

L'ALIMENTATION DES FILAMENTS DES TUBES BATTERIE DANS LES RECEPTEURS DE RADIO PORTATIFS

Les frais d'entretien des récepteurs batterie se composent, en majeure partie, des frais de remplacement des batteries. La durée de vie des batteries dépend dans une très grande mesure du débit de courant, et il va de soi que l'on aura tout avantage à réduire le plus possible, la consommation des filaments des tubes. D'autre part, l'encombrement et le poids des batteries pourront être d'autant plus réduits que le courant de chauffage sera faible, ce qui est particulièrement intéressant pour les équipements portatifs.

1. LES TUBES BATTERIES A FAIBLE CONSOMMATION DE COURANT.

On peut réaliser une sérieuse économie de courant de chauffage, grâce à l'emploi des tubes batterie spéciaux, de la série D96, dont le courant filament n'est que de 25 mA, au lieu de 50 mA, comme c'est le cas pour les tubes DAF91, DF91, etc. La durée de vie des batteries basse tension s'en trouve considérablement augmentée.

a) Filaments en Tungstène et en Nickel.

Une différence essentielle entre les tubes 25 mA et les tubes 50 mA réside dans le fait que les filaments des premiers est en tungstène, alors que les filaments des tubes 50 mA sont en nickel. Ceci est dû à ce que le nickel, utilisé pour les filaments des tubes 50 mA, est relativement mou, ce qui empêche de l'utiliser pour faire des filaments 25 mA, car le diamètre du fil, qui serait dans ce cas de 17 microns, serait trop faible pour assurer une résistance mécanique convenable.

Par contre, on peut fabriquer des filaments en tungstène dont le diamètre peut être de l'ordre de $8\ \mu$ (parfois même encore moins), comme c'est le cas dans les tubes pour aide-auditifs qui ne nécessitent qu'un courant de chauffage de 10 mA.

Dans les tubes 25 mA, le diamètre des filaments en tungstène est de 11 microns, et ceux-ci sont tendus au moyen de petits ressorts qui exercent une force moyenne de 5 g, ce qui est encore nettement en-dessous de la limite d'élasticité, à la température de travail. Si l'on considère que le diamètre d'un cheveu est de 70 microns, on se rendra compte que la réalisation de filaments de $11\ \mu$ pose des problèmes qui sont extrêmement complexes.

b) L'effet microphonique des filaments.

Un phénomène, qui est étroitement lié à la matière qui constitue le filament, est l'effet microphonique, dû à la résonance du filament. Ceci dépend en premier lieu de la fréquence de résonance propre du filament et de son amortissement, et ces caractéristiques sont à leur tour déterminées par les dimensions physiques et certaines constantes de la matière du filament. Pour éviter que la résonance ne se produise à une fréquence située en dehors du registre sonore, il faudrait soumettre ces filaments en nickel à un effort de traction excessivement grand, ce qui est impossible par suite de la faible limite d'élasticité de cette matière. Il en résulte que les filaments 50 mA en nickel résonnent sur des fréquences audibles, généralement inférieures à 1500 c/s.

Par contre, la résistance à la traction des filaments en tungstène est beaucoup plus grande, ce qui permet de reporter la fréquence de résonance au-delà de 4000 c/s. Ces fréquences élevées sont déjà beaucoup moins facilement transmises au filament.

c) Le courant de chauffage en fonction de Vf.

Une autre différence entre les filaments en nickel et ceux en tungstène réside dans le fait que les relations entre la tension V_f aux bornes du filament et l'intensité I_f du courant traversant le filament sont différentes. La fig. 1 montre comment varie I_f en fonction de V_f pour un filament 50 mA en nickel (trait plein) et pour un filament 25 mA en tungstène (trait interrompu). On peut en déduire que, pour les filaments 50 mA, une variation de 1 mA dans la chaîne filaments - soit une variation relative de 2% - correspond environ à une variation de la tension de 0,04 V, alors que pour les tubes 25 mA, une variation de 0,5 mA (soit aussi 2%) correspond à une variation de la tension filament d'environ 0,05 V. On comprendra maintenant pourquoi il a été nécessaire de veiller soigneusement à réduire au minimum la dispersion dans la fabrication des tubes 25 mA.

2. BRANCHEMENT DES FILAMENTS DES TUBES BATTERIE.

Suivant les nécessités, les filaments des tubes batterie peuvent être connectés, soit en série, soit en parallèle, mais suivant l'un ou l'autre cas, les problèmes qui se posent sont totalement différents.

a) Connexion des filaments en parallèle.

Lorsque les filaments de tous les tubes sont connectés en parallèle, comme ce sera généralement le cas pour les récep-

teurs batteries du type B (par exemple BX 323 B), la situation est relativement simple.

Dans ce cas, la tension aux bornes des filaments variera entre certaines limites, déterminées par les batteries basse tension, et le courant I_f dépendra évidemment de la tension de la batterie et de la résistance du filament.

Dans la graphique de la fig. 2, la ligne en trait plein représente la variation moyenne de I_f en fonction de V_f , variant entre 1,1 et 1,5 V, pour un tube avec filament en tungstène 25 mA. Grâce à un contrôle de fabrication très poussé, la résistance des filaments ne varie pas de plus de 1,3% autour de la valeur moyenne et nous avons représenté les limites correspondantes de la caractéristique I_f - V_f par les lignes en traits interrompus.

Les tubes batterie 25 mA fonctionnent de manière satisfaisante aussi longtemps que la tension de la batterie basse tension ne descend pas en-dessous de 1,1 V et les filaments supportent sans inconvénient une tension de 1,5 V (batterie neuve). Le courant de chauffage varie dans ces conditions entre les valeurs extrêmes 21 mA et 27 mA.

Le fonctionnement d'un tube batterie 25 mA pourra donc être représenté par un point situé à l'intérieur du parallélogramme A B C D. Dans ce même diagramme, on a tracé quelques courbes donnant la puissance W_f dissipée dans les filaments. On voit que cette puissance varie entre 23 mW et 40 mW dans les conditions de fonctionnement extrêmes. L'expérience a montré que les tubes de la série D96 répondent amplement à ces exigences sans que leur durée de vie ne s'en trouve trop affectée.

b) Connexion des filaments en série.

Ceci sera généralement le cas pour les récepteurs portatifs batterie-secteur du type A B.

Voyons d'abord ce qui se passe lorsque les filaments sont alimentés en série par la source H.T., à travers une résistance R_s dont la valeur est grande par rapport à la résistance totale de la chaîne filaments.

Pour autant que le courant filament I_f des tubes est réglé à 24 mA, pour une tension d'alimentation nominale déterminée, un fonctionnement satisfaisant est encore garanti pour des fluctuations de tension d'alimentation de maximum $\pm 10\%$. Toujours en supposant que la résistance série d'alimentation est grande, les variations relatives du courant dans les filaments seront égales aux fluctuations de la tension d'alimentation, ce qui correspondra à une variation du courant I_f de 21,6 à 26,4 mA.

Le courant I_f varie donc entre des limites plus restreintes que dans le cas d'une connexion en parallèle (de 21,6 à 26,4 mA pour le branchement en série et de 21 à 27 mA pour le branchement en parallèle). Le graphique de la fig. 3 montre que la tension V_f varie maintenant de 0,96 V et 1,64 V, dans les cas extrêmes, et la puissance W_f oscille alors entre 21 mW et 43 mW. La différence entre les dissipations extrêmes dans le cas du branchement parallèle et celui de la connexion en série, qui est représentée par les aires hachurées, est donc pratiquement insignifiante.

Mais il n'en est pas moins vrai que la variation totale entre les conditions limites est très importante (de 23 à 40 mW dans le premier cas, et de 21 à 43 mW dans le second).

3. INFLUENCE DU COURANT D'ÉMISSION.

Des conditions souvent imprévisibles et difficilement contrôlables (par exemple, variations de la tension du réseau), peuvent donner lieu à des fluctuations très importantes de la dissipation de puissance des filaments, ce qui fait que les tolérances admises pour d'autres variations possibles sont très réduites.

Ces dernières variations peuvent provenir du fait que les filaments jouent en même temps le rôle de cathode. Le phénomène peut s'expliquer comme suit :

Les électrons, qui quittent le filament (cathode) pour aller sur les électrodes positives, donnent lieu à un "courant d'émission" I_k représenté par la flèche (nous considérons le sens électronique du courant, allant du (-) vers le (+)). Si les filaments sont connectés en série, ce courant additionnel passe à travers toute la chaîne filaments, ce qui, d'après le diagramme de la fig. 3, n'est pas admissible. Il est donc nécessaire de compenser ce courant I_k .

Il va de soi que l'effet de ce courant d'émission est plus nuisible avec les tubes 25 mA qu'avec les tubes 50 mA, et nous verrons au paragraphe 6b comment on peut compenser ce courant d'émission.

4. LA POLARISATION NEGATIVE DES GRILLES DE COMMANDE.

Un point qui est étroitement lié à l'alimentation des filaments est l'obtention de la tension de polarisation de grille. Comme tous les filaments sont connectés à une source d'alimentation commune, il n'est pas question d'obtenir la polarisation de grille pour les tubes individuels, de la même manière que pour les tubes à chauffage indirect, dont les potentiels de cathode peuvent être réglés indépendamment les uns des autres.

D'autre part, le filament est loin d'être une surface équipotentielle, étant donné que la grille est moins négative par rapport à l'extrémité du filament connectée à la broche négative du filament que par rapport à l'extrémité connectée à l'autre broche.

Ainsi, le tube de sortie DL96 possède deux filaments afin d'obtenir l'émission thermionique et la puissance de sortie nécessaires.

Lorsque ces filaments sont connectés en série, comme ce sera le cas dans une chaîne filaments 25 mA, la différence de potentiel entre l'extrémité négative de l'un des filaments, et l'extrémité positive de l'autre filament est de 2,8 V, soit la moitié de la valeur de la tension de polarisation du tube DL96. Ceci montre tout l'intérêt qu'il y a à régler exactement la polarisation de grille afin d'éviter, d'une part, que le tube n'est pas bloqué (cut-off) à l'extrémité positive du filament, et que, d'autre part, la valeur maximum admissible du courant de cathode n'est pas dépassée.

Après ces considérations d'ordre général sur l'utilisation des tubes à chauffage direct, nous décrirons plus en détail les différents circuits dans lesquels ces tubes sont employés.

5. ALIMENTATION DES FILAMENTS PAR BATTERIE BASSE TENSION.

Le circuit le plus simple est obtenu en connectant tous les filaments en parallèle sur une batterie basse tension.

La fig. 4 montre la caractéristique de décharge d'une batterie simple de 1,4 V, déchargée par intermittence dans une résistance de 10 ohms. Après décharge, qui dure 4 heures, on laisse reposer la batterie pendant 20 heures.

On voit que la batterie se régénère dans une certaine mesure après chaque période de repos. La tension initiale de la batterie est d'environ 1,6 V, soit donc supérieure de 14,3% à la tension nominale 1,4 V des filaments. Ceci ne présente cependant aucun inconvénient étant donné que la décharge est particulièrement rapide lors de la première utilisation de la batterie. En fait, la tension maximum que le filament peut supporter durant un temps assez long est de 1,5 V, alors que la valeur maximum de la tension de filament, appliquée temporairement, est de 1,65 V. Cette dernière tension ne peut cependant être appliquée que pendant un temps très court, et il faut qu'après une demi-heure, elle soit tombée à 1,5 V environ, ce qui est pratiquement toujours le cas avec la plupart des batteries du type Leclenché, qui sont sur le marché.

On peut considérer que le fonctionnement des tubes batterie est encore suffisant lorsque la tension filament ne descend pas en-dessous de 1,1 V.

6. ALIMENTATION DES FILAMENTS PAR UNE TENSION REDRESSEE.

Pour les récepteurs batteries-secteur (type AB), une solution intéressante consiste à incorporer dans l'appareil un transformateur de tension et un redresseur au sélénium, à partir duquel on obtient la tension de chauffage pour les filaments.

a) Alimentation série des filaments.

L'alimentation des filaments en série est la seule solution pratique lorsqu'il s'agit d'alimenter les filaments à partir de la source H.T.

Dans ce cas, il faut régler à 2% près le courant de chauffage au moyen d'une résistance série R_s , à une valeur réduite resp. de 24 mA (pour les tubes 25 mA) et de 48 mA (pour les tubes 50 mA) sous la tension d'alimentation nominale, ceci afin d'éviter de surcharger les filaments lors d'une surtension de la source d'alimentation (voir fig. 3).

La tension moyenne aux bornes de chaque filament sera alors de 1,3 V pour les tubes 25 mA, et de 1,32 V pour les tubes 50 mA. On peut alors calculer la valeur de la résistance série par les relations suivantes :

a) pour une chaîne de filaments 25 mA

$$R_s = \frac{(V_b - 1,3 n)}{24} \quad (\text{k.ohms})$$

b) pour une chaîne de filaments 50 mA

$$R_s = \frac{(V_b - 1,32 n)}{48} \quad (\text{k.ohms})$$

Dans ces formules :

V_b = tension aux bornes de la source d'alimentation,
 n = nombre de filaments raccordés en série.

Il faut que la résistance série totale R_s (qui se composera généralement d'une résistance fixe et d'une résistance variable en série) soit grande par rapport à la résistance de la chaîne filaments, ce qui revient en pratique à faire en sorte que la tension d'alimentation totale V_b soit au moins 7 à 8 fois plus grande que celle se trouvant aux bornes de la chaîne filaments. Cette résistance série est dimensionnée de telle façon que la température de fonctionnement est rapidement atteinte.

On peut fort bien utiliser les tubes de la série 25 mA en combinaison avec des tubes 50 mA, dans un circuit de filaments 48 mA, en connectant les filaments de deux tubes 25 mA en parallèle. Dans ce cas, les courants d'émission des tubes connectés en parallèle doivent être du même ordre de grandeur. Ainsi :

- un tube DF96 peut être alimenté en parallèle avec un tube DK96,
- un tube DAF96 peut être connecté en parallèle sur l'indicateur d'accord DM70.

b) Compensation du courant d'émission.

Comme nous l'avons fait remarquer ci-dessus, lorsque les filaments sont connectés en série, il y a lieu de veiller à ce que le courant d'émission n'augmente pas exagérément le courant filament des autres tubes.

La distribution de ce courant d'émission n'est pas uniforme le long du filament, comme nous allons l'expliquer à l'aide de la fig. 5. Dans cette figure, *f* représente le filament, et *g* la grille de commande du tube.

On admettra que la distance entre ces électrodes correspond à leur différence de potentiel, la grille étant plus négative par rapport au point *a* du filament que par rapport au point *b*. Une partie des électrons, traversant la chaîne filaments, quittent le filament et se déplacent vers l'anode positive. Cependant, la densité du courant d'électrons vers l'anode sera plus grande au voisinage du point *a* que du voisinage du point *b*. Ceci est dû au fait que le point *a* est moins positif par rapport au potentiel de grille que le point *b*. Comme l'énergie nécessaire pour extraire un électron du filament réduit la température de ce dernier, le filament se refroidit, et ce refroidissement sera plus important au voisinage du point *a* qu'aux environs du point *b*. C'est ce phénomène entre autres qui donne lieu à la répartition particulière du courant d'émission le long du filament.

Ce courant d'émission doit, comme nous l'avons signalé ci-dessus, être compensé au moyen de résistances dont la valeur est calculée sur base des considérations ci-après.

Résistances de dérivation.

La fig. 6a montre le schéma d'un tube dont le filament se trouve en un endroit quelconque de la chaîne de chauffage.

- R1 représente la résistance effective des filaments des tubes qui suivent le tube en question.
- R2 est la résistance effective des filaments des tubes qui précèdent le tube représenté.

(Nous adoptons toujours le sens électronique du courant, et les flèches sont donc dirigées dans le sens (-) - (+)).

Nous supposons que le courant "sortant" au point P a la valeur requise de 24 mA ou de 48 mA suivant le type de tube utilisé.

Afin de compenser l'effet du courant d'émission I_k de chaque tube, on prévoit deux résistances (R' et R'') qui sont telles que

- pour les tubes 25 mA avec filament en tungstène
la résistance R' absorbe un courant égal à $I_k/5$, l'autre résistance R'' absorbant le courant restant $4 I_k/5$.
- pour les tubes 50 mA avec filament en nickel
 R' dissipe un courant égal à $I_k/3$
 R'' absorbe $2 I_k/3$.

En d'autres termes, si nous indiquons par n l'ordre occupé par le filament considéré dans la chaîne d'alimentation (en comptant à partir du pôle négatif), les résistances de protection R' et R'' , connectées respectivement aux extrémités positive et négative du filament, peuvent être calculées par les relations ci-après :

a) pour un filament 25 mA en tungstène

$$R'_T = \frac{1.3 n}{I_k/5} = \frac{6.5 n}{I_k}$$

$$R''_T = \frac{1.3 (n-1)}{4 I_k/5} = \frac{1.62 (n-1)}{I_k}$$

b) pour un filament 50 mA en nickel

$$R'_N = \frac{1.32 n}{I_k/3} = \frac{4 n}{I_k}$$

$$R''_N = \frac{1.32 (n-1)}{2 I_k/3} = \frac{2 (n-1)}{I_k}$$

Dans ces relations, les résistances sont exprimées en k Ω si I_k est exprimé en mA.

Dans la pratique, les résistances de protection ainsi calculées peuvent évidemment être combinées deux à deux, la résistance R' d'un tube étant en parallèle sur la résistance R'' du tube qui le précède dans la chaîne filaments.

On pourra encore calculer la valeur d'une quelconque des résistances de protection en divisant la tension au point de jonction de deux filaments, par la somme des courants d'émission des tubes adjacents.

Nous attirons votre attention sur le fait que la valeur des résistances de protection est assez critique et, lors d'un remplacement d'une de ces résistances, il y a lieu de veiller à prendre le type de résistance indiquée dans la documentation "Service". Ainsi, lorsque la documentation "Service" renseigne une résistance de 820 ohms, il ne faudra pas remplacer celle-ci par une résistance de 1000 ohms.

La fig. 6b montre un circuit pratique avec tubes 25 mA.

Résistances shunt.

Au lieu d'utiliser des résistances de dérivation pour la compensation du courant d'émission, on peut aussi connecter des résistances en shunt aux bornes des filaments de chacun des tubes. La valeur de ces résistances se calcule suivant le même principe que celui qui était à la base du calcul des résistances de dérivation (voir fig. 7a).

Pour des tubes 25 mA à filament en tungstène, on trouve la valeur de la résistance à brancher en shunt sur un filament par la relation :

$$R_T = \frac{1.300}{\frac{4}{5} I_k (n-1) + \frac{1}{5} I_k (n)} \quad (R_T \text{ en ohms})$$

Pour des tubes 50 mA à filament en nickel, on calcule la résistance shunt par la formule :

$$R_{Ni} = \frac{1.300}{\frac{2}{3} I_k (n-1) + \frac{1}{3} I_k (n)} \quad (R_{Ni} \text{ en ohms})$$

Dans ces expressions, $I_k (n-1)$ signifie le courant d'émission du tube précédent dans la chaîne filaments, et $I_k (n)$ le courant d'émission du tube considéré (ces courants d'émission étant exprimés en mA).

Le courant de chauffage total étant réglé à la valeur exacte au moyen de la résistance série R_s , le filament du premier tube de la chaîne ne doit pas être shunté.

7. ENCORE QUELQUES PARTICULARITES.

Terminons en signalant quelques particularités des tubes batterie.

En cours de fonctionnement de ces tubes, l'émission d'électrons s'accompagne d'une diminution de la température du filament, particulièrement à la partie du filament qui se trouve le plus près de l'extrémité négative, car le potentiel de la surface de la grille de commande est moins négatif par rapport à cette partie.

Sous des conditions statiques, la longueur du filament, qui contribue effectivement à l'émission électronique, variera avec la tension de polarisation appliquée. Les résultats obtenus en faisant une mesure statique seront donc entachés d'une certaine erreur, et ceci oblige à faire la mesure de la pente des tubes batterie dans des conditions dynamiques, afin de reproduire les conditions de travail de la pratique,

Ainsi, la pente du tube DL96, mesurée statiquement, est de 10% à 15% inférieure à la valeur indiquée dans les catalogues, et mesurée dynamiquement.

D'autre part, la tension aux bornes du filament n'est pas rigoureusement constante en fonction du temps pour un courant de chauffage constant, lorsque le tube n'a pas été utilisé depuis un certain temps. Ceci est dû à des phénomènes assez complexes, probablement étroitement liés à la pression du gaz à l'intérieur du tube et au degré d'activation, et donc aussi au coefficient de rayonnement du filament. Ceci ne présente cependant pas de conséquences nuisibles dans la pratique, étant donné que la tension aux bornes du filament atteint rapidement une valeur stable au cours du fonctionnement, mais il ne faudra cependant pas perdre de vue que, lorsqu'on effectue une mesure dans laquelle la résistance du filament joue un rôle, des erreurs peuvent fausser cette mesure si le tube n'a pas été mis sous tension au moins 5 minutes avant la mesure en question.

Pour terminer ce petit exposé sur les tubes batterie, nous rappelons que, lors d'un dépannage ou d'une vérification d'un appareil équipé d'un indicateur visuel DM70 ou DM71, le filament de ces derniers étant très fragile, il faut éviter les court-circuits, ceux-ci pouvant provoquer un débit élevé donnant lieu à la destruction du filament de l'indicateur. De même, l'appareil étant sous tension, il ne faut jamais retirer un tube de son socket ; il est absolument nécessaire de mettre l'appareil hors tension afin d'éviter une rupture de filament.

Nous verrons prochainement comment les principes que nous venons d'indiquer sont mis en pratique dans un de nos récepteur à alimentation par batteries.

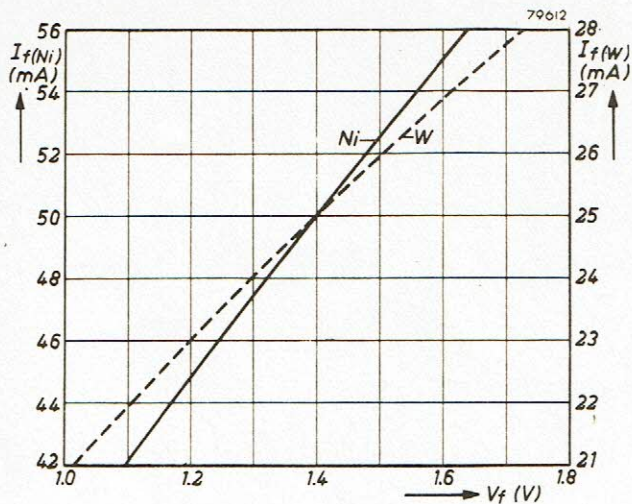


Fig. 1

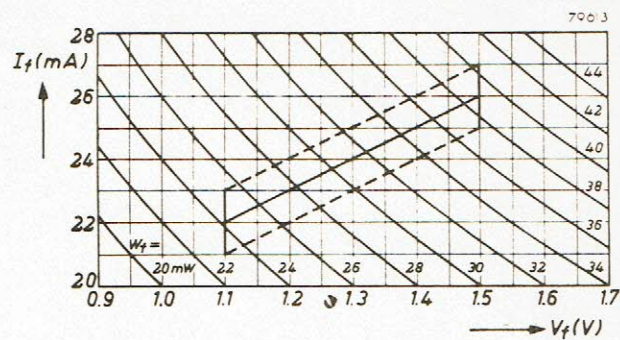


Fig. 2

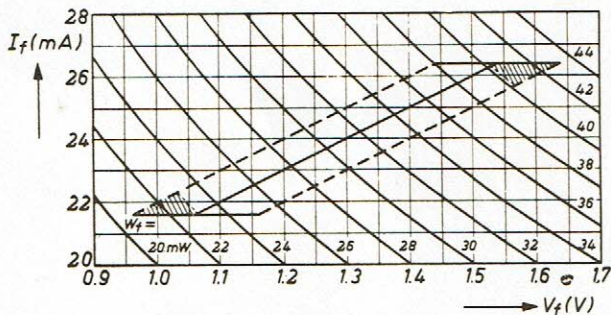


Fig. 3

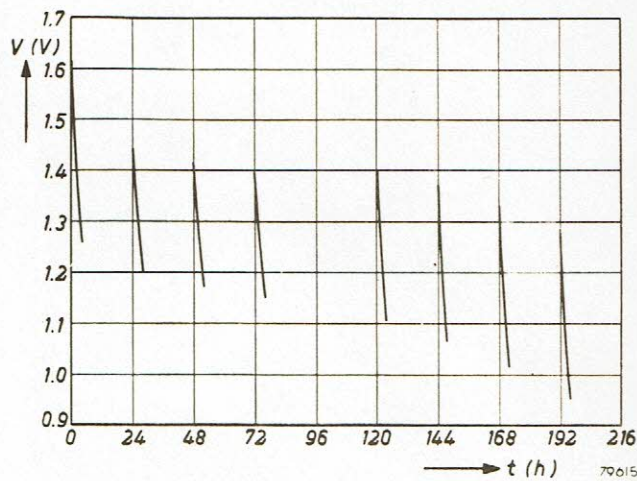


Fig. 4

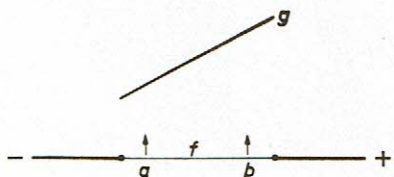


Fig. 5a

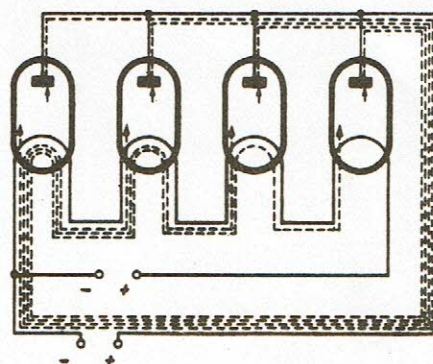


Fig. 5b

ALIM. PORTAT.

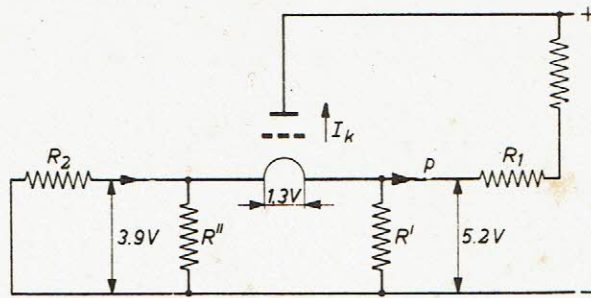


Fig. 6a

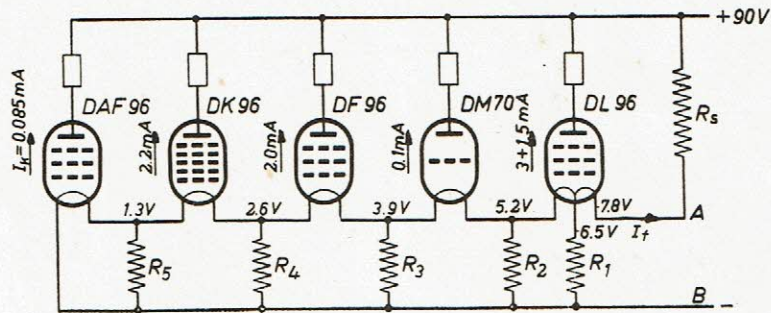


Fig. 6b

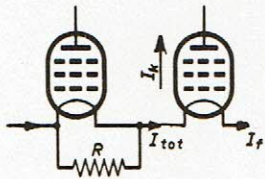


Fig. 7a

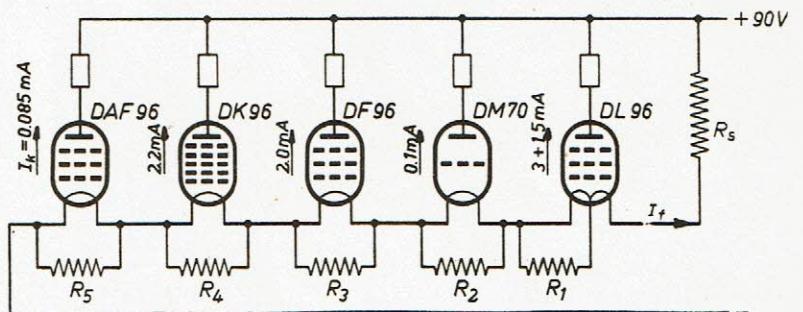


Fig. 7b