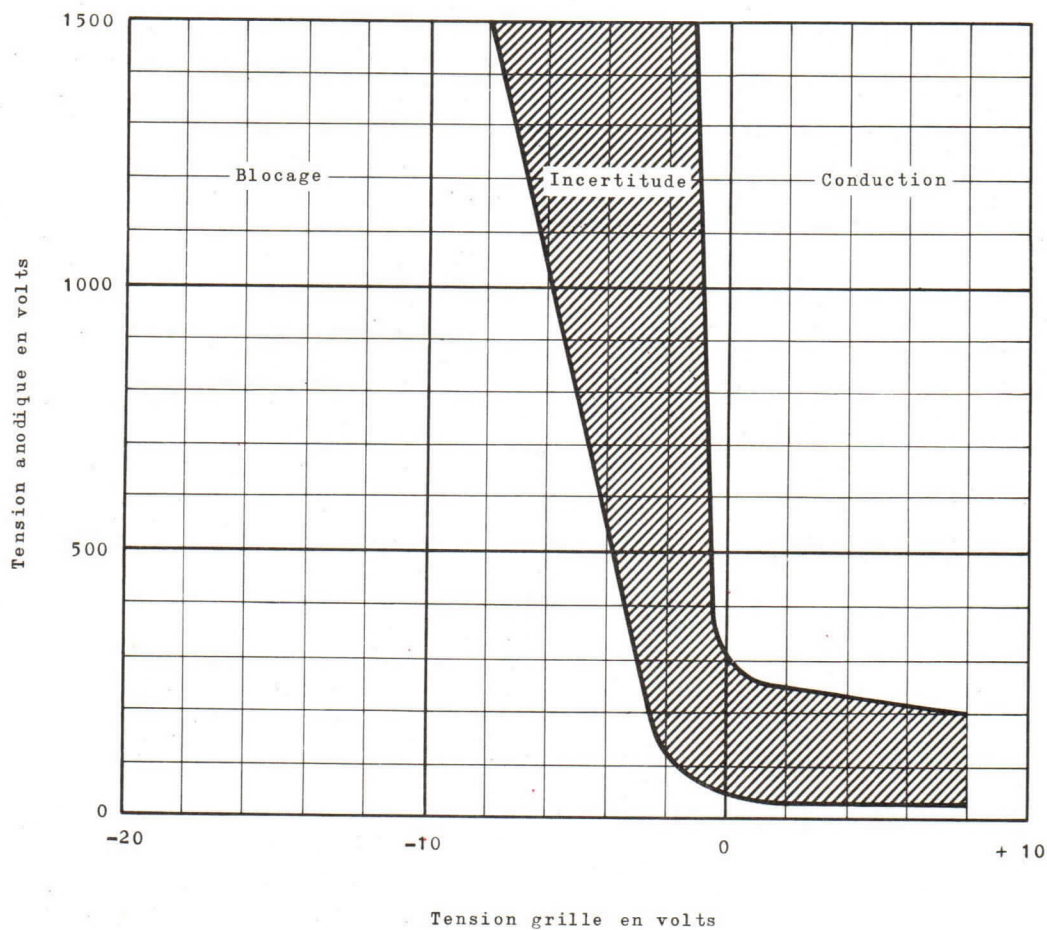


COURANT DEMANDE EN FONCTION DU TAUX DE TRAVAIL  
 ( pour 2 tubes en parallèle inverse )



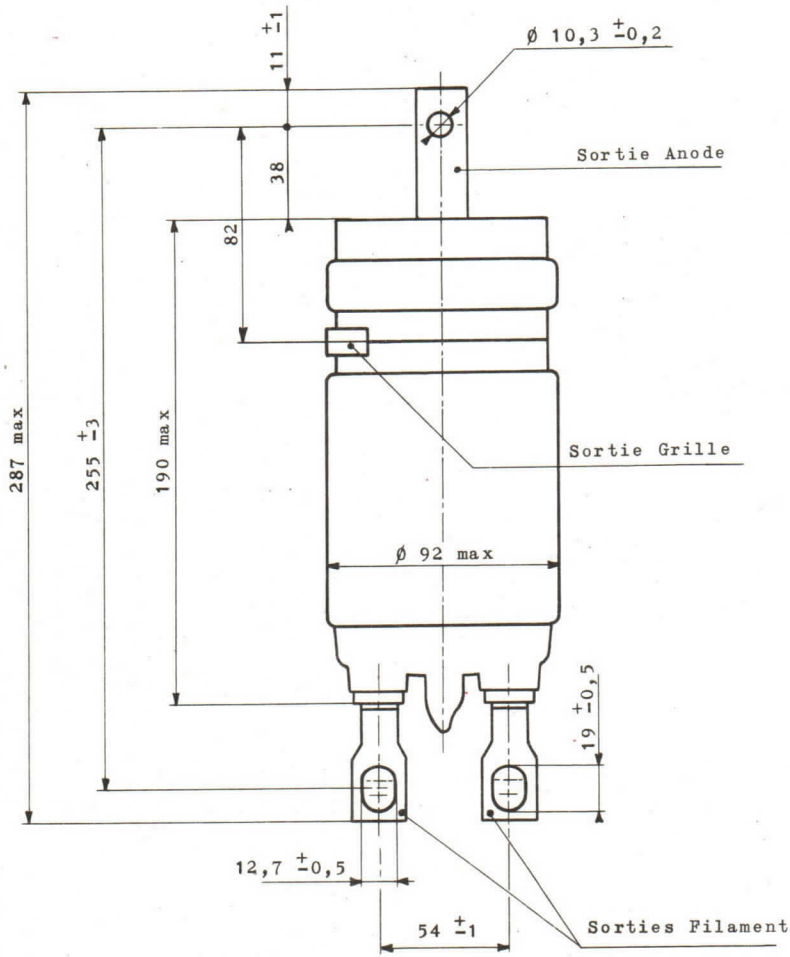
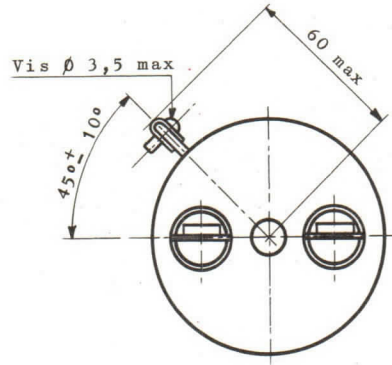
(\*) Taux de travail % =  $\frac{\text{durée d'une soudure}}{\text{durée d'une soudure} + \text{durée de l'intervalle entre 2 soudures}} \times 100$

CARACTERISTIQUES D'AMORCAGE





# TH 6250



Toutes les cotes sont données en millimètres



IGNITRON TH 7010

Taille A

Le tube TH 7010 est un ignitron à refroidissement par air forcé ou circulation d'eau, conçu plus particulièrement pour être utilisé dans la commande de soudure. Dans cette utilisation 2 tubes en parallèle inverse peuvent transmettre une puissance de crête de 300 kVA (1) et rendre les mêmes services qu'un contacteur électromagnétique de 150 A (2). La fréquence du réseau doit être comprise entre 25 et 60 Hz.

L'ignitron TH 7010 peut également être utilisé dans des circuits changeurs de fréquence, dans des redresseurs à régime intermittent et dans des circuits de décharge de condensateurs.

Ce tube, d'encombrement réduit, peut être fixé par un collier de serrage autour de la partie inférieure du corps. Un collier spécial, refroidi par eau, peut être fourni pour le fonctionnement à pleine puissance; ce collier réalise également la connexion de cathode.



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Electriques

Nature de la cathode . . . . .	mercure
Electrode d'amorçage . . . . .	igniteur
Chute de tension interne, environ :	
- Pour un courant de crête de 1 700 A . . . . .	30 V
- Pour un courant de crête de 70 A . . . . .	12 V
Conditions d'amorçage de l'ignitron :	
- Tension igniteur de crête minimum . . . . .	200 V
- Courant igniteur de crête minimum . . . . .	30 A
- Temps maximum d'amorçage à 30 A de crête . . . . .	100 µs

Mécaniques

Mode de fixation . . . . .	collier de cathode
Position de fonctionnement . . . . .	verticale, sortie igniteur en bas
Température maximum du collier :	
- Refroidissement par air forcé . . . . .	75 °C
- Refroidissement par eau . . . . .	50 °C
Poids net approximatif . . . . .	0,9 kg
Dimensions . . . . .	voir dessin

(1) En redroissement par circulation d'eau.  
 (2) Avec un taux de travail d'environ 30%; voir courbes figure 2 pour plus de détails.

Annule et remplace la notice TE 138 B d'Octobre 1957

**CONDITIONS D'EMPLOI**

EN COMMANDE DE SOUDURE

**Valeurs limites d'utilisation du circuit principal**

2 tubes en parallèle inverse

## REFROIDISSEMENT PAR EAU

Tension anodique efficace . . . . .	250	250	600	600	V
Puissance maximum durant la conduction . . . . .	100	300	100	300	kVA
Courant anodique efficace durant la conduction . . . . .	400	1 200	165	500	A
Courant anodique de crête . . . . .	565	1 700	235	700	A
Courant anodique moyen intégré (par tube) . . . . .	22,5	12,2	22,5	12,2	A
Temps maximum d'intégration . . . . .	22	22	9,2	9,2	s
Taux maximum d'utilisation . . . . .	12,5	2,3	30	5,5	%
Courant de crête accidentel (3) . . . . .	1 130	3 400	470	1 400	A

## REFROIDISSEMENT PAR AIR FORCE

Tension anodique efficace . . . . .	250	250	600	600	V
Puissance maximum durant la conduction . . . . .	35	105	35	105	kVA
Courant anodique efficace durant la conduction . . . . .	140	420	58	175	A
Courant anodique de crête . . . . .	200	600	82	250	A
Courant anodique moyen intégré (par tube) . . . . .	5,6	3	5,6	3	A
Temps maximum d'intégration . . . . .	31,5	31,5	13	13	s
Taux maximum d'utilisation . . . . .	8,8	1,6	21,5	3,8	%
Courant de crête accidentel (3) . . . . .	400	1 200	165	500	A

Ces valeurs sont données pour un réseau de fréquence comprise entre 25 et 60 Hz et supposent que l'on n'utilise pas de commande de déphasage.

Pour des tensions anodiques comprises entre 250 et 600 V le taux d'utilisation est proportionnel à la tension, le temps d'intégration et les courants de crête sont inversement proportionnels à la tension.

Pour les tensions anodiques inférieures à 250 V, les valeurs limites sont celles qui correspondent à 250 V.

Pour des puissances comprises entre 100 et 300 kVA, dans le cas du refroidissement par eau, et pour des puissances comprises entre 35 et 105 kVA, dans le cas du refroidissement par air forcé, le courant anodique moyen permis est donné par la figure 1 et le taux d'utilisation par la figure 2.

**Valeurs limites d'utilisation du circuit d'igniteur**

## Tension d'alimentation:

igniteur positif . . . . .	900	V
igniteur négatif . . . . .	5	V

## Courant d'alimentation :

crête . . . . .	100	A
efficace . . . . .	10	A
moyen . . . . .	1	A
Temps maximum d'intégration . . . . .	5	s

- (3) Le courant de crête accidentel est le courant maximum susceptible de circuler en cas de défaut. Il dépend de l'impédance qui s'oppose à son passage. En commande de soudure il est environ 2 fois supérieur au courant crête. Ce courant ne doit pas circuler plus de 0,15 s (7 à 8 périodes en 50 Hz) pour éviter tout risque de détérioration immédiate du tube et sa répétition peut dans certains cas abrégier la durée de vie du tube.

## CONSIGNES D'UTILISATION

### Montage du tube

Le tube ne doit jamais être retourné brusquement afin d'éviter que la masse de mercure en mouvement ne brise la sortie d'igniteur ou la sortie d'anode.

Pour assurer une bonne stabilité de fonctionnement le montage doit protéger le tube contre les chocs et les vibrations.

Des précautions sont à prendre en ce qui concerne la chemise du tube qui est au potentiel cathodique et les isolateurs d'anode qu'il faut protéger des courants d'air pendant le fonctionnement.

### Utilisation

Il est préférable d'utiliser l'amorçage en dérivation anodique (by pass), qui place l'igniteur dans les conditions les plus favorables (amorçages sans ratés). Dans le cas où on utilise un autre circuit d'amorçage, il faut veiller à ce que la durée de l'impulsion soit d'au moins 100  $\mu$ s.

Il est recommandé de ne pas faire fonctionner les circuits d'excitation de l'igniteur, séparément, pendant plus d'une minute avant d'amorcer l'anode, afin d'éviter le risque de condensation sur celle-ci.

L'igniteur pouvant être détérioré par un courant inverse important, il est conseillé de ne pas utiliser des redresseurs secs dans le circuit de commande, sauf s'ils sont garantis comme ne présentant pas de courant inverse anormal après une longue période de non utilisation.

Dans tous les cas, le circuit principal doit être prévu pour que le débit anodique ne soit pas inférieur à 30 A, afin d'obtenir un amorçage franc et d'éviter de surchauffer l'igniteur.

A la mise en service, il faut s'assurer que le tube n'est pas employé au-dessus de ses valeurs limites (notamment courant et taux d'utilisation).

Après transport, il est recommandé de mettre l'ignitron en service sous la charge la plus faible de façon à réduire le danger d'allumage en retour.

Il est utile de mettre en service les tubes de rechange pendant une heure au moins, sous charge réduite, une fois tous les 6 mois.

### Refroidissement par circulation d'eau

Les entrées et sorties d'eau doivent être réalisées à l'aide de tuyaux isolants. L'eau de refroidissement doit contenir moins de 250 mg de solides insolubles par litre, présenter une résistivité à 20°C supérieure à 2000  $\Omega$ -cm et un PH compris entre 7 et 9. Il faut prévoir sa circulation pendant une demi-heure après l'arrêt de fonctionnement, pour permettre une condensation correcte du mercure.

Si le collier de refroidissement est bouché, on peut le nettoyer au moyen d'un mélange d'eau distillée, d'acide chlorhydrique et d'inhibiteur.

# TH 7010



## FONCTIONNEMENT EN COMMANDE DE SOUDURE Pour 2 tubes en parallèle inverse

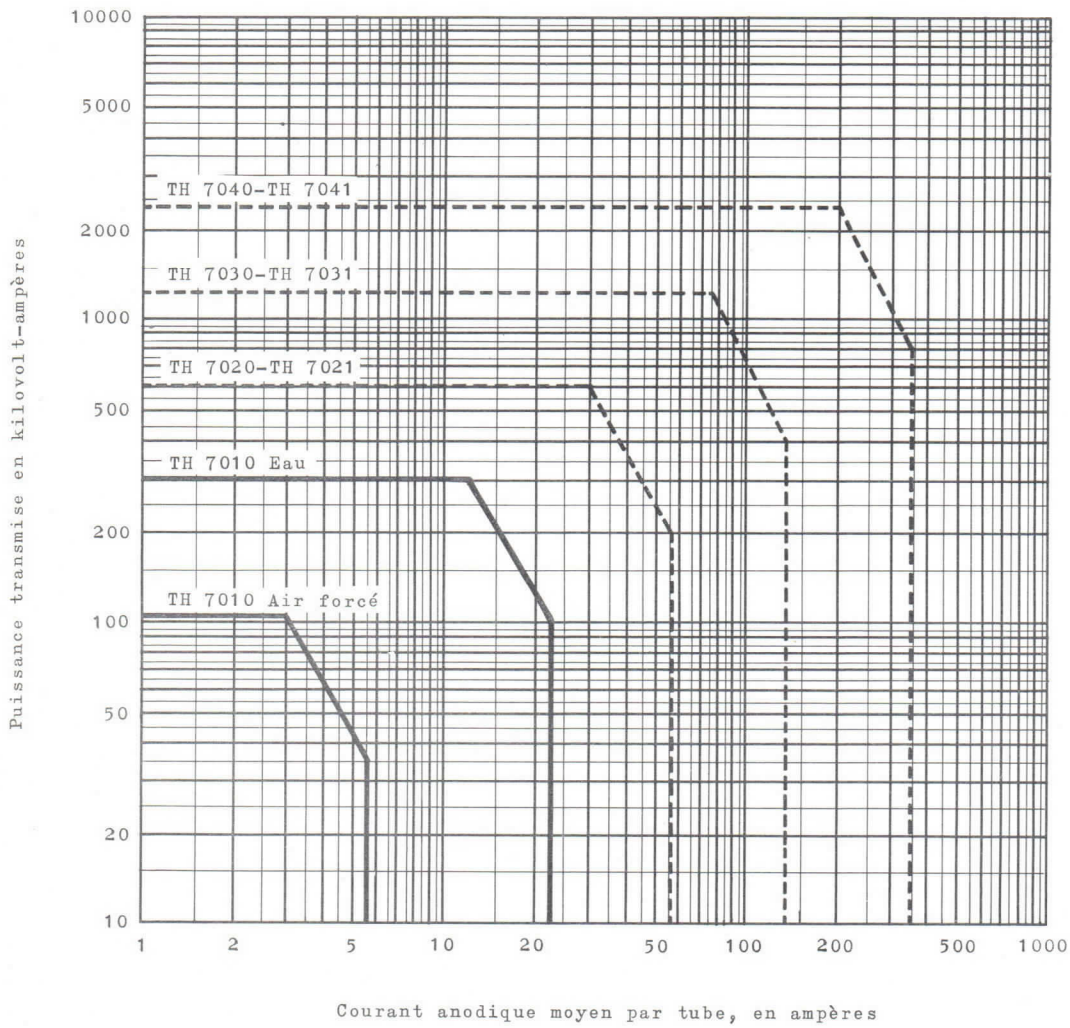
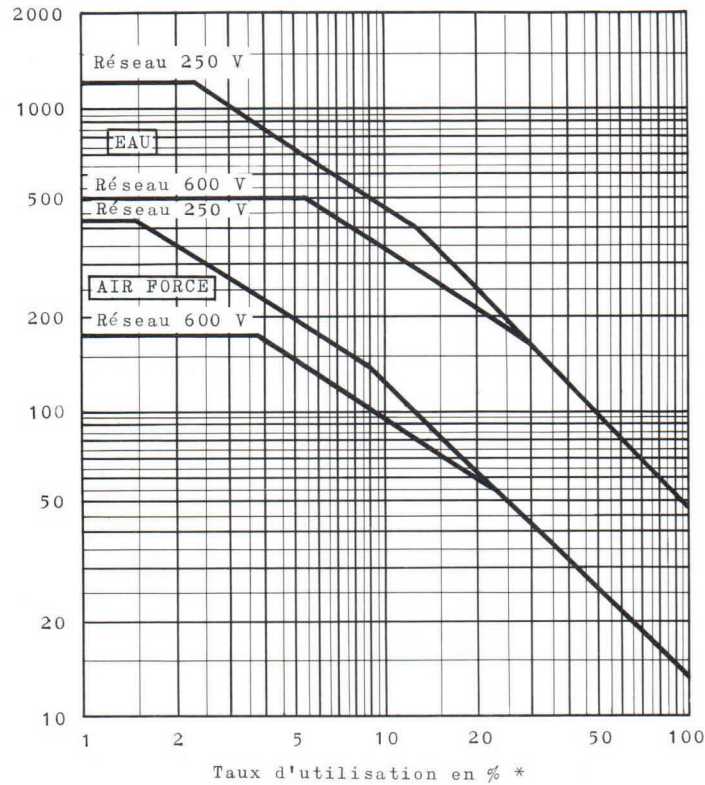


Fig. 1 - Puissance maximum

FONCTIONNEMENT EN COMMANDE DE SOUDURE

Pour 2 tubes en parallèle inverse

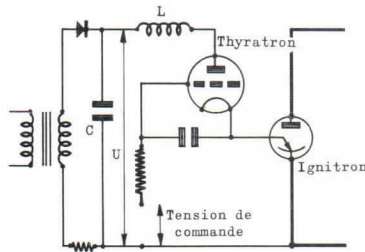
Intensité efficace au primaire de la soudeuse pendant un point de soudure, en ampères



Taux d'utilisation en % \*

Fig. 2 - Courant maximum

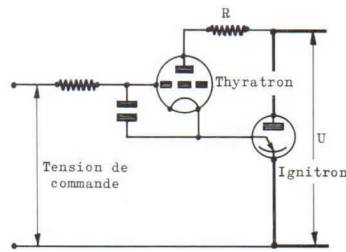
CIRCUITS ELEMENTAIRES DE COMMANDE



COMMANDE PAR DECHARGE DE CAPACITE

Exemples de valeurs de C et L

U	C	L
300 V	20 µF	1 mH
450 V	12 µF	1,6mH
600 V	10 µF	2 mH
800 V	8 µF	3 mH



COMMANDE PAR DERIVATION SUR L'ANODE

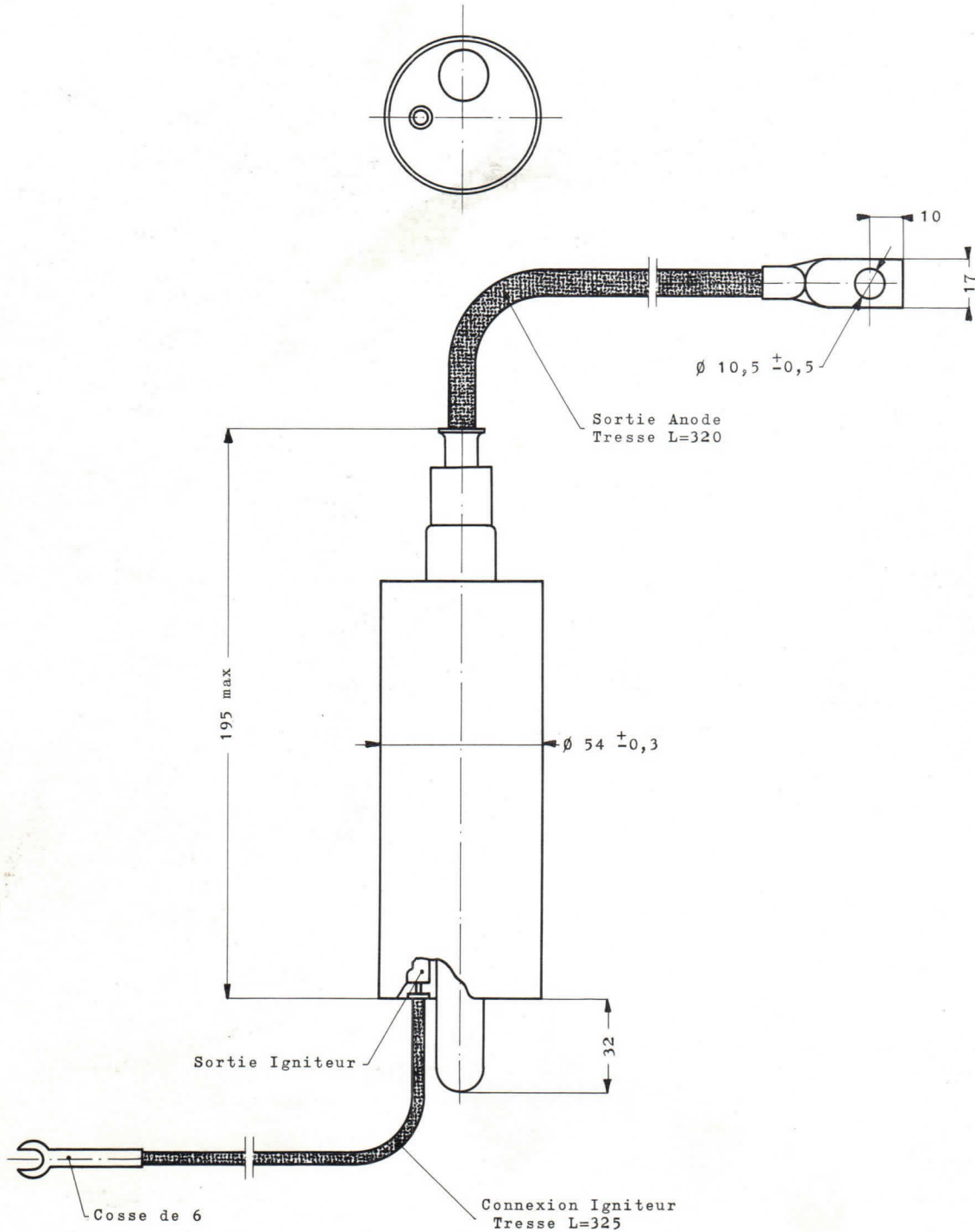
(BY - PASS)

Valeur de R

U	R
220 V	2 Ω
380 V	4 Ω
600 V	6 Ω

\* Taux d'utilisation % =  $\frac{\text{Durée de soudure durant le temps d'intégration}}{\text{Temps d'intégration}} \times 100$

# TH 7010



Toutes les cotes sont données en millimètres



IGNITRONS TH 7020-TH 7021

Taille B

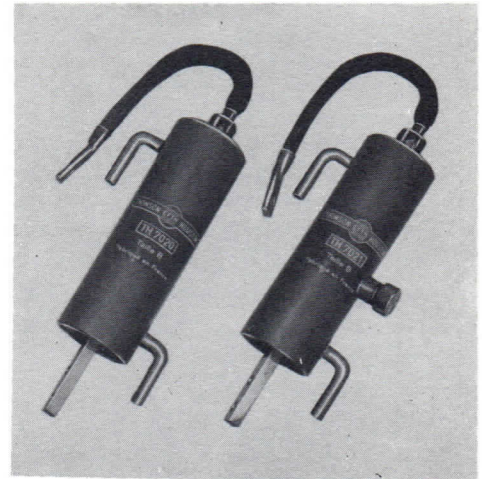
Les tubes TH 7020 et TH 7021 sont des ignitrons à refroidissement par circulation d'eau, conçus plus particulièrement pour être utilisés dans la commande de soudure. Dans cette utilisation 2 tubes en parallèle inverse peuvent transmettre une puissance de crête de 600 kVA et rendre les mêmes services qu'un contacteur électromagnétique de 300 A (1). La fréquence du réseau doit être comprise entre 25 et 60 Hz.

Les ignitrons TH 7020 et TH 7021 peuvent également être utilisés dans des circuits changeurs de fréquence, dans des redresseurs à régime intermittent ou encore dans des circuits de décharge de condensateurs.

Le modèle TH 7021 diffère seulement du TH 7020 par l'adjonction sur le corps du tube, d'une prise de température pour l'utilisation du thermorégulateur TH 14103 (2).

Cet appareil permet de maintenir la température interne de l'ignitron au voisinage de sa valeur optimum et autorise le démarrage à froid sans précautions particulières. Il présente également l'avantage de réduire considérablement la consommation d'eau de refroidissement et de supprimer tous les dispositifs de sécurités habituels.

Dans les installations comportant plusieurs ignitrons à charge uniformément répartie, il est possible d'utiliser un seul thermorégulateur, disposé sur le tube le plus chaud (dernier tube si les chemises d'eau sont montées en série).



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Electriques

Nature de la cathode . . . . .	mercure
Electrode d'amorçage . . . . .	igniteur
Chute de tension interne, environ :	
- Pour un courant de crête de 3 400 A . . . . .	26 V
- Pour un courant de crête de 175 A . . . . .	13 V
Conditions d'amorçage de l'ignitron :	
- Tension igniteur de crête minimum . . . . .	200 V
- Courant igniteur de crête minimum . . . . .	30 A
- Temps maximum d'amorçage à 30 A de crête . . . . .	100 µs

Mécaniques

Mode de fixation . . . . .	sortie cathode boulonnée	
Position de fonctionnement . . . . .	verticale, sortie cathode en bas	
	TH 7020 (3)	TH 7021
Température maximum de l'eau à l'entrée . . . . .	30 °C	valeurs déterminées par le thermorégulateur
Température minimum de l'eau à l'entrée . . . . .	10 °C	14 103
Débit minimum d'eau . . . . .	4 l/mn	
Élévation maximum de température de l'eau . . . . .	4 °C	
Perte de charge dans le tube au débit minimum . . . . .	0,12 kg/cm2	
Poids net approximatif . . . . .		2 kg
Dimensions . . . . .		voir dessin

(1) Avec un taux de travail d'environ 40%; voir courbes figure 2 pour plus de détails.  
 (2) Voir notice TE 603.  
 (3) Dans le cas où ce tube n'est pas utilisé conjointement avec un ignitron TH 7021 muni d'un thermorégulateur TH 14 103.

Annule et remplace la Notice TE 139 B d'Octobre 1957

## CONDITIONS D'EMPLOI

### Valeurs limites d'utilisation du circuit principal

#### COMMANDE DE SOUDURE

2 tubes en parallèle inverse

Tension anodique efficace . . . . .	250	250	600	600	V
Puissance maximum durant la conduction . . . . .	200	600	200	600	kVA
Courant anodique efficace durant la conduction . . . . .	800	2 400	330	1 000	A
Courant anodique de crête . . . . .	1 130	3 400	470	1 410	A
Courant anodique moyen intégré (par tube) . . . . .	56	30	56	30	A
Temps maximum d'intégration . . . . .	18	18	7,5	7,5	s
Taux maximum d'utilisation . . . . .	15,5	2,8	37	6,7	%
Courant de crête accidentel (4) . . . . .	2 300	6 800	950	2 800	A

Ces valeurs sont données pour un réseau de fréquence comprise entre 25 et 60 Hz et supposent que l'on n'utilise pas de commande de déphasage.

Pour des tensions anodiques comprises entre 250 et 600 V le taux d'utilisation est proportionnel à la tension, le temps d'intégration et les courants de crêtes sont inversement proportionnels à la tension.

Pour les tensions anodiques inférieures à 250 V, les valeurs limites sont celles qui correspondent à 250 V.

Pour des puissances comprises entre 200 et 600 kVA, le courant anodique moyen permis est donné par la figure 1 et le taux d'utilisation par la figure 2.

#### CHANGEUR DE FREQUENCE POUR SOUDURE

##### ET REDRESSEUR INTERMITTENT

Tension anodique de crête directe et inverse . . . . .	500	500	1 200	1 200	1 500	1 500	V
Courant anodique de crête . . . . .	240	700	135	600	108	480	A
Courant anodique moyen intégré . . . . .	40	9,5	22,5	5	18	4	A
Temps maximum d'intégration de ce courant . . . . .	6	6	10	10	10	10	s
Courant anodique moyen intégré . . . . .	40	116	22,5	100	18	80	A
Temps maximum d'intégration de ce courant . . . . .	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	s
Courant de crête accidentel (4) . . . . .	3 000	8 750	1 700	7 500	1 350	6 000	A

Ces valeurs sont données pour un réseau de fréquence comprise entre 50 et 60 Hz et pour un déphasage nul et supposent que l'on n'utilise pas de commande de déphasage.

Le courant anodique de crête permis suivant le courant anodique moyen est donné par la figure 3.

### Valeurs limites d'utilisation du circuit d'igniteur

Tension d'alimentation :

igniteur positif . . . . .	900	V
igniteur négatif . . . . .	5	V

Courant d'alimentation :

crête . . . . .	100	A
efficace . . . . .	10	A
moyen . . . . .	1	A

Temps maximum d'intégration . . . . . 5 s

(4) Le courant de crête accidentel est le courant maximum susceptible de circuler en cas de défaut. Il dépend de l'impédance qui s'oppose à son passage.  
En commande de soudure il est environ 2 fois supérieur au courant crête. Ce courant ne doit pas circuler plus de 0,15 s (7 à 8 périodes en 50 Hz) pour éviter tout risque de détérioration immédiate du tube et sa répétition peut dans certains cas abréger la durée de vie du tube.

## CONSIGNES D'UTILISATION

### Montage du tube

Le tube ne doit jamais être retourné brusquement afin d'éviter que la masse de mercure en mouvement ne brise la sortie d'igniteur ou la sortie d'anode.

Pour assurer une bonne stabilité de fonctionnement le montage doit protéger le tube contre les chocs et les vibrations.

Des précautions sont à prendre en ce qui concerne la chemise du tube qui est au potentiel cathodique et les isolateurs d'anode qu'il faut protéger des courants d'air pendant le fonctionnement.

### Utilisation

Il est préférable d'utiliser l'amorçage en dérivation anodique (by pass), qui place l'igniteur dans les conditions les plus favorables (amorçages sans ratés). Dans le cas où on utilise un autre circuit d'amorçage, il faut veiller à ce que la durée de l'impulsion soit d'au moins 100  $\mu$ s.

Il est recommandé de ne pas faire fonctionner les circuits d'excitation de l'igniteur, séparément, pendant plus d'une minute avant d'amorcer l'anode, afin d'éviter le risque de condensation sur celle-ci.

L'igniteur pouvant être détérioré par un courant inverse important, il est conseillé de ne pas utiliser des redresseurs secs dans le circuit de commande, sauf s'ils sont garantis comme ne présentant pas de courant inverse anormal après une longue période de non utilisation.

Dans tous les cas, le circuit principal doit être prévu pour que le débit anodique ne soit pas inférieur à 30 A, afin d'obtenir un amorçage franc et d'éviter de surchauffer l'igniteur.

A la mise en service, il faut s'assurer que le tube n'est pas employé au-dessus de ses valeurs limites (notamment courant et taux d'utilisation).

Après transport, il est recommandé de mettre l'ignitron en service sous la charge la plus faible de façon à réduire le danger d'allumage en retour.

Il est utile de mettre en service les tubes de rechange pendant une heure au moins, sous charge réduite, une fois tous les 6 mois.

### Refroidissement

Les tubes à prise de température sont munis d'un bouchon moleté autorisant l'emploi du tube sans thermorégulateur. Ce bouchon ne doit jamais être vissé autrement qu'à la main.

En cas d'adjonction du thermorégulateur, il faut vérifier l'absence de tartre dans la prise de température du tube et éventuellement sur la sonde.

La circulation d'eau doit se faire de bas en haut et les entrées et sorties doivent être réalisées à l'aide de tuyaux isolants. L'eau de refroidissement doit contenir moins de 250 mg de solides insolubles par litre, présenter une résistivité à 20°C supérieure à 2000  $\Omega$ -cm et un PH compris entre 7 et 9. Il faut prévoir sa circulation pendant une demi-heure après l'arrêt de fonctionnement, pour permettre une condensation correcte du mercure.

Si les chemises de refroidissement sont bouchées, on peut les nettoyer au moyen d'un mélange d'eau distillée, d'acide chlorhydrique et d'inhibiteur.



FONCTIONNEMENT EN COMMANDE DE SOUDURE

Pour 2 tubes en parallèle-inverse

Figure 1 - Puissance maximum

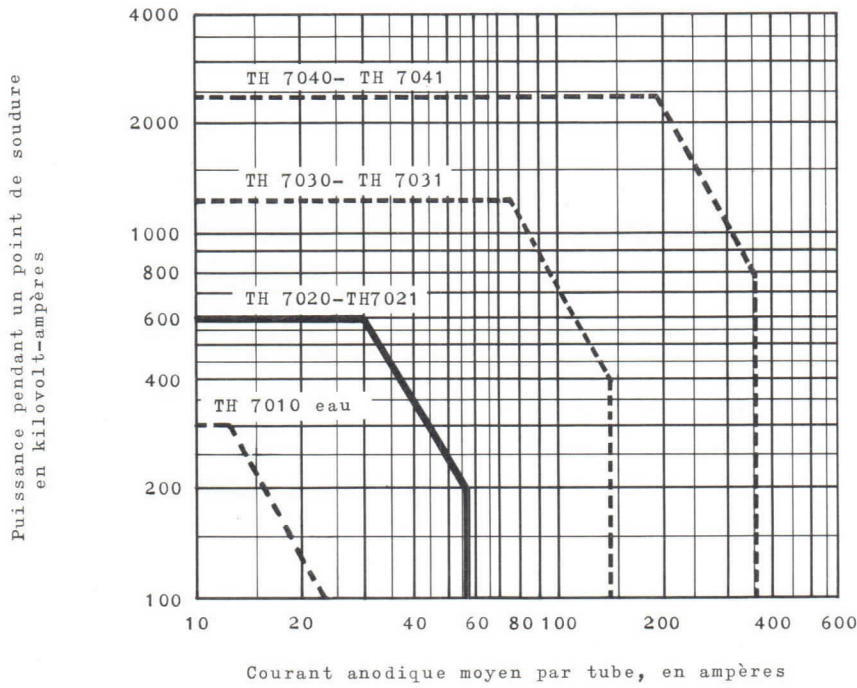
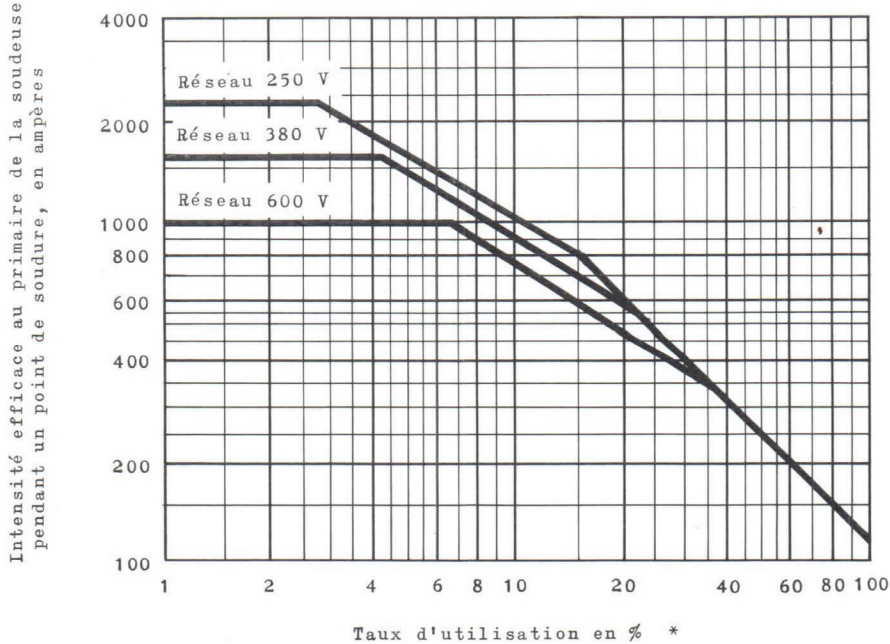


Figure 2 - Courant maximum

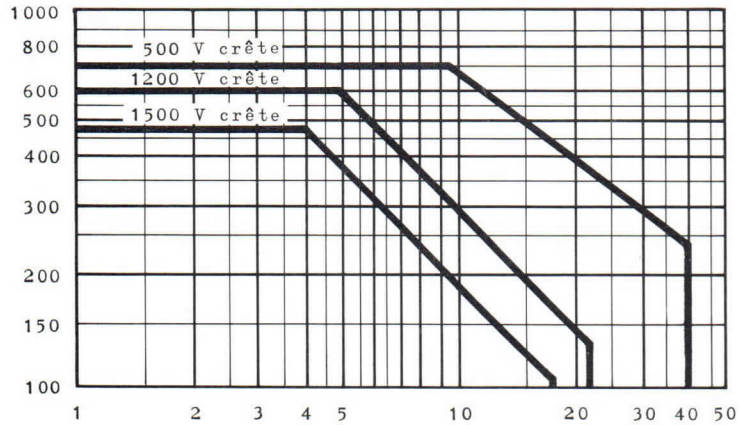


\* Taux d'utilisation % =  $\frac{\text{Durée de soudure durant le temps d'intégration}}{\text{Temps d'intégration}} \times 100$

FONCTIONNEMENT EN CHANGEUR DE FREQUENCE  
ET REDRESSEUR INTERMITTENT

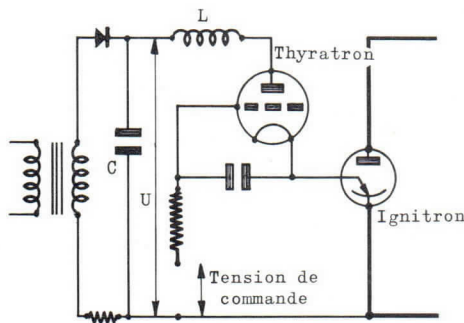
Figure 3 - Caractéristiques de charge

Courant anodique de crête, en ampères



Courant anodique moyen par tube, en ampères

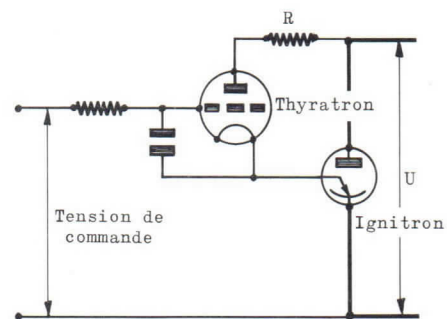
CIRCUITS ELEMENTAIRES DE COMMANDE



COMMANDE PAR DECHARGE DE CAPACITE

Exemples de valeurs de C et L

U	C	L
300 V	20 $\mu$ F	1 mH
450 V	12 $\mu$ F	1,6mH
600 V	10 $\mu$ F	2 mH
800 V	8 $\mu$ F	3 mH

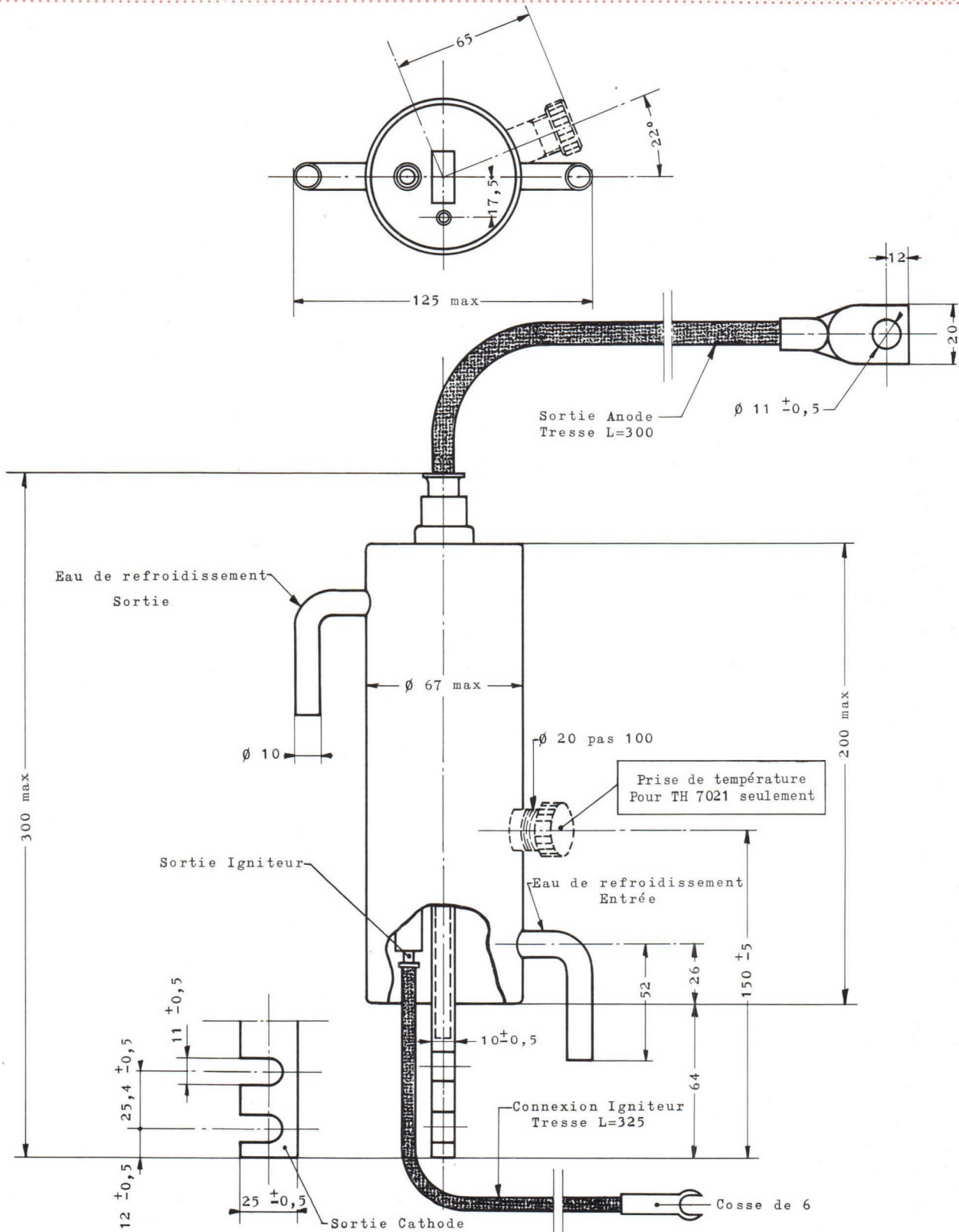


COMMANDE PAR DERIVATION SUR L'ANODE

(BY - PASS)

Valeur de R	
U	R
220 V	2 $\Omega$
380 V	4 $\Omega$
600 V	6 $\Omega$

# TH7020-TH7021



Toutes les cotes sont données en millimètres

IGNITRONS TH 7030-TH 7031

Taille C

Les tubes TH 7030 et TH 7031 sont des ignitrons à refroidissement par circulation d'eau, conçus plus particulièrement pour être utilisés dans la commande de soudure. Dans cette utilisation 2 tubes en parallèle inverse peuvent transmettre une puissance de crête de 1200 kVA et rendre les mêmes services qu'un contacteur électromagnétique de 600 A (1). La fréquence du réseau doit être comprise entre 25 et 60 Hz.

Les ignitrons TH 7030 et TH 7031 peuvent également être utilisés dans des circuits changeurs de fréquence, dans des redresseurs à régime intermittent ou encore dans des circuits de décharge de condensateurs.

Le modèle TH 7030 diffère seulement du TH 7031 par l'adjonction sur le corps du tube, d'une prise de température pour l'utilisation du thermorégulateur TH 14103 (2).

Cet appareil permet de maintenir la température interne de l'ignitron au voisinage de sa valeur optimum et autorise le démarrage à froid sans précautions particulières. Il présente également l'avantage de réduire considérablement la consommation d'eau de refroidissement et de supprimer tous les dispositifs de sécurités habituels.

Dans les installations comportant plusieurs ignitrons à charge uniformément répartie, il est possible d'utiliser un seul thermorégulateur, disposé sur le tube le plus chaud (dernier tube si les chemises d'eau sont montées en série).



CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

Electriques

Nature de la cathode . . . . .	mercure
Electrode d'amorçage . . . . .	igniteur
Chute de tension interne, environ :	
- pour un courant de crête de 6 800 A . . . . .	28 V
- pour un courant de crête de 440 A . . . . .	14 V
Conditions d'amorçage de l'ignitron :	
- Tension igniteur de crête minimum . . . . .	200 V
- Courant igniteur de crête minimum . . . . .	30 A
- Temps maximum d'amorçage à 30 A de crête . . . . .	100 µs

Mécaniques

Mode de fixation . . . . .	sortie cathode boulonnée
Position de fonctionnement . . . . .	verticale, sortie cathode en bas
	TH 7030 (3)   TH 7031
Température maximum de l'eau à l'entrée . . . . .	30 °C   Valeurs déterminées
Température minimum de l'eau à l'entrée . . . . .	10 °C   par le thermorégulateur TH 14 103
Débit minimum d'eau . . . . .	6 l/mn
Élévation maximum de température de l'eau . . . . .	6 °C
Perte de charge dans le tube au débit minimum . . . . .	0,3 kg/cm <sup>2</sup>
Poids net approximatif . . . . .	4 kg
Dimensions . . . . .	voir dessin

(1) Avec un taux de travail d'environ 50%; voir courbes figure 2 pour plus de détails.  
 (2) Voir notice TE 603.  
 (3) Dans le cas où ce tube n'est pas utilisé conjointement avec un ignitron TH 7031 muni d'un thermorégulateur TH 14 103.

Annule et remplace la notice TE 144 d'Octobre 1957

## CONDITIONS D'EMPLOI

## Valeurs limites d'utilisation du circuit principal

## COMMANDE DE SOUDURE

2 tubes en parallèle inverse

Tension anodique efficace. . . . .	250	250	600	600	V
Puissance maximum durant la conduction . . . . .	400	1 200	400	1 200	kVA
Courant anodique efficace durant la conduction . . . . .	1 600	4 800	670	2 000	A
Courant anodique de crête . . . . .	2 260	6 800	940	2 830	A
Courant anodique moyen intégré (par tube) . . . . .	140	77	140	77	A
Temps maximum d'intégration . . . . .	14	14	5,8	5,8	s
Taux maximum d'utilisation . . . . .	19,5	3,6	47	8,6	%
Courant de crête accidentel (4) . . . . .	4 500	13 600	1 900	5 600	A

Ces valeurs sont données pour un réseau de fréquence comprise entre 25 et 60 Hz et supposent que l'on n'utilise pas de commande de déphasage.

Pour des tensions anodiques comprises entre 250 et 600 V le taux d'utilisation est proportionnel à la tension, le temps d'intégration et les courants de crête sont inversement proportionnels à la tension.

Pour les tensions anodiques inférieures à 250 V, les valeurs limites sont celles qui correspondent à 250 V.

Pour des puissances comprises entre 400 et 1200 kVA, le courant anodique moyen permis est donné par la figure 1 et le taux d'utilisation par la figure 2.

CHANGEUR DE FREQUENCE POUR SOUDURE  
ET REDRESSEUR INTERMITTENT

Tension anodique de crête directe et inverse . . . . .	500	500	V
Courant anodique de crête. . . . .	600	1 600	A
Courant anodique moyen intégré . . . . .	100	22	A
Temps maximum d'intégration de ce courant . . . . .	6	6	s
Courant anodique moyen intégré . . . . .	100	265	A
Temps maximum d'intégration de ce courant. . . . .	0,2	0,2	s
Courant de crête accidentel (4) . . . . .	7 500	20 000	A

Ces valeurs sont données pour un réseau de fréquence comprise entre 50 et 60 Hz et pour un déphasage nul et supposent que l'on n'utilise pas de commande de déphasage.

Le courant anodique de crête permis suivant le courant anodique moyen est donné par la figure 3.

## Valeurs limites d'utilisation du circuit d'igniteur

Tension d'alimentation :		
igniteur positif . . . . .	900	V
igniteur négatif . . . . .	5	V
Courant d'alimentation :		
crête . . . . .	100	A
efficace . . . . .	10	A
moyen . . . . .	1	A
Temps maximum d'intégration . . . . .	5	s

(4) Le courant de crête accidentel est le courant maximum susceptible de circuler en cas de défaut. Il dépend de l'impédance qui s'oppose à son passage.

En commande de soudure il est environ 2 fois supérieur au courant crête. Ce courant ne doit pas circuler plus de 0,15 s (7 à 8 périodes en 50 Hz) pour éviter tout risque de détérioration immédiate du tube et sa répétition peut dans certains cas abréger la durée de vie du tube.



## CONSIGNES D'UTILISATION

### Montage du tube

Le tube ne doit jamais être retourné brusquement afin d'éviter que la masse de mercure en mouvement ne brise la sortie d'igniteur ou la sortie d'anode.

Pour assurer une bonne stabilité de fonctionnement le montage doit protéger le tube contre les chocs et les vibrations.

Des précautions sont à prendre en ce qui concerne la chemise du tube qui est au potentiel cathodique et les isolateurs d'anode qu'il faut protéger des courants d'air pendant le fonctionnement.

### Utilisation

Il est préférable d'utiliser l'amorçage en dérivation anodique (by pass), qui place l'igniteur dans les conditions les plus favorables (amorçages sans ratés). Dans le cas où on utilise un autre circuit d'amorçage, il faut veiller à ce que la durée de l'impulsion soit d'au moins 100  $\mu$ s.

Il est recommandé de ne pas faire fonctionner les circuits d'excitation de l'igniteur, séparément, pendant plus d'une minute avant d'amorcer l'anode, afin d'éviter le risque de condensation sur celle-ci.

L'igniteur pouvant être détérioré par un courant inverse important, il est conseillé de ne pas utiliser des redresseurs secs dans le circuit de commande, sauf s'ils sont garantis comme ne présentant pas de courant inverse anormal après une longue période de non utilisation.

Dans tous les cas, le circuit principal doit être prévu pour que le débit anodique ne soit pas inférieur à 30 A, afin d'obtenir un amorçage franc et d'éviter de surchauffer l'igniteur.

A la mise en service, il faut s'assurer que le tube n'est pas employé au-dessus de ses valeurs limites (notamment courant et taux d'utilisation).

Après transport, il est recommandé de mettre l'ignitron en service sous la charge la plus faible de façon à réduire le danger d'allumage en retour.

Il est utile de mettre en service les tubes de rechange pendant une heure au moins, sous charge réduite, une fois tous les 6 mois.

### Refroidissement

Les tubes à prise de température sont munis d'un bouchon moleté autorisant l'emploi du tube sans thermorégulateur. Ce bouchon ne doit jamais être vissé autrement qu'à la main.

En cas d'adjonction du thermorégulateur, il faut vérifier l'absence de tartre dans la prise de température du tube et éventuellement sur la sonde.

La circulation d'eau doit se faire de bas en haut et les entrées et sorties doivent être réalisées à l'aide de tuyaux isolants. L'eau de refroidissement doit contenir moins de 250 mg de solides insolubles par litre, présenter une résistivité à 20°C supérieure à 2000  $\Omega$ -cm et un PH compris entre 7 et 9. Il faut prévoir sa circulation pendant une demi-heure après l'arrêt de fonctionnement, pour permettre une condensation correcte du mercure.

Si les chemises de refroidissement sont bouchées, on peut les nettoyer au moyen d'un mélange d'eau distillée, d'acide chlorhydrique et d'inhibiteur.

FONCTIONNEMENT EN COMMANDE DE SOUDURE  
 Pour 2 tubes en parallèle-inverse

Puissance pendant un point de soudure en kilovolt-ampères

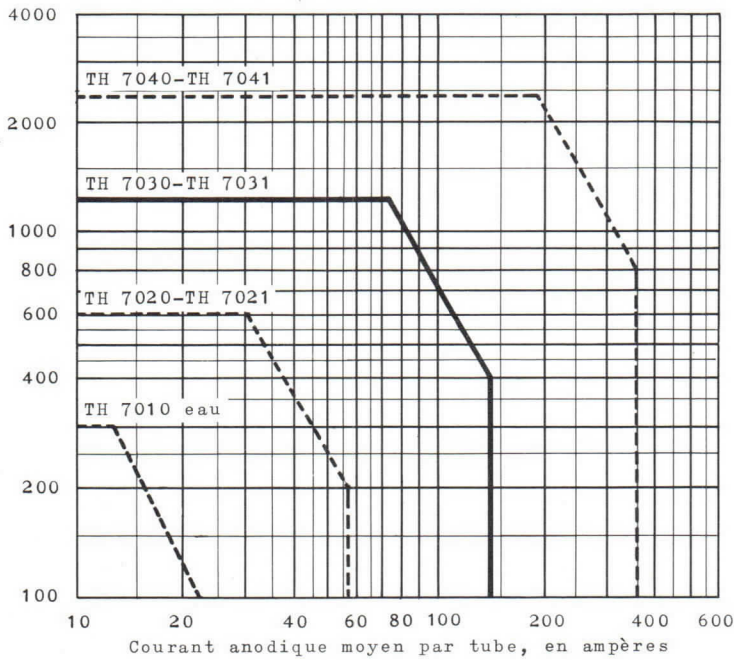
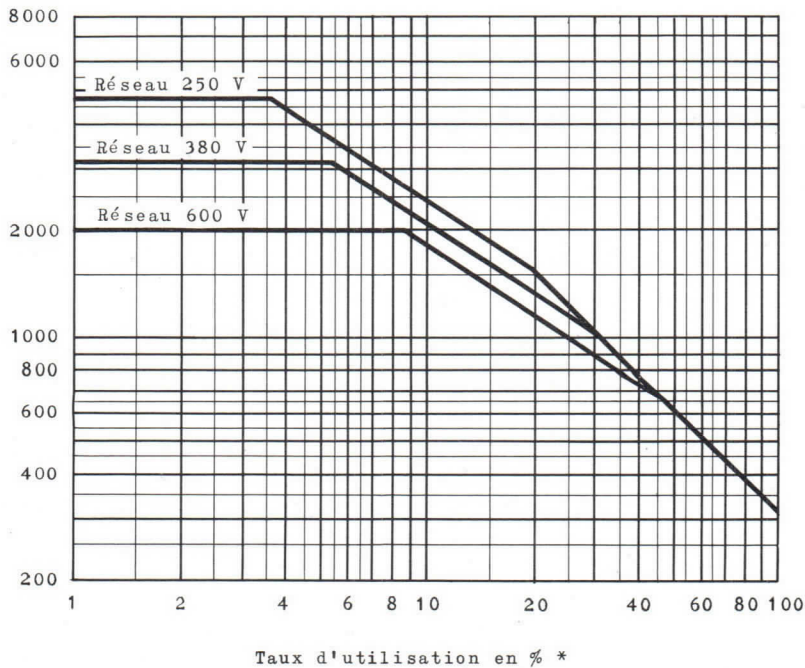


Figure 1 - Puissance maximum

Figure 2 - Courant maximum

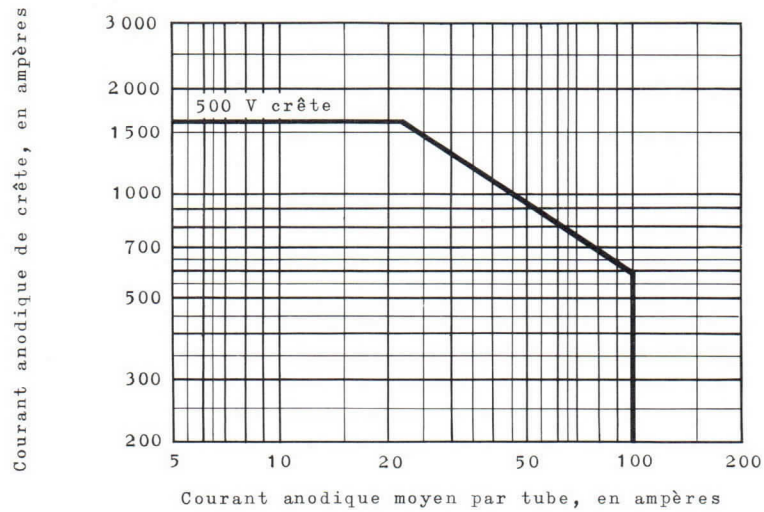
Intensité efficace au primaire de la soudeuse pendant un point de soudure, en ampères



Taux d'utilisation en % \*

\* Taux d'utilisation % =  $\frac{\text{Durée de soudure durant le temps d'intégration}}{\text{Temps d'intégration}} \times 100$

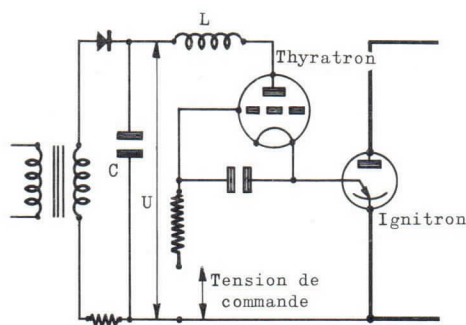
FONCTIONNEMENT EN CHANGEUR DE FREQUENCE  
ET REDRESSEUR INTERMITTENT



Courant anodique moyen par tube, en ampères

Figure 3 - Caractéristique de charge

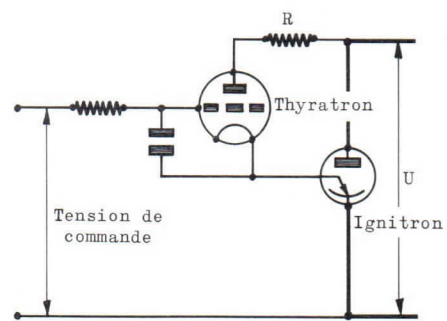
CIRCUITS ELEMENTAIRES DE COMMANDE



COMMANDE PAR DECHARGE DE CAPACITE

Exemples de valeurs de C et L

U	C	L
300 V	20 $\mu$ F	1 mH
450 V	12 $\mu$ F	1,6mH
600 V	10 $\mu$ F	2 mH
800 V	8 $\mu$ F	3 mH



COMMANDE PAR DERIVATION SUR L'ANODE  
(BY - PASS)

Valeur de R

U	R
220 V	2 $\Omega$
380 V	4 $\Omega$
600 V	6 $\Omega$



**IGNITRONS TH 7040-TH 7041**

Taille D

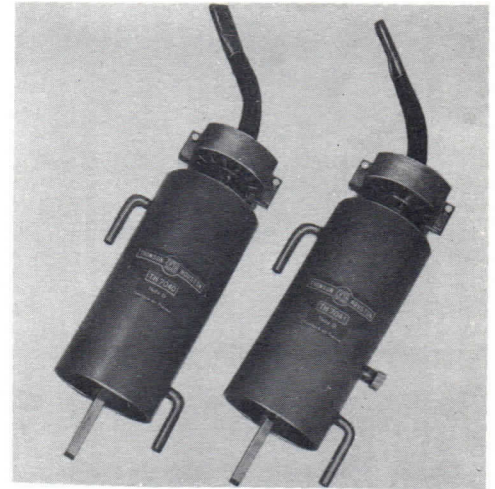
Les tubes TH 7040 et TH 7041 sont des ignitrons à refroidissement par circulation d'eau, conçus plus particulièrement pour être utilisés dans la commande de soudure. Dans cette utilisation 2 tubes en parallèle inverse peuvent transmettre une puissance de crête de 2400 kVA et rendre les mêmes services qu'un contacteur électromagnétique de 1200 A (1). La fréquence du réseau doit être comprise entre 25 et 60 Hz.

Les ignitrons TH 7040 et TH 7041 peuvent également être utilisés dans des circuits changeurs de fréquence, dans des redresseurs à régime intermittent ou encore dans des circuits de décharge de condensateurs.

Le modèle TH 7041 diffère seulement du TH 7040 par l'adjonction sur le corps du tube, d'une prise de température pour l'utilisation du thermorégulateur TH 14103 (2).

Cet appareil permet de maintenir la température interne de l'ignitron au voisinage de sa valeur optimum et autorise le démarrage à froid sans précautions particulières. Il présente également l'avantage de réduire considérablement la consommation d'eau de refroidissement et de supprimer tous les dispositifs de sécurités habituels.

Dans les installations comportant plusieurs ignitrons à charge uniformément répartie, il est possible d'utiliser un seul thermorégulateur, disposé sur le tube le plus chaud (dernier tube si les chemises sont montées en série).



**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES**

**Electriques**

Nature de la cathode . . . . .	mercure
Electrode d'amorçage . . . . .	igniteur
Chute de tension interne, environ :	
- Pour un courant de crête de 13 600 A . . . . .	36 V
- Pour un courant de crête de 1 100 A . . . . .	17 V
Conditions d'amorçage de l'ignitron :	
- Tension igniteur de crête minimum . . . . .	200 V
- Courant igniteur de crête minimum . . . . .	30 A
- Temps maximum d'amorçage à 30 A de crête . . . . .	100 µs

**Mécaniques**

Mode de fixation . . . . .	sortie cathode boulonnée	
Position de fonctionnement . . . . .	verticale, sortie cathode en bas	
	<u>TH 7040 (3)</u>	<u>TH 7041</u>
Température maximum de l'eau à l'entrée. . . . .	30 °C	Valeurs déterminées par le thermorégulateur TH 14103
Température minimum de l'eau à l'entrée. . . . .	10 °C	
Débit minimum d'eau . . . . .	12 l/mn	
Élévation maximum de température de l'eau . . . . .	9 °C	
Perte de charge dans le tube au débit minimum . . . . .	0,35 kg/cm <sup>2</sup>	
Poids net approximatif . . . . .	11 kg	
Dimensions . . . . .	voir dessin	

(1) Avec un taux de travail d'environ 60%; voir courbes figure 2 pour plus de détails.

(2) Voir notice TE 603.

(3) Dans les cas où ce tube n'est pas utilisé conjointement avec un ignitron TH 7041 muni d'un thermorégulateur TH 14103.

Annule et remplace la Notice TE 145 d'Octobre 1957

## CONDITIONS D'EMPLOI

## Valeurs limites d'utilisation du circuit principal

COMMANDE DE SOUDURE

2 tubes en parallèle inverse

Tension anodique efficace . . . . .	250	250	600	600	V
Puissance maximum durant la conduction . . . . .	800	2 400	800	2 400	kVA
Courant anodique efficace durant la conduction . . . . .	3 200	9 600	1 330	4 000	A
Courant anodique de crête . . . . .	4 500	13 600	1 900	5 650	A
Courant anodique moyen intégré (par tube) . . . . .	355	195	355	195	A
Temps maximum d'intégration . . . . .	11	11	4,6	4,6	s
Taux maximum d'utilisation . . . . .	24,6	4,5	59	10,9	%
Courant de crête accidentel (4) . . . . .	9 000	27 200	3 800	11 300	A

Ces valeurs sont données pour un réseau de fréquence comprise entre 25 et 60 Hz et supposent que l'on n'utilise pas de commande de déphasage.

Pour des tensions anodiques comprises entre 250 et 600 V le taux d'utilisation est proportionnel à la tension, le temps d'intégration et les courants de crête sont inversement proportionnels à la tension.

Pour les tensions anodiques inférieures à 250 V, les valeurs limites sont celles qui correspondent à 250 V.

Pour des puissances comprises entre 800 et 2400 kVA, le courant anodique moyen permis est donné par la figure 1 et le taux d'utilisation par la figure 2.

CHANGEUR DE FREQUENCE POUR SOUDUREET REDRESSEUR INTERMITTENT

Tension anodique de crête directe et inverse	600	600	1 200	1 200	1 500	1 500	V
Courant anodique de crête	1 140	4 000	840	3 000	672	2 400	A
Courant anodique moyen intégré	190	53	140	40	112	32	A
Temps maximum d'intégration de ce courant	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25	s
Courant anodique moyen intégré	190	670	140	500	112	400	A
Temps maximum d'intégration de ce courant	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	s
Courant de crête accidentel (4)	14 000	50 000	10 500	37 500	8 400	30 000	A

Ces valeurs sont données pour un réseau de fréquence comprise entre 50 et 60 Hz et pour un déphasage nul et supposent que l'on n'utilise pas de commande de déphasage.

Le courant anodique de crête permis suivant le courant anodique moyen est donné par la figure 3.

## Valeurs limites d'utilisation du circuit d'igniteur

Tension d'alimentation :		
igniteur positif . . . . .		900 V
igniteur négatif . . . . .		5 V
Courant d'alimentation :		
crête . . . . .		100 A
efficace . . . . .		10 A
moyen . . . . .		1 A
Temps maximum d'intégration . . . . .		5 s

(4) Le courant de crête accidentel est le courant maximum susceptible de circuler en cas de défaut. Il dépend de l'impédance qui s'oppose à son passage. En commande de soudure il est environ 2 fois supérieur au courant crête. Ce courant ne doit pas circuler plus de 0,15 s (7 à 8 périodes en 50 Hz) pour éviter tout risque de détérioration immédiate du tube et sa répétition peut dans certains cas abréger la durée de vie du tube.

## CONSIGNES D'UTILISATION

### Montage du tube

Le tube ne doit jamais être retourné brusquement afin d'éviter que la masse de mercure en mouvement ne brise la sortie d'igniteur ou la sortie d'anode.

Pour assurer une bonne stabilité de fonctionnement le montage doit protéger le tube contre les chocs et les vibrations.

Des précautions sont à prendre en ce qui concerne la chemise du tube qui est au potentiel cathodique et les isolateurs d'anode qu'il faut protéger des courants d'air pendant le fonctionnement.

### Utilisation

Il est préférable d'utiliser l'amorçage en dérivation anodique (by pass), qui place l'igniteur dans les conditions les plus favorables (amorçages sans ratés). Dans le cas où on utilise un autre circuit d'amorçage, il faut veiller à ce que la durée de l'impulsion soit d'au moins 100  $\mu$ s.

Il est recommandé de ne pas faire fonctionner les circuits d'excitation de l'igniteur, séparément, pendant plus d'une minute avant d'amorcer l'anode, afin d'éviter le risque de condensation sur celle-ci.

L'igniteur pouvant être détérioré par un courant inverse important, il est conseillé de ne pas utiliser des redresseurs secs dans le circuit de commande, sauf s'ils sont garantis comme ne présentant pas de courant inverse anormal après une longue période de non utilisation.

Dans tous les cas, le circuit principal doit être prévu pour que le débit anodique ne soit pas inférieur à 30 A, afin d'obtenir un amorçage franc et d'éviter de surchauffer l'igniteur.

A la mise en service, il faut s'assurer que le tube n'est pas employé au-dessus de ses valeurs limites (notamment courant et taux d'utilisation).

Après transport, il est recommandé de mettre l'ignitron en service sous la charge la plus faible de façon à réduire le danger d'allumage en retour.

Il est utile de mettre en service les tubes de rechange pendant une heure au moins, sous charge réduite, une fois tous les 6 mois.

### Refroidissement

Les tubes à prise de température sont munis d'un bouchon moleté autorisant l'emploi du tube sans thermorégulateur. Ce bouchon ne doit jamais être vissé autrement qu'à la main.

En cas d'adjonction du thermorégulateur, il faut vérifier l'absence de tartre dans la prise de température du tube et éventuellement sur la sonde.

La circulation d'eau doit se faire de bas en haut et les entrées et sorties doivent être réalisées à l'aide de tuyaux isolants. L'eau de refroidissement doit contenir moins de 250 mg de solides insolubles par litre, présenter une résistivité à 20°C supérieure à 2000  $\Omega$ -cm et un PH compris entre 7 et 9. Il faut prévoir sa circulation pendant une demi-heure après l'arrêt de fonctionnement, pour permettre une condensation correcte du mercure.

Si les chemises de refroidissement sont bouchées, on peut les nettoyer au moyen d'un mélange d'eau distillée, d'acide chlorhydrique et d'inhibiteur.

FONCTIONNEMENT EN COMMANDE DE SOUDURE

Pour 2 tubes en parallèle-inverse

Figure 1 - Puissance maximum

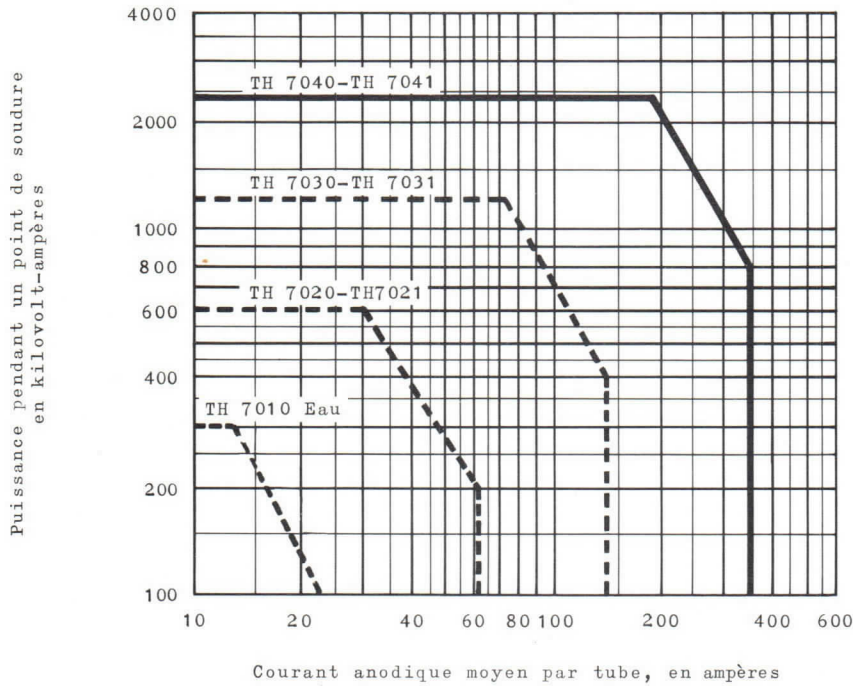
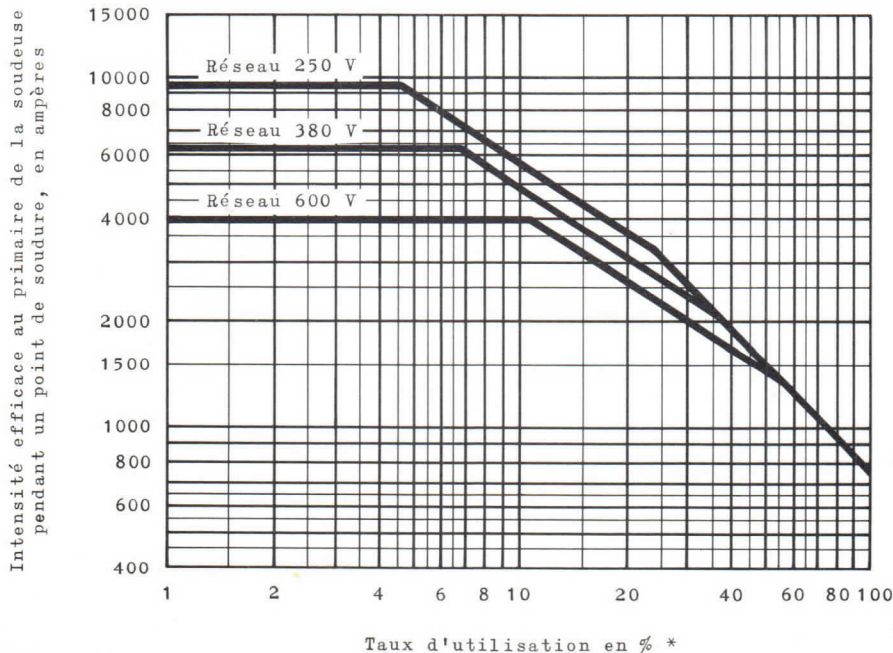


Figure 2 - Courant maximum

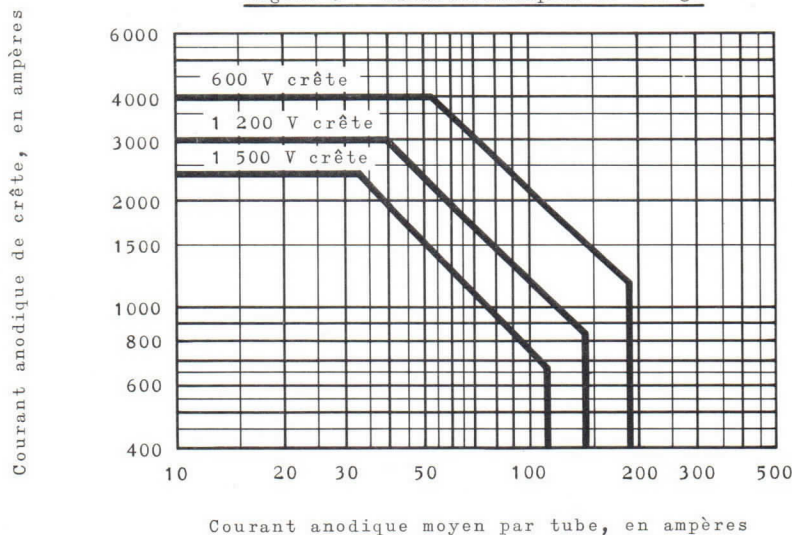


\*Taux d'utilisation % =  $\frac{\text{Durée maximum de soudure durant le temps d'intégration}}{\text{Temps d'intégration}} \times 100$

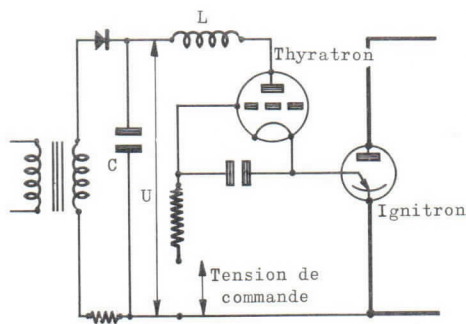


FONCTIONNEMENT EN CHANGEUR DE FREQUENCE  
ET REDRESSEUR INTERMITTENT

Figure 3 - Caractéristiques de charge



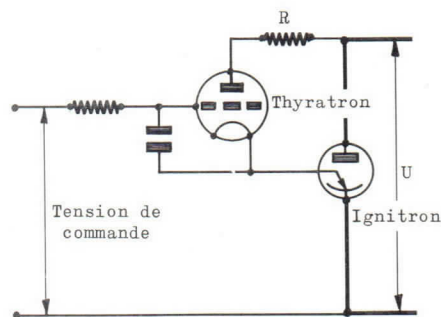
CIRCUITS ELEMENTAIRES DE COMMANDE



COMMANDE PAR DECHARGE DE CAPACITE

Exemples de valeurs de C et L

U	C	L
300 V	20 $\mu$ F	1 mH
450 V	12 $\mu$ F	1,6mH
600 V	10 $\mu$ F	2 mH
800 V	8 $\mu$ F	3 mH

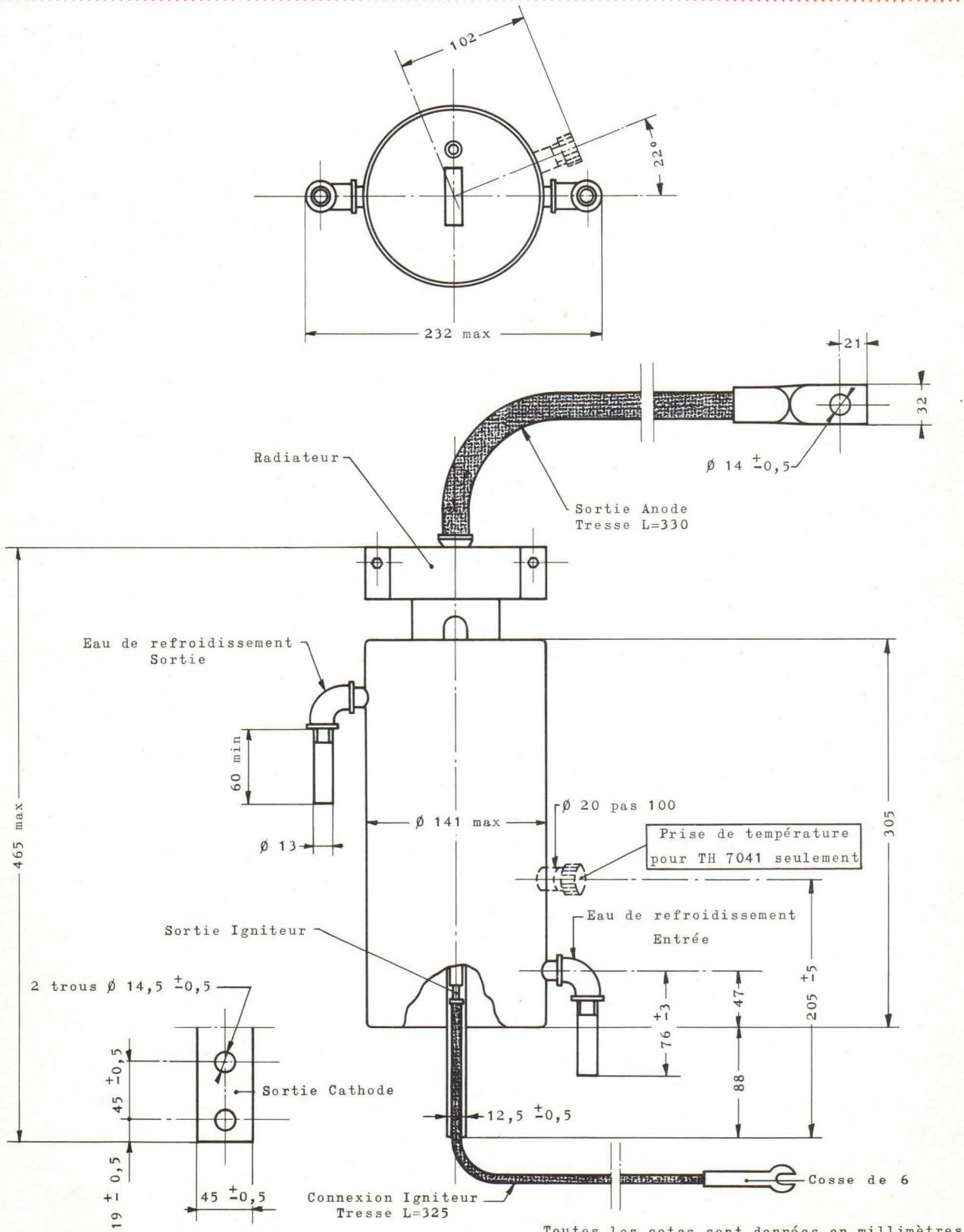


COMMANDE PAR DERIVATION SUR L'ANODE  
(BY - PASS)

Valeur de R

U	R
220 V	2 $\Omega$
380 V	4 $\Omega$
600 V	6 $\Omega$

# TH7040-TH7041

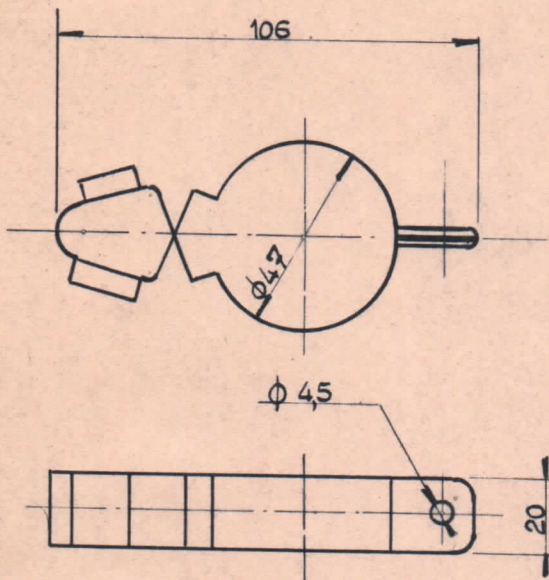


Toutes les cotes sont données en millimètres

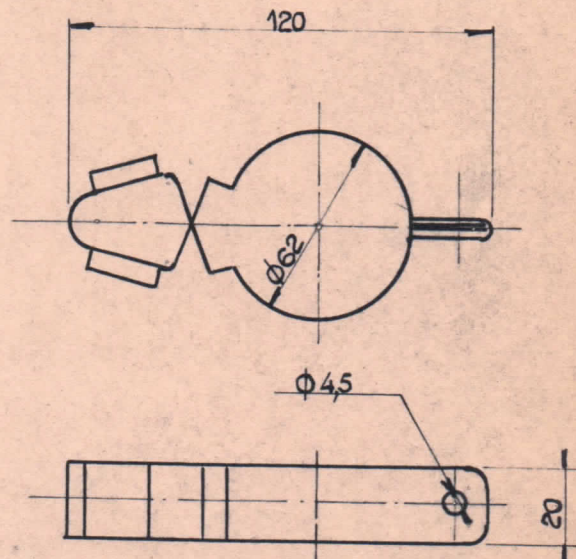


# ACCESSOIRES

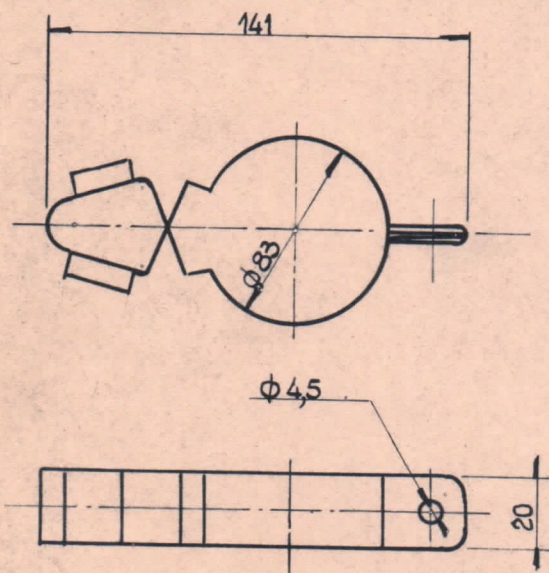
CONNEXIONS ANODE



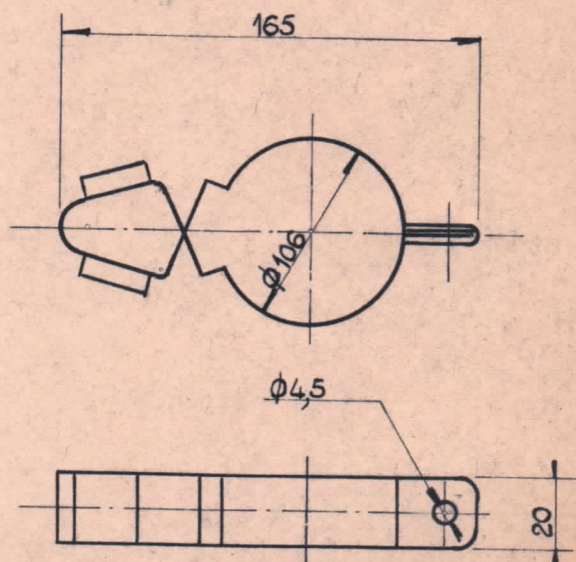
13301



13302



13303



13304

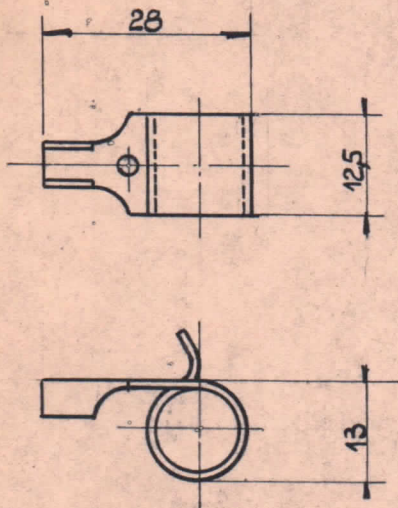
► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.

## CFTH

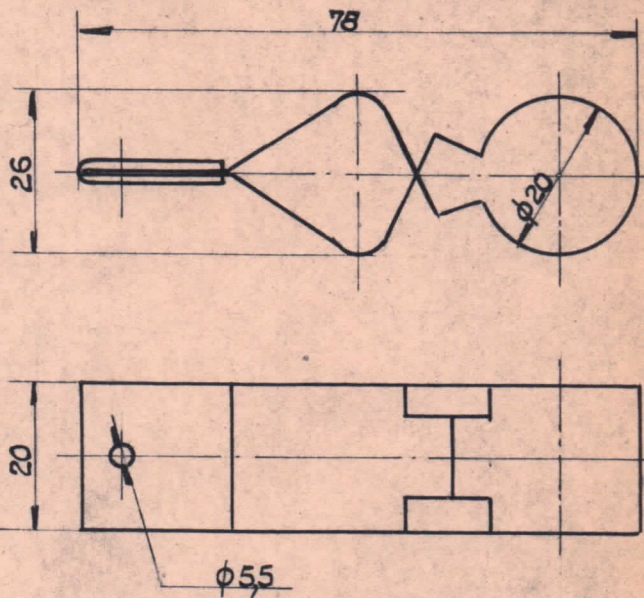
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# ACCESSOIRES

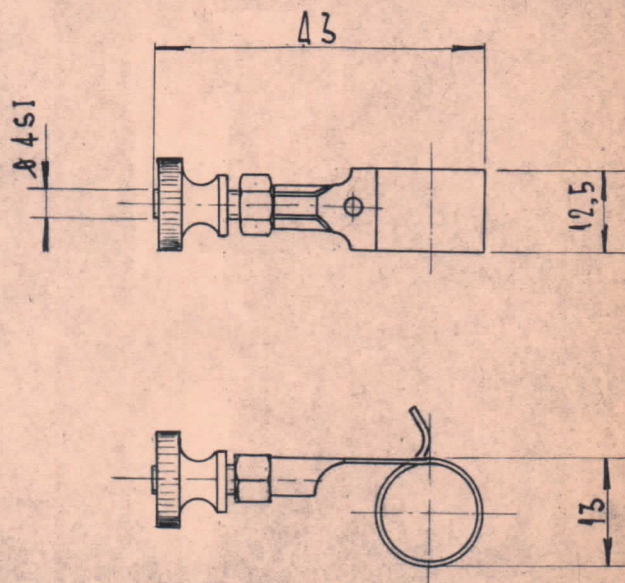
CONNEXIONS ANODE



13 305



13 306



13 311

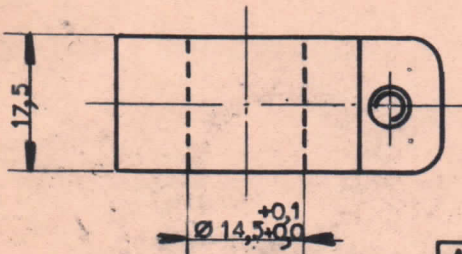
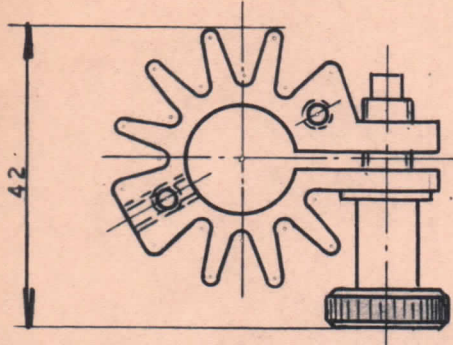
► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.

## CFTH

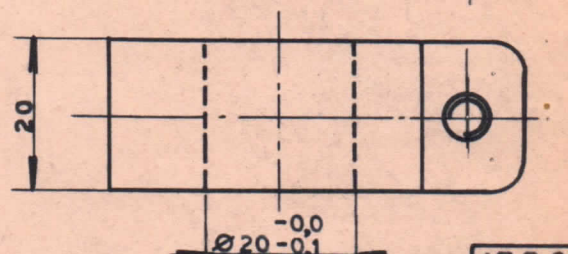
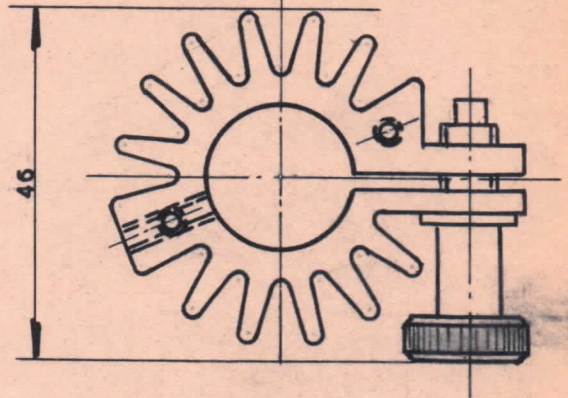
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# ACCESSOIRES

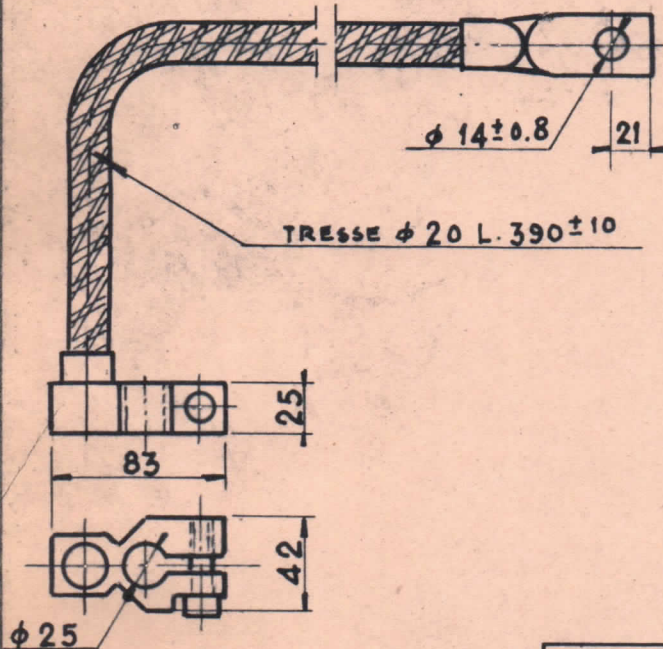
CONNEXIONS ANODE



13308



13309



13312

► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.

## CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

## THERMOREGULATEUR TH 14 103

## THERMADYNE

Marque déposée

Le thermorégulateur TH 14103 est une vanne thermostatique qui permet d'asservir un débit d'eau à une température déterminée.

Il est spécialement conçu pour régler le débit d'eau des ignitrons (tubes à vapeur de mercure qui exigent, pour un fonctionnement stable, une température interne au voisinage de 40°C).

Cet emploi peut être étendu à de nombreux autres dispositifs refroidis par circulation d'eau: tubes d'émission, enroulements de transformateurs, selfs de générateurs H.F, fours, échangeurs thermiques, etc ...

L'appareil consiste en une vanne thermostatique à action mécanique directe, fonctionnant par dilatation de liquide. La vanne est reliée par un tube capillaire à une sonde en contact avec la paroi à contrôler.\*

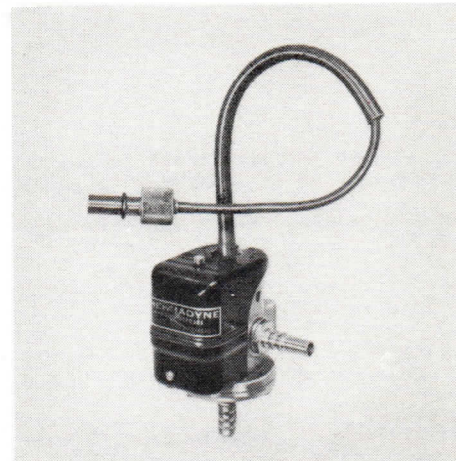
Un cadran permet de régler la température au seuil d'ouverture de la vanne (graduation noire de 0 à 10) et d'augmenter la fuite permanente (0,2 l/mn) pour une température de sonde  $\leq 20^{\circ}\text{C}$  (graduation rouge de 0 à -3); ce qui peut être nécessaire pour diverses utilisations de ce thermorégulateur.

Un minirupteur, solidaire de la fin de course du clapet et d'une bilame à la limitation de température, constitue un auto-contrôle du fonctionnement de l'appareil.

Utilisé sur des ignitrons, ce thermorégulateur présente les avantages suivants :

- Montée rapide en température et très faible puissance de réchauffage de l'eau.
- Stabilité de la température de fonctionnement d'où un risque moindre de mise hors-service prématurée par ratés de fonctionnement.
- Réduction de la consommation d'eau de plus de 70% dans le cas d'un circuit en eau perdue.
- Réduction de la taille des groupes de pompage et des surfaces d'échangeurs dans le cas d'un circuit en eau récupérée.
- Auto-sécurité de l'appareil permettant la suppression de toute autre sécurité.

\* Les ignitrons destinés à être utilisés avec le thermorégulateur TH 14103 comportent une prise de température permettant l'introduction de la sonde.



**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES**

(Réglage sur repère 0)

Fuite à une pression d'eau de 1,5 kgf/cm <sup>2</sup> pour une température de la sonde $\leq 20^{\circ}\text{C}$ . . . . .	0,2	l/mn
Plage de réglage de la température au seuil d'ouverture de la vanne (réglage sur la graduation noire de 0 à 10) . . . . .	20 à 60	$^{\circ}\text{C}$
Limitation de température de la sonde obtenue par la vis du minirupteur (réglée en usine) . . . . .	65	$^{\circ}\text{C}$
Limitation de température du corps du thermorégulateur obtenue par la bilame (réglée en usine). . . . .	80	$^{\circ}\text{C}$
Puissance de réchauffage permettant en quelques secondes une élévation de $15^{\circ}\text{C}$ de la température du filet d'eau de 0,2 l/mn . . . . .	200	W
Position de l'appareil . . . . .	indifférente	
Pression maximum de l'eau à l'entrée pour un débit de 0,4 l/mn . . . . .	5	kgf/cm <sup>2</sup>
Débit de l'eau à pleine ouverture pour une perte de charge de 1,5 kgf/cm <sup>2</sup> . . . . .	30	l/mn
Pouvoir de coupure de la sécurité électrique sous 220 V eff. . . . .	2	A eff.
Temps maximum de réponse de l'ensemble sonde/clapet: 20 - 40 $^{\circ}\text{C}$ . . . . .	10	s
20 - 50 $^{\circ}\text{C}$ . . . . .	4	s
20 - 60 $^{\circ}\text{C}$ . . . . .	3	s

**EXEMPLE DE FONCTIONNEMENT**

EN REGIME DE SOUDURE

2 ignitrons taille C

Courant efficace au primaire de la soudeuse . . . . .	600	A
Temps de travail en périodes (réseau 50 Hz) . . . . .	3	
Temps de repos en périodes . . . . .	3	
Température d'entrée de l'eau . . . . .	25	$^{\circ}\text{C}$
Température de stabilisation de l'eau . . . . .	35	$^{\circ}\text{C}$
Débit d'eau à ce régime. . . . .	1,6	l/mn
Pression d'eau à l'entrée des ignitrons . . . . .	0,5	kgf/cm <sup>2</sup>
Débit d'eau demandé sans régulation . . . . .	6	l/mn
Rapport d'économie . . . . .	0,26	



## CONSIGNES D'UTILISATION

Sauf spécifications contraires, le thermorégulateur est livré pré-réglé pour l'utilisation sur des ignitrons (repère 0).

Dans les installations comportant plusieurs ignitrons à charge uniformément répartie, il est possible d'utiliser un seul thermorégulateur disposé sur le tube le plus chaud.

### Isolement

Le tube capillaire métallique est protégé par une gaine en matière plastique.

Par son intermédiaire le thermorégulateur est au potentiel de la sonde, elle-même au potentiel de la cathode.

Au montage il est donc indispensable de le fixer sur la sortie cathode du tube à prise de température, ou à défaut d'isoler l'appareil.

Si le thermorégulateur est monté sur un panneau isolant, il est nécessaire de shunter le tube capillaire par un conducteur de forte section reliant le corps de l'appareil à la cathode du tube. Cette précaution simple évite la destruction du tube capillaire dans le cas accidentel d'un arc entre le corps de l'appareil et la masse ou dans le cas de fuites électriques importantes. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'il est préférable de monter le thermorégulateur directement sur la connexion de cathode de l'ignitron à l'aide d'une plaque ou d'une équerre.

### Alimentation en eau

La vanne thermostatique doit obligatoirement être montée à la sortie du circuit d'eau, pour que la fuite permanente provoque une montée en température du corps de l'appareil, assurant ainsi la coupure du circuit de sécurité en cas de non fonctionnement du clapet.

L'eau doit contenir moins de 250 mg de solides insolubles par litre, présenter une résistivité à 20°C supérieure à 2 000  $\Omega$ . cm, et posséder un Ph d'environ 7,9.

### Montage

- 1°) Mettre en place la vanne thermostatique en utilisant les trous taraudés prévus à cet effet.
- 2°) Enlever le capot inférieur (vis avant), y faire passer les fils du circuit de sécurité électrique et raccorder ces fils sur le connecteur de l'appareil.
- 3°) Raccorder les tuyaux de caoutchouc de la circulation d'eau.
- 4°) A la première mise en service, il est recommandé de procéder à une purge du circuit d'eau et à une vérification de la sécurité électrique en plongeant la sonde dans l'eau à la température de 70°C environ.
- 5°) Enlever le bouchon de la prise de température sur l'ignitron. Si les appareils ne sont pas neufs, vérifier l'absence de tartre dans la prise de température et sur la sonde.
- 6°) Mettre la sonde en place :
  - Disposer la bague de caoutchouc dans la gorge prévue à l'extrémité côté écrou de la sonde.
  - Introduire la sonde dans son logement sur la paroi de l'ignitron.

La bague de caoutchouc ne doit pas gêner la descente de la sonde et on peut s'assurer que celle-ci est au fond de son logement par le léger choc qui se produit sur la chemise interne de l'ignitron.

La pression d'un ressort assure le bon contact thermique.

  - Visser lentement l'écrou moleté : cette opération bande le ressort et assure l'étanchéité à l'eau par pression sur la bague de caoutchouc. Serrer modérément sans utiliser d'outil.

### Mise en service

Après mise en eau, si un léger suintement se produit à la sonde, on peut serrer davantage l'écrou mais toujours à la main.

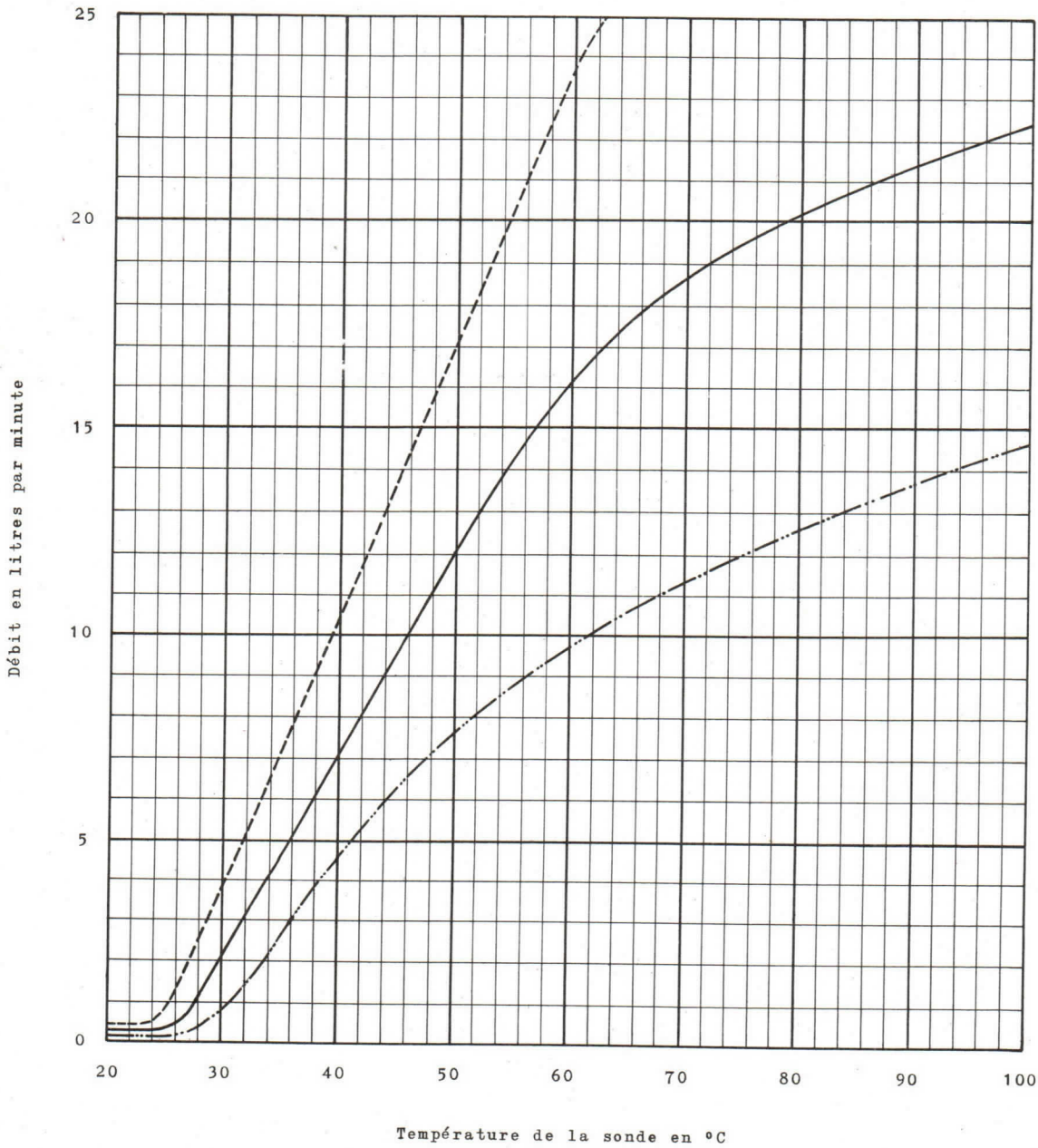
Il faut également vérifier l'absence de fuites aux raccords et s'assurer que l'appareil laisse s'écouler un filet d'eau de l'ordre de 0.2 l/mn.



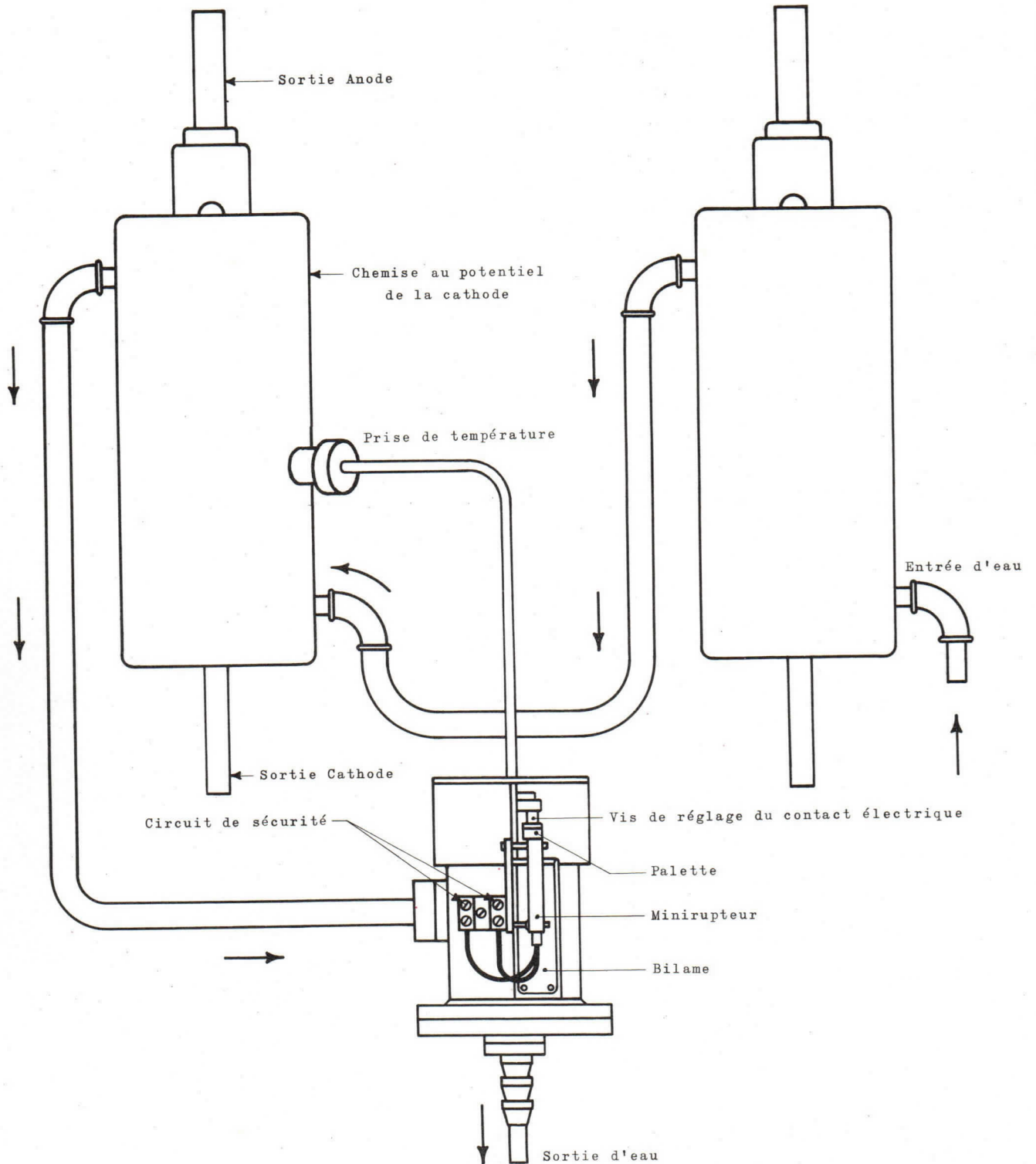
CARACTERISTIQUES DE DEBIT  
Réglage sur repère 0

PRESSION CONSTANTE A L'ENTREE DU THERMOREGULATEUR

- 2 kgf/cm<sup>2</sup>
- 1 kgf/cm<sup>2</sup>
- · - · - · 0,5 kgf/cm<sup>2</sup>



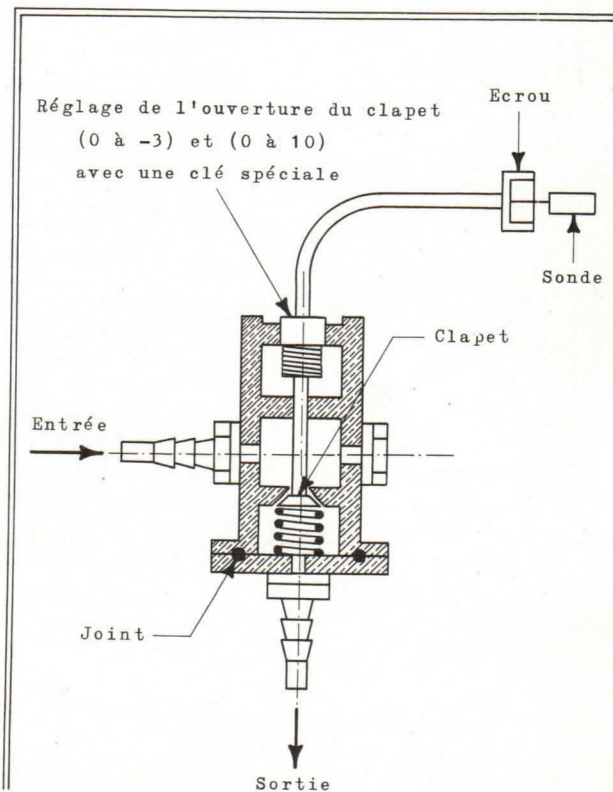
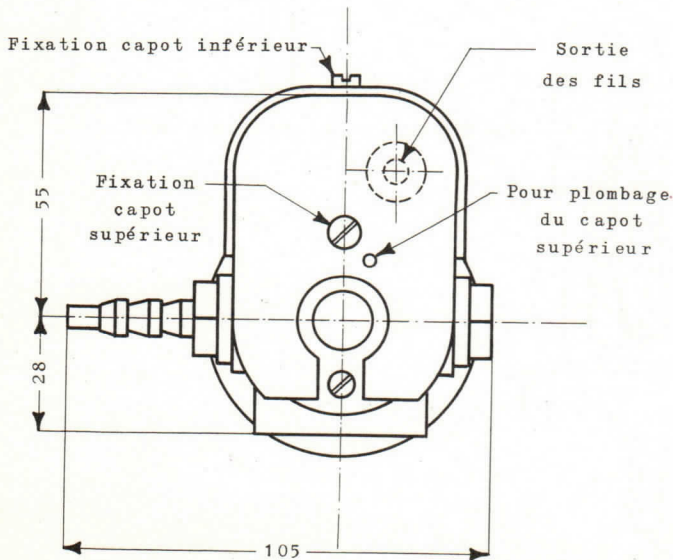
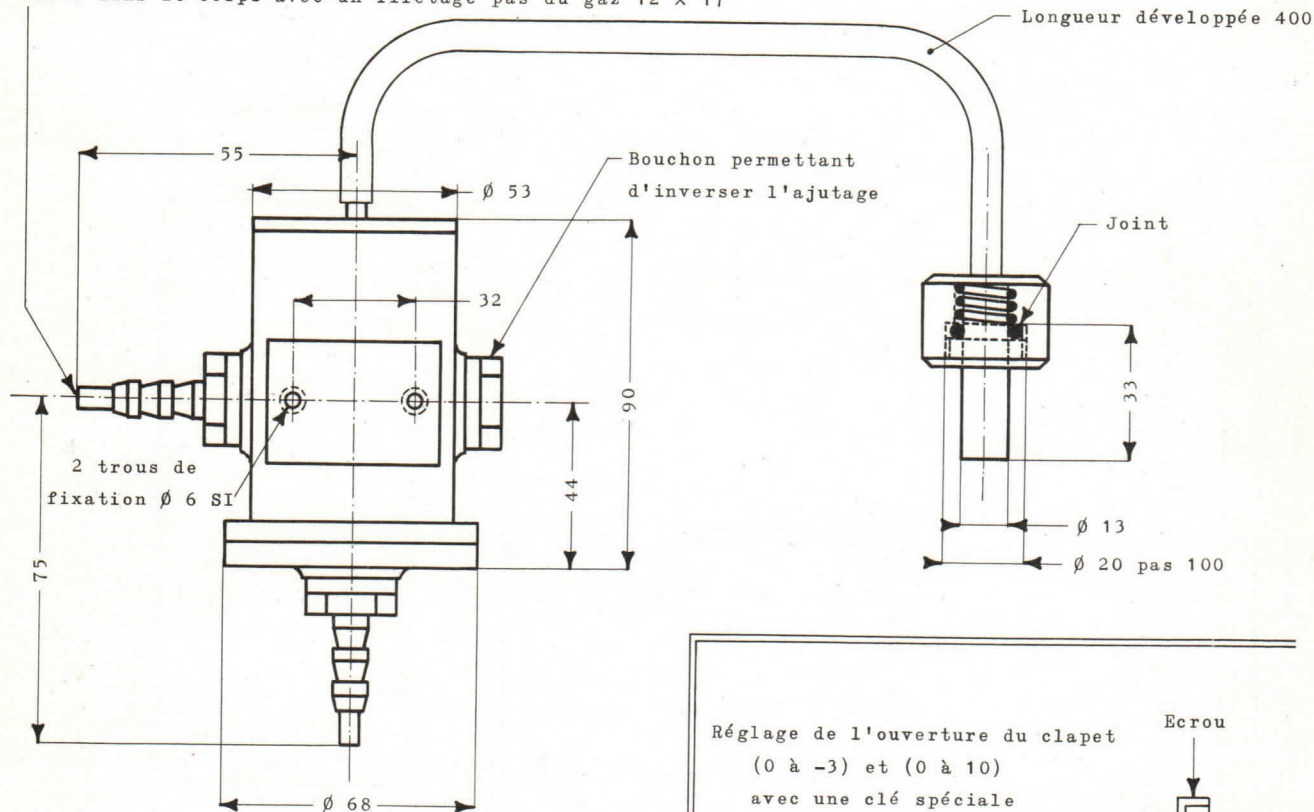
MONTAGE SUR IGNITRONS



# TH 14 103



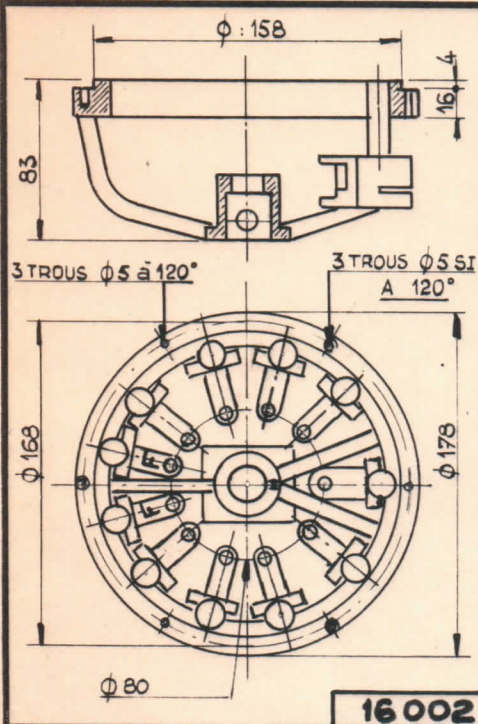
2 raccords cannelés pour tube de caoutchouc  $\varnothing$  int. 9 à 13  
vissés dans le corps avec un filetage pas du gaz 12 x 17



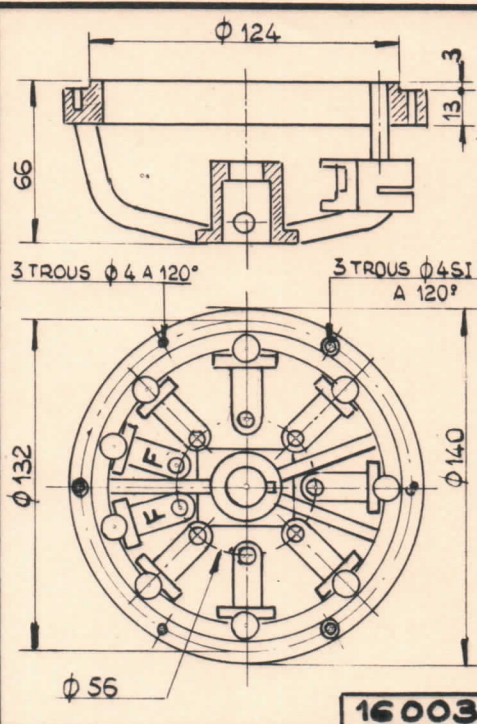
Toutes les cotes sont données en millimètres

# ACCESSOIRES

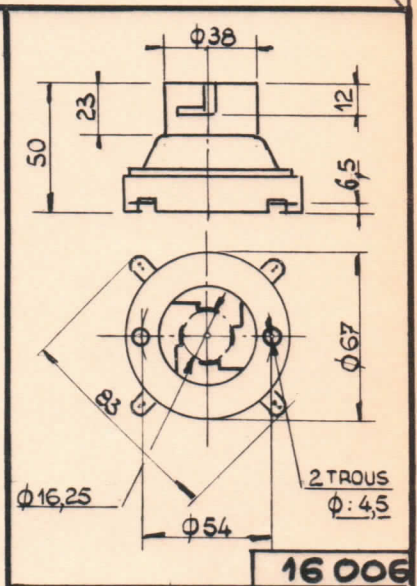
SUPPORTS POUR TUBES D'EMISSION  
ET TUBES REDRESSEURS



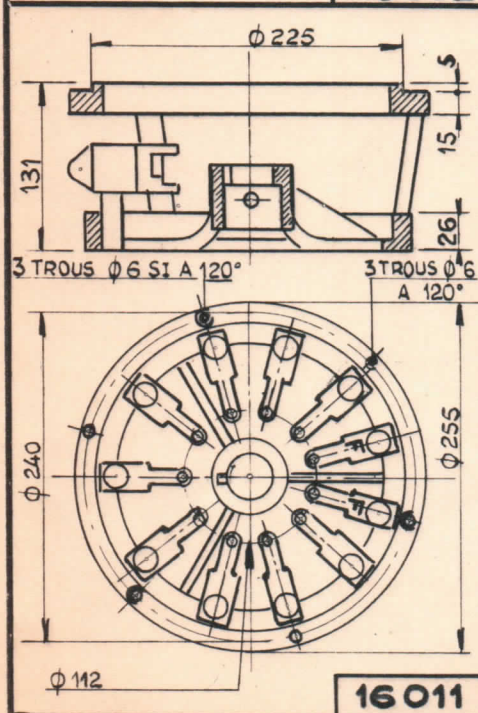
16002



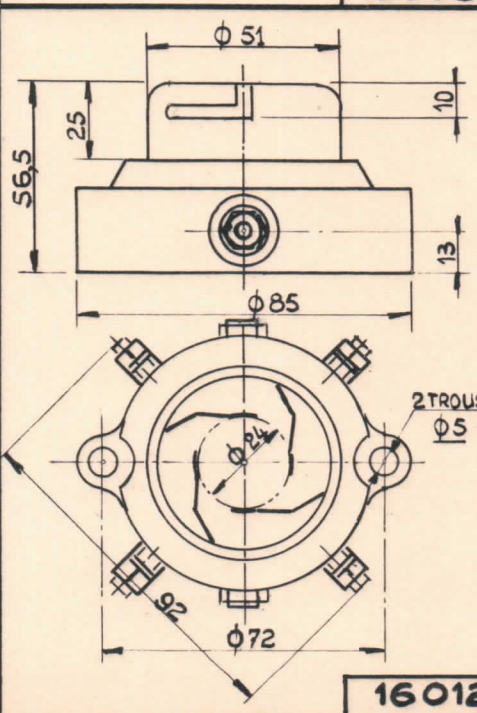
16003



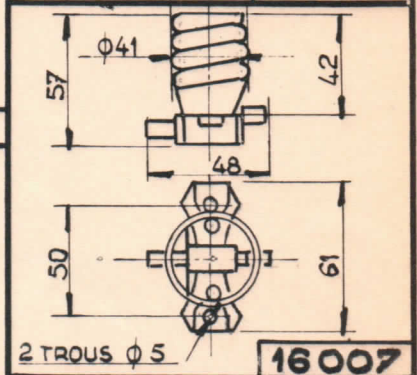
16006



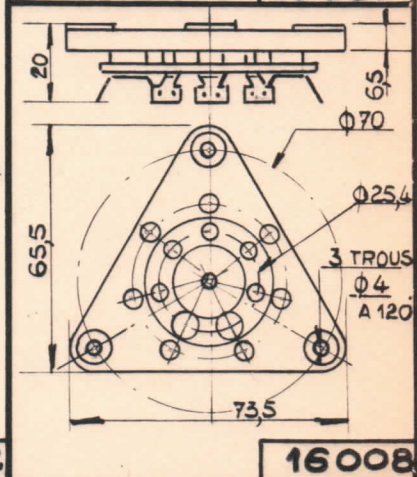
16011



16012



16007



16008

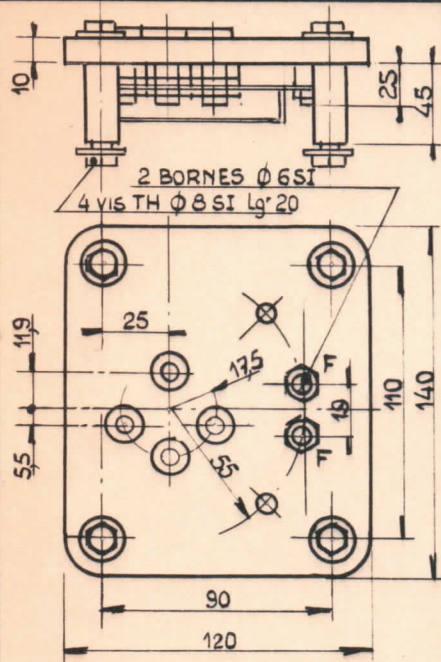
► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.

## CFTH

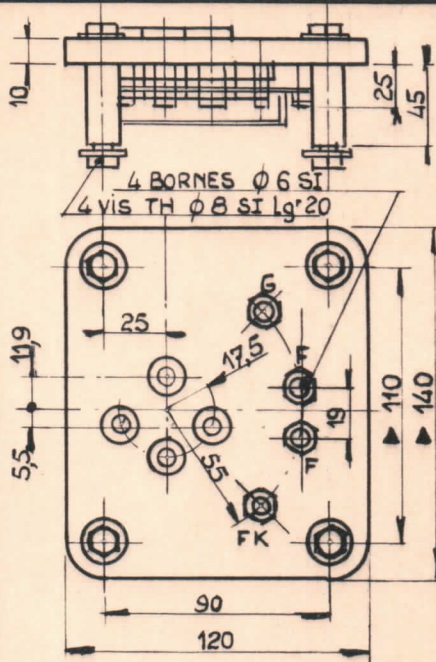
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# ACCESSOIRES

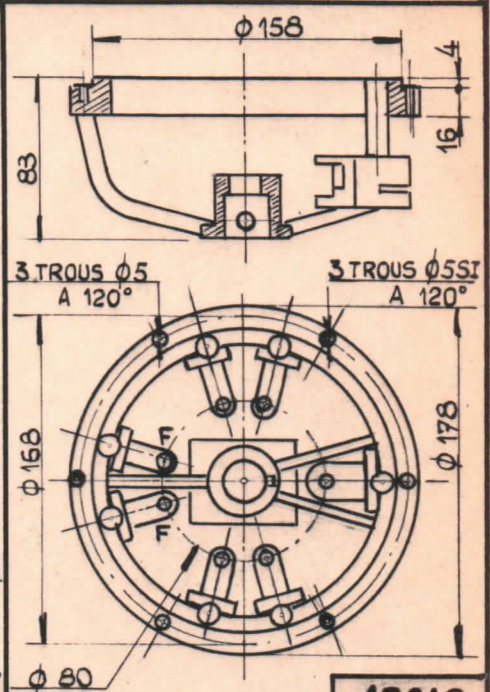
SUPPORTS POUR TUBES D'EMISSION  
ET TUBES REDRESSEURS



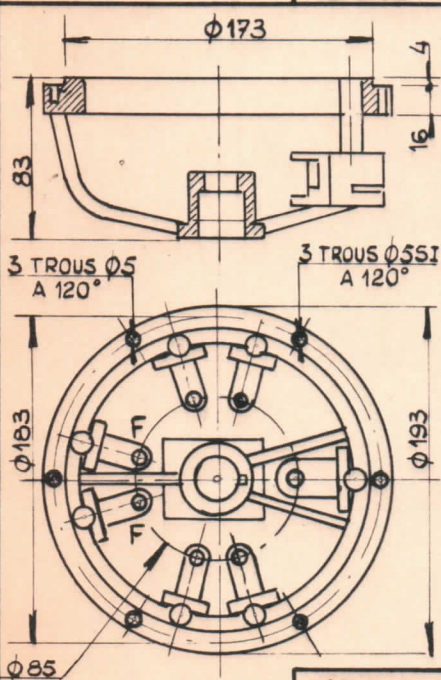
16013



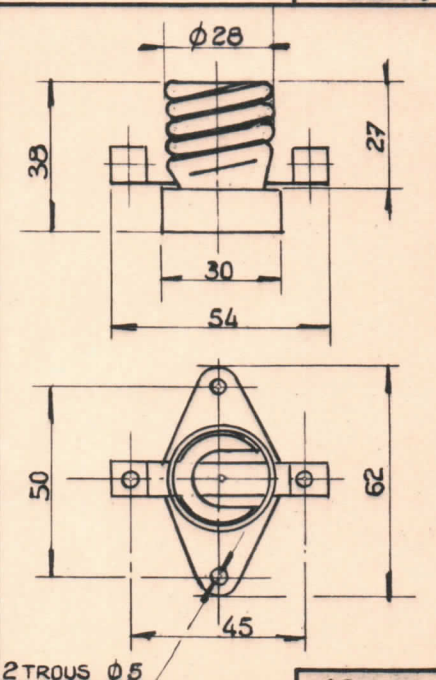
16014



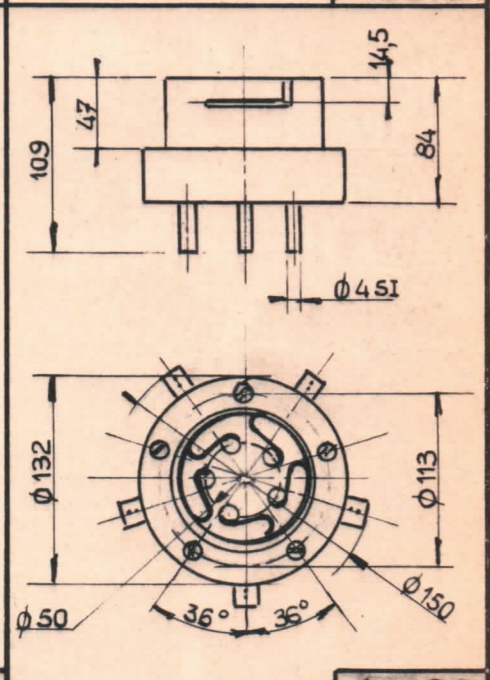
16016



16017



16019



16022

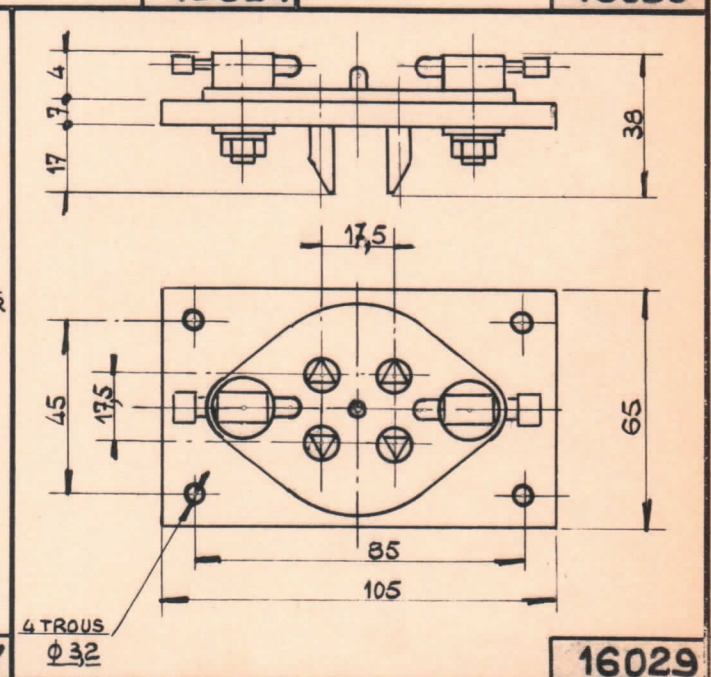
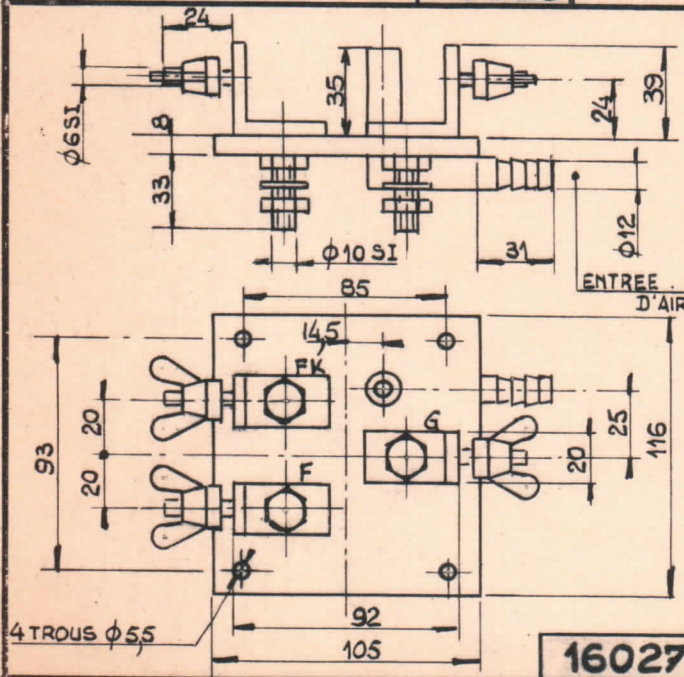
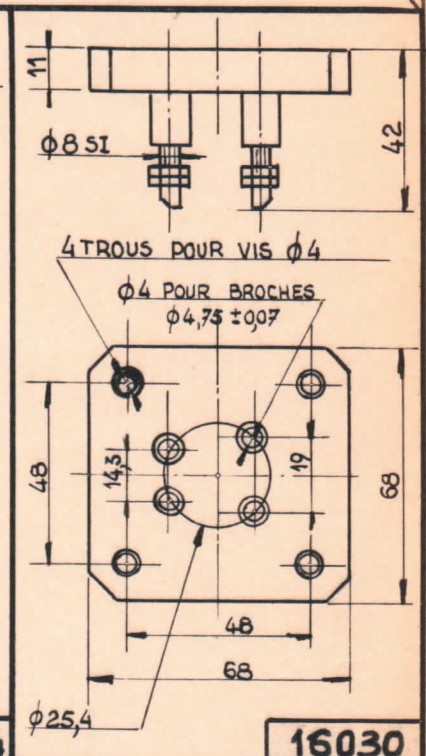
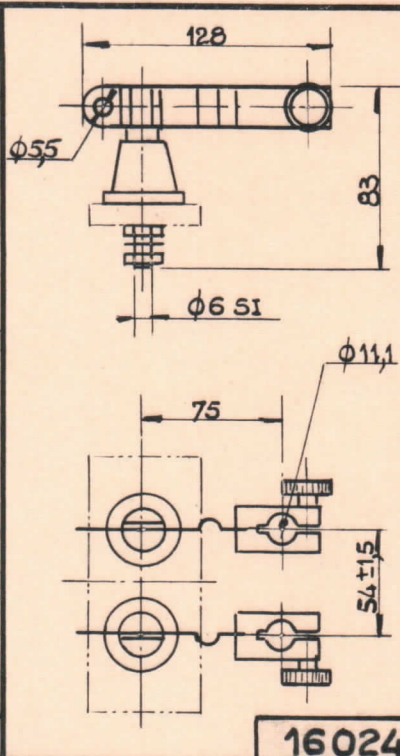
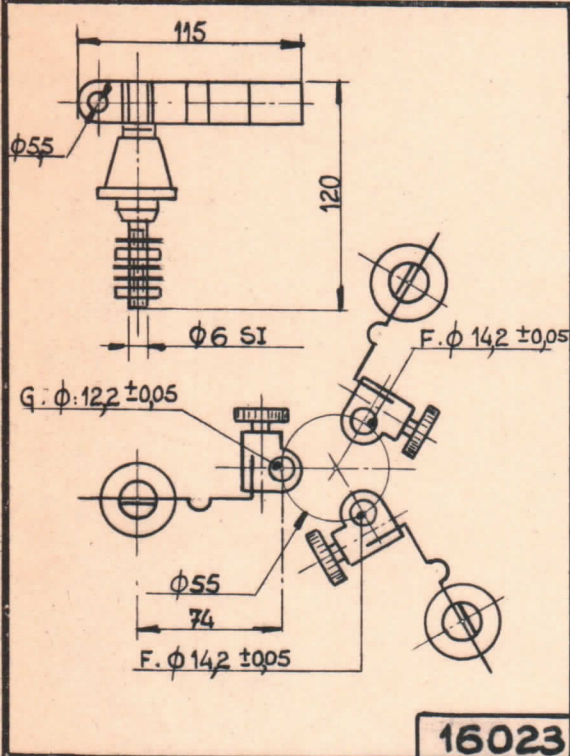
► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.

## CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# ACCESSOIRES

SUPPORTS POUR TUBES D'EMISSION  
ET TUBES REDRESSEURS



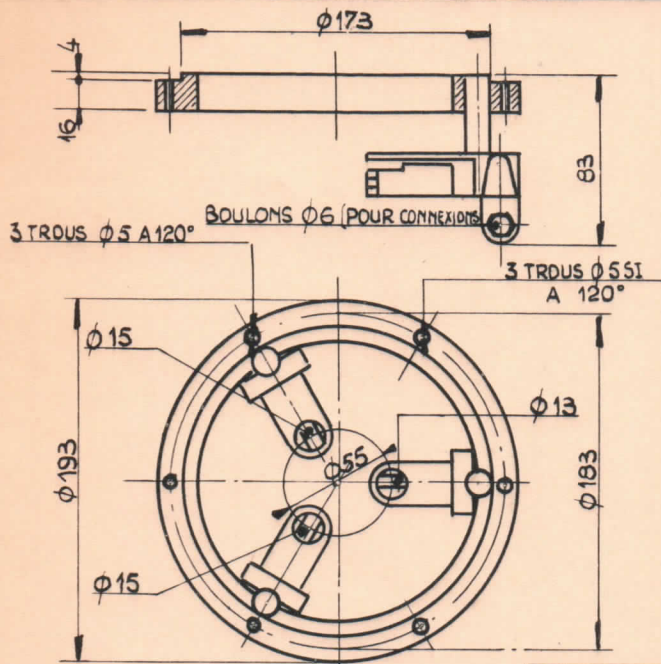
► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.

## CFTH

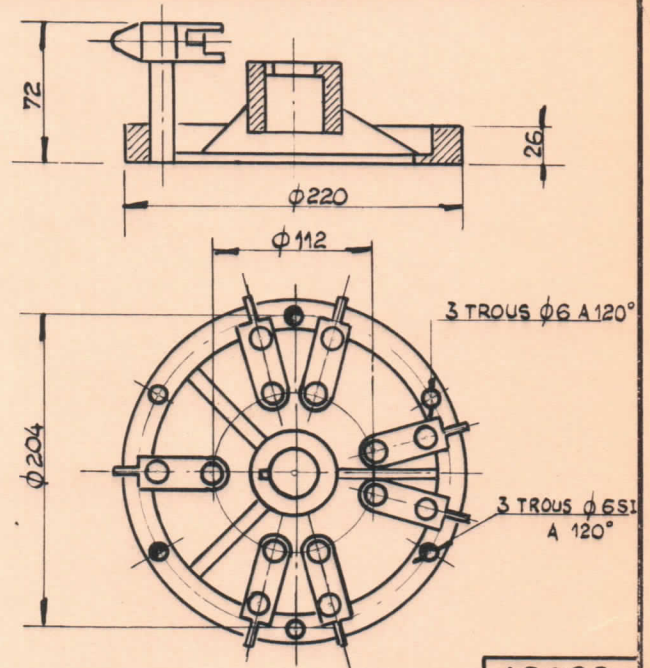
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# ACCESSOIRES

SUPPORTS POUR TUBES D'EMISSION  
ET TUBES REDRESSEURS

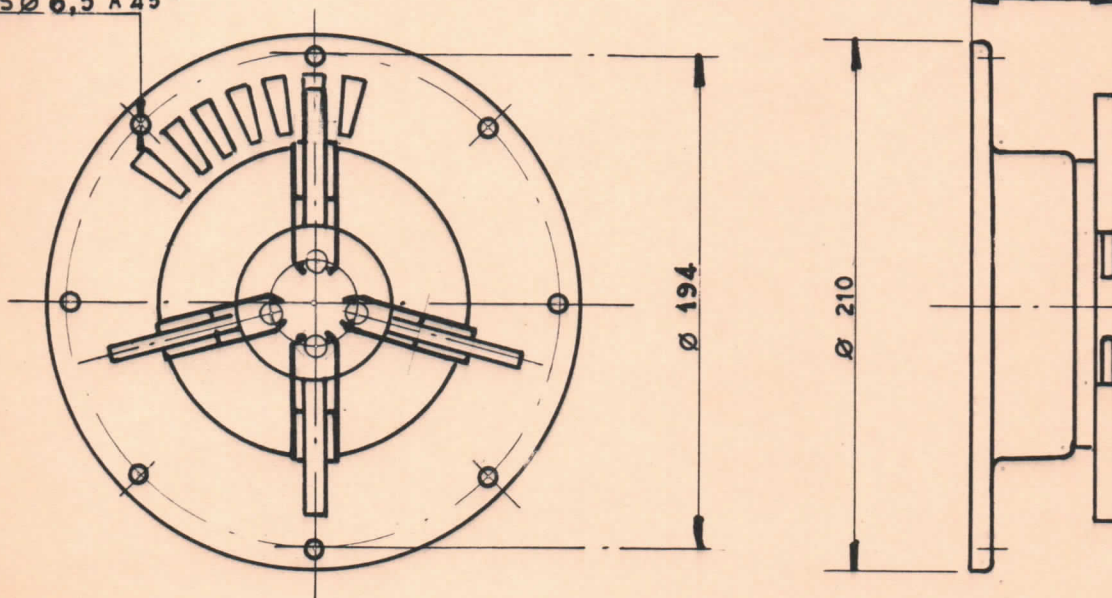


16032



16033

8 TROUS  $\phi 6,5$  A  $45^\circ$



16035

► Modification apportée à la NOTICE : TE de remplacée par la présente.

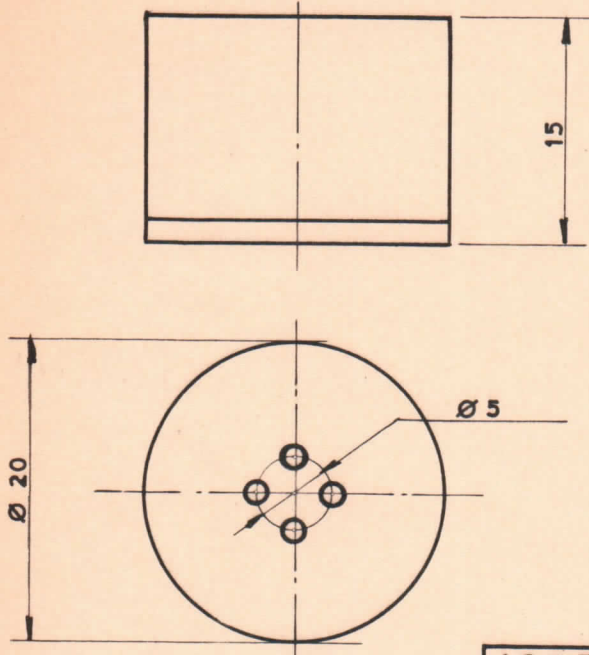
## CFTH

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

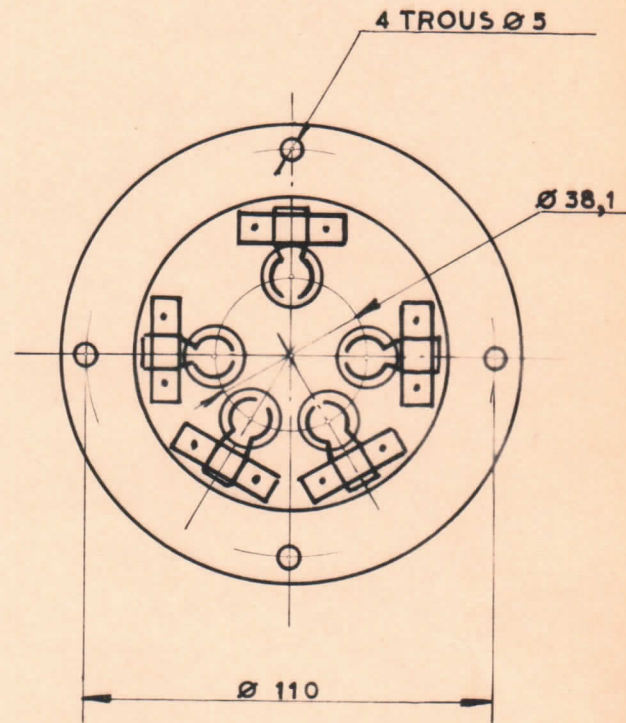


# ACCESSOIRES

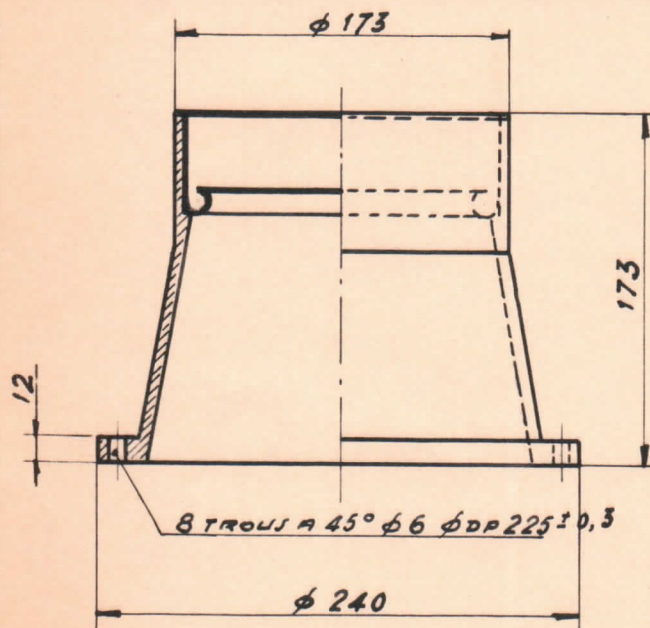
SUPPORTS POUR TUBES D'EMISSION  
ET TUBES REDRESSEURS



16036



16037



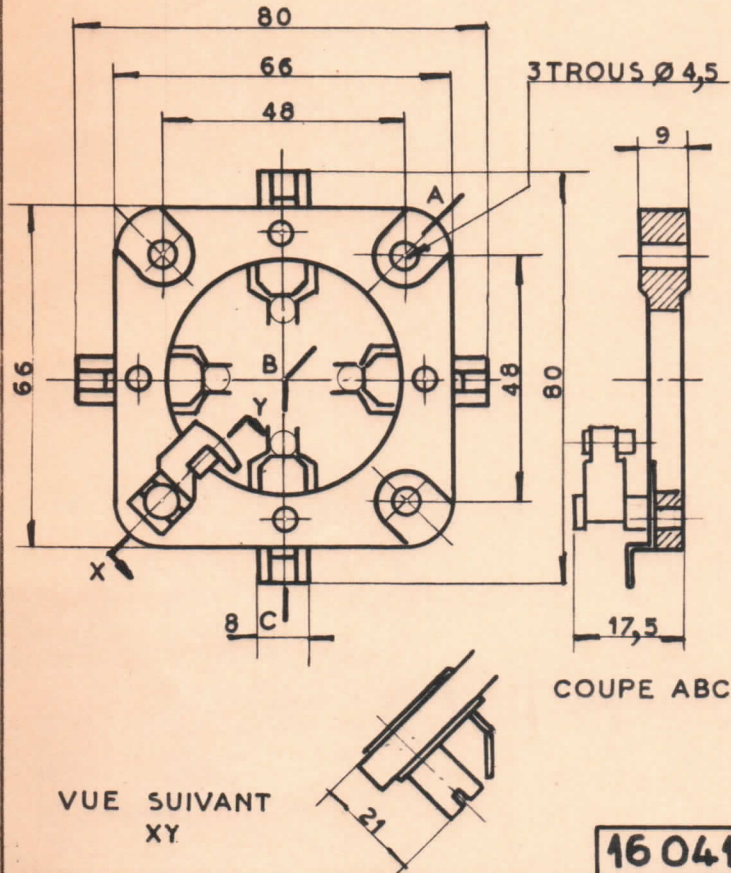
16043



COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON  
GROUPE ÉLECTRONIQUE

# ACCESSOIRES

SUPPORTS POUR TUBES D'EMISSION  
ET TUBES REDRESSEURS



16041