

LA POLARISATION DES LAMPES

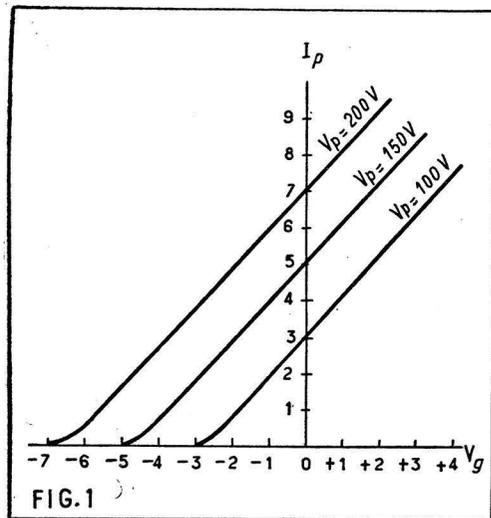
LES MOYENS PRATIQUES DE L'OBTENIR

Pour fonctionner correctement une lampe doit avoir ses diverses électrodes portées à des tensions bien définies qui, d'ailleurs, dépendent les unes des autres. Ainsi l'utilisation d'une certaine valeur de tension plaque détermine pour un usage donné une certaine valeur de la tension écran. Parmi ces tensions, il en est une extrême-

ment importante, c'est la tension de polarisation de la grille de commande. Alors que pour les autres potentiels une certaine tolérance est parfaitement admissible, il faut le plus souvent que la tension de polarisation soit terminée très exactement et d'une façon stable, sinon on risque fort des perturbations dans le fonctionnement de l'étage.

Rôle de la polarisation.

Si nous voulons comprendre le rôle de la polarisation, il n'est pas inutile de faire un peu de théorie. Une lampe de radio, que ce soit une triode ou une lampe à plus grand nombre d'électrodes, telle une pentode, a des caractéristiques qui sont définies par un réseau de courbes. Considérons la figure 1 : elle représente le réseau de courbes caractéristiques d'une lampe triode. Que signifient ces courbes ? Prenons celle



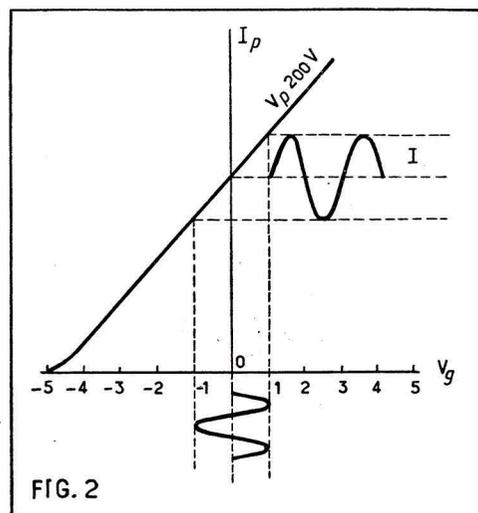
marquée $V_p = 100$ V ; cela signifie qu'elle a été tracée pour une valeur de tension plaque de 100 V, et elle indique les valeurs du courant plaque correspondant à différentes valeurs de tension appliquées sur la grille. Nous trouvons d'abord des tensions négatives, puis une tension nulle et ensuite des tensions positives. L'examen de cette courbe montre que le courant plaque croît à mesure que la tension grille devient de moins en moins négative, puis de plus en plus positive. La courbe $V_p 150$ V donne les mêmes indications, mais pour une tension plaque de 150 V ; de même la courbe $V_p = 200$ V pour laquelle la tension plaque est de 200 V.

Partant de ces courbes on peut calculer les différents coefficients qui, généralement, sont donnés dans les notices des constructeurs : coefficient d'amplification, pente, résistance interne. Mais ce n'est pas là l'objet de cet article. On peut aussi tracer à partir de ces courbes les variations du courant plaque qui se produisent lorsqu'on applique un signal périodique à la grille, ce qui est le cas général en radio (amplification d'un signal HF ou BF). Ainsi, nous avons représenté, figure 2, un signal alternatif qui fait varier le potentiel de grille de +1 V à -1 V. Nous obtenons, grâce à la courbe, la variation correspondante du courant plaque qui est représentée par la

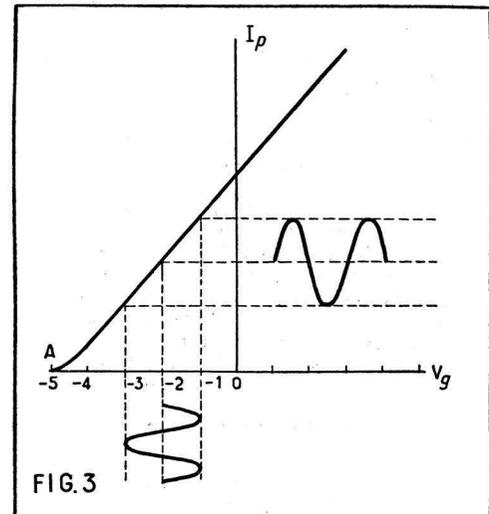
courbe L. Si une impédance de charge est placée dans le circuit plaque de la lampe cette variation de courant provoque à ses bornes une différence de potentiel de même forme beaucoup plus importante que celle appliquée à la grille. C'est en cela que consiste le pouvoir amplificateur de l'étage équipé avec cette lampe.

Pourtant on ne peut utiliser la lampe de cette façon. En effet le point de fonctionnement au repos correspond à une tension 0 sur la grille de commande et le signal appliqué a pour effet de rendre tour à tour cette grille négative et positive comme vous pouvez le constater sur la figure 2. Pour les alternances rendant la grille positive, il y a apparition d'un courant de grille qui modifie les caractéristiques du circuit d'entrée ce qui en pratique se traduit par une distorsion, c'est-à-dire une déformation du signal à amplifier. D'autre part, comme le montre la figure 2, le point de potentiel grille zéro correspond à un courant plaque au repos important.

Si, par contre, on applique à la grille un potentiel fixe négatif, on diminue le courant plaque et on peut ainsi choisir un point de fonctionnement pour lequel le signal ne rendra jamais la grille positive, ce qui ne provoquera pas de distorsion par courant de grille. C'est ce qui est obtenu à la figure 3 où une tension négative de 2 V est appli-



quée à la grille. On voit que le signal périodique de 1 V ne rend jamais la grille positive. Cette tension négative, que l'on applique à la grille de commande d'une lampe, s'appelle la polarisation. Toutes les tensions auxquelles on soumet les électrodes d'une lampe sont branchées entre l'électrode considérée et la cathode qui est prise comme point d'origine. De même la polarisation est branchée entre la grille de commande

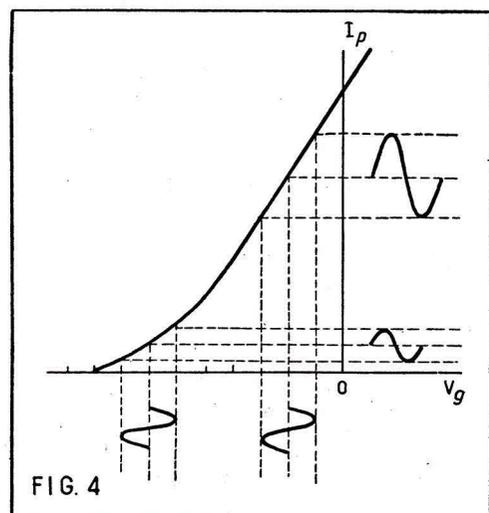


et la cathode. Donc quand on dit que l'on polarise une grille de $-x$ V cela sous-entend toujours : par rapport à la cathode.

La polarisation a encore un autre rôle. On sait que les caractéristiques des lampes ne comportent pas que des parties rectilignes. Or ce ne sont que dans ces parties que la lampe amplifie fidèlement les tensions alternatives HF ou BF qui lui sont appliquées. Par un choix judicieux de la valeur de la polarisation on peut amener le point de fonctionnement au milieu d'une partie droite des courbes et éviter ainsi la déformation du signal à amplifier.

Dans certains cas, comme par exemple la détection par coude de plaque, la polarisation sert à amener le point de fonctionnement à la naissance du courant de plaque par exemple au point A sur la courbe de la figure 3. On voit que pour cet exemple il faut une polarisation négative de grille de -5 V.

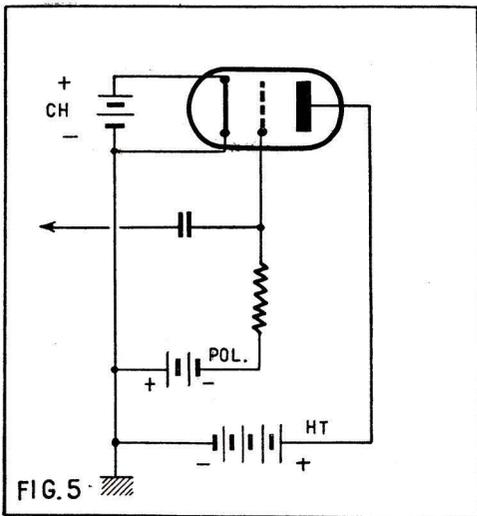
Enfin certaines lampes utilisées notamment pour l'amplification HF ou MF sont à pente variable. La courbe d'une telle lampe ne comporte pas de partie droite, mais présente une courbure continue qui n'est pas possible pour les signaux de faible amplitude qu'on a alors à amplifier, car elle est peu accentuée et, sur une faible portion peut être considérée comme une droite. La figure 4 montre la courbe d'une lampe à pente variable. Sans entrer dans une vaste théorie, on voit que la pente est faible pour les fortes valeurs de polarisation et augmente à mesure que la polarisation diminue. Or la valeur de la pente d'une lampe détermine son pouvoir amplificateur. On voit nettement sur la figure



que pour une forte polarisation de la grille l'amplification du signal est plus faible que pour une petite polarisation. Avec les lampes à pente variable on peut donc contrôler l'amplification de l'étage en faisant varier la polarisation.

Comment obtenir pratiquement la tension de polarisation.

Au début de la radio, lorsque les lampes étaient à chauffage direct et l'alimentation constituée par des batteries de piles ou d'accumulateurs, la solution très simple adoptée consistait en l'emploi d'une pile dite de polarisation. Cette pile fournissant la tension désirée avait son pôle positif relié à la masse ou au point le plus négatif du filament, ce qui revient au même,



puisque ce point était normalement réuni à la masse et son pôle négatif à la base du système d'attaque de la grille de commande (secondaire de transformateur ou résistance de fuite) figure 5. Nous citons ce cas périmé pour mémoire et parce qu'il fait bien comprendre ce que l'on désire obtenir lorsqu'on polarise une lampe. On voit que la grille de la lampe de la figure 5 est portée à un potentiel négatif (celui du pôle - de la pile) par rapport au filament.

Lorsque les postes alimentés directement sur le secteur firent leur apparition, il devenait illogique de conserver une pile pour la polarisation, d'autant plus que la polarisation qui, jusque-là, avait été réservée aux lampes BF s'étendait à toutes les lampes du récepteur. On a donc imaginé d'autres procédés.

Polarisation par la cathode.

Il s'agit là du procédé le plus couramment employé. Il n'est d'ailleurs applicable que pour les lampes à chauffage indirect, c'est-à-dire possédant une cathode qui rend complètement indépendant le filament de chauffage et la couche d'émission d'électrons.

Considérons la figure 6 où est insérée une résistance entre la cathode et la masse. Le courant plaque de la lampe parcourt la résistance dans le sens de la flèche. Ce courant provoque dans la résistance une chute de tension dont les polarités sont celles indiquées. Cette différence de potentiel a pour effet de rendre la cathode positive par rapport à la masse. Or, la grille est reliée à la masse par le système qui lui transmet le signal à amplifier (dans le cas de la figure : la résistance de fuite). Le fait de rendre la cathode positive par rapport à la masse équivaut donc à la rendre positive par rapport à la grille. Mais rendre la cathode positive par rapport à la grille

revient à rendre la grille négative par rapport à la cathode. Donc le résultat cherché est obtenu.

Mais le circuit plaque n'est pas parcouru uniquement par le courant continu d'alimentation, il l'est aussi par le courant modulé qui a été amplifié par la lampe. Il ne faut pas que ce dernier traverse la résistance de polarisation, sinon il y créerait une différence de potentiel de même forme qui serait aussi appliquée à la grille et, en principe, en opposition de phase avec le signal d'entrée qui, de ce fait, perturberait le fonctionnement de l'étage. Il faut donc dériver ce courant modulé et pour cela on monte en parallèle sur la résistance un condensateur dont la valeur est choisie de façon qu'il offre un passage facile à ce courant. S'il s'agit d'un courant HF, la valeur généralement adoptée est comprise entre 50.000 centimètres et $0,1 \mu\text{F}$. Si c'est un courant BF, on prend une valeur comprise entre 10 et $50 \mu\text{F}$.

Voyons comment déterminer la valeur de la résistance nécessaire pour obtenir une tension de polarisation donnée. La tension de polarisation sera proportionnelle à la valeur de la résistance et à celle du courant qui la traverse. S'il s'agit d'une triode, ce courant est le courant plaque de la lampe. S'il s'agit d'une pentode, ce courant est égal à la somme du courant plaque et du courant écran. D'une façon générale, ce courant est égal à la somme des courants des différentes électrodes de la lampe. Nous appelons la somme de ces courants le courant cathode de la lampe.

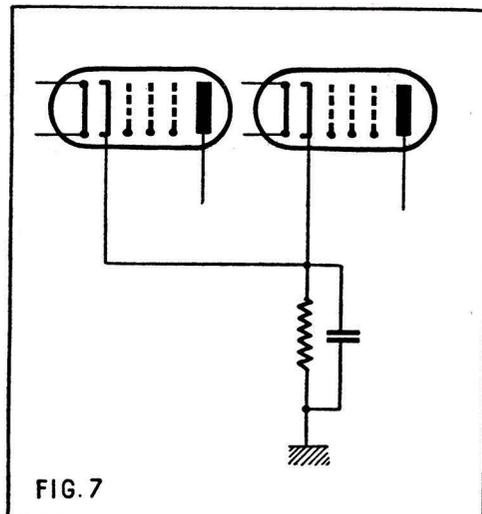
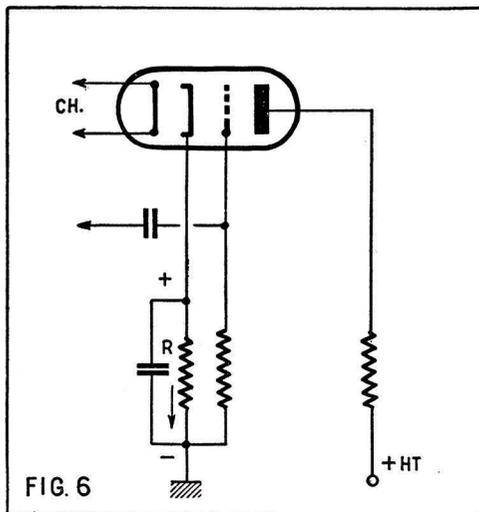
Le problème se pose de la façon suivante : Étant donné que le courant cathode de la lampe a une valeur X) et que la polarisation nécessaire doit être de y) quelle valeur de résistance faut-il employer pour obtenir cette polarisation ? Le résultat est obtenu par l'application de la loi d'ohm, c'est-à-dire en divisant la valeur de polarisation, exprimée en volts, par la valeur du courant plaque exprimée en ampères. La valeur de résistance est alors obtenue en Ω .

Prenons pour exemple une 6K7 fonctionnant en amplificatrice MF. Le courant plaque de cette lampe utilisée avec une tension plaque de 250 V est de 7 mA, soit 0,007 A. Le courant écran est de 1,7 mA, soit 0,0017 A et la tension de polarisation nécessaire de 3 V.

Le courant cathode est de $0,007 + 0,0017 = 0,0087 \text{ A}$.

La valeur de résistance de polarisation sera de $3/0,0087 = 344 \Omega$, soit en chiffres ronds 350 Ω .

Ce procédé de polarisation est simple et d'un fonctionnement sûr. On peut certes lui reprocher, d'une part, que la cathode



n'est pas directement reliée à la masse, ce qui, malgré la présence du condensateur de découplage, peut en HF amener une légère baisse du gain de l'étage, surtout en OC et, d'autre part, que la valeur de polarisation est fonction du courant cathodique d'une seule lampe et peut varier si ce courant varie. Ce sont là des inconvénients mineurs qui dans la plupart des cas sont négligeables.

Quelquefois lorsque deux lampes doivent avoir la même valeur de polarisation, on utilise une résistance de polarisation commune (fig. 7). Le calcul de la résistance est le même que précédemment, mais il est évident que le courant est égal à la somme des courants « cathode » des deux lampes.

Cette polarisation commune ne doit d'ailleurs être utilisée qu'avec circonspection, car elle risque d'introduire entre étages des couplages pouvant provoquer des accrochages.

Polarisation par le moins.

Un autre procédé de polarisation est celui dit « par le moins ». Soit le montage d'alimentation de la figure 8. Examinons la résistance R, elle est parcourue par le courant total de toutes les lampes dans le sens de la flèche. Ce qui provoque à ses bornes une chute de tension avec les polarités indiquées. On voit que tous les points de cette résistance et en particulier son extrémité a sont à des potentiels négatifs par rapport à la masse. Ces potentiels pour une résistance donnée sont d'autant plus importants qu'on se rapproche du point a. Si une lampe comme L1 a sa cathode réunie à la masse et sa grille au point a par l'intermédiaire du système de liaison, on comprend immédiatement que la grille est polarisée négativement par rapport à la cathode, ce qui est bien le résultat cherché et que la valeur de la polarisation dépend de celle de la résistance et de celle du courant total du poste. Si en plus de L1, on a une ou plusieurs lampes à polariser à des tensions différentes, comme par exemple L2, on peut faire une prise sur la résistance R au point où on obtient la tension de polarisation désirée. Comme vous pouvez le constater, ce genre de polarisation nécessite certaines modifications du schéma classique d'alimentation. Ainsi le condensateur d'entrée du filtre n'a pas son pôle négatif relié à la masse, mais au point milieu de l'enroulement HT du transformateur d'alimentation. S'il en était autrement, les composantes ondulées du courant redressé qui sont dérivées par le condensateur traverseraient la résistance de polarisation et y provoqueraient une

différence de potentiel de même forme. Cette différence de potentiel serait transmise à la grille de commande des lampes polarisées, ce qui se traduirait par un ronflement ou un chevrottement de la réception. Chaque point de la résistance R où est prise une polarisation doit être découplé par un condensateur de forte valeur. Enfin il est prudent de prévoir des cellules de découplage entre les points de la résistance de polarisation et les grilles à polariser comme nous l'avons représenté sur la figure 8, ceci afin d'éviter les couplages entre les différents étages qui pourraient se traduire par des accrochages.

Le calcul de la valeur de la résistance se fait toujours en appliquant la loi d'Ohm. On divise la valeur de la polarisation à obtenir par celle du courant total du poste. Supposons, à titre d'exemple, que le courant total du poste soit de 50 mA et que l'on désire une polarisation de 2 V pour L2 et 6 V pour L1. Le tronçon de résistance compris entre la masse et le point b sera de $2 \text{ V} / 0,05 \text{ A} = 40 \Omega$ et la valeur totale de la résistance de $6 / 0,05 = 120 \Omega$. En réalité, on montera en série deux résistances : une de 40Ω et une de 80Ω .

Un autre procédé de polarisation par le moins est celui indiqué à la figure 9. On place la self de filtre, qui peut d'ailleurs être constituée par l'excitation du haut-parleur, dans le fil de retour de la haute tension, en somme à la place de la résistance R de la figure précédente. Comme la chute de tension dans cette self est trop importante (de l'ordre de 50 V pour une self et de 100 V pour une excitation de HP), on place aux bornes un diviseur de tension dont la valeur totale est très grande par rapport à celle de la self et on prend la tension désirée au point voulu de ce diviseur.

Pour un calcul exact il faudrait tenir compte de la consommation du diviseur de tension, mais cela complique bien inutilement les choses. On obtient un résultat suffisant en négligeant cette consommation. Pour bien faire comprendre comment il faut procéder, nous allons prendre un exemple : supposons donc un poste de courant total de 50 mA et une self de filtre de $400 \times 0,05 \text{ A} = 20 \text{ V}$. Si nous voulons une tension de polarisation de 5 V, il faut diviser cette tension en quatre et en prenant un diviseur de tension de la self, il faudra faire une prise de 30.000Ω . On utilisera donc deux résistances : une de 30.000Ω et une de 90.000Ω .

On peut encore par ce procédé polariser plusieurs lampes différentes. Les mêmes précautions que pour le schéma précédent

doivent être prises (condensateurs et cellules de découplage).

Polarisation par courant de charge spatiale.

Certains électrons émis par la cathode tombent sur la grille de commande d'une lampe et créent dans ce circuit un courant qui circule dans le sens grille cathode (sens conventionnel). Ce courant est dit de charge spatiale. Si on place une résistance de forte valeur en fuite dans le circuit grille, le courant y provoque une chute de tension qui polarise la grille négativement. On peut aussi considérer le phénomène sous un autre aspect et dire que les électrons s'écoulent difficilement à travers la résistance de forte valeur et une certaine quantité d'entre eux s'accumule sur la grille et lui donne une charge négative qui procure la polarisation désirée.

Ce procédé est utilisé pour polariser économiquement la préamplificatrice BF de certains postes. La valeur de la résistance de fuite est alors prise entre 5 et $10 \text{ M}\Omega$.

Polarisation des lampes MF et changeuses de fréquence par l'anti-fading.

Sur certains postes changeurs de fréquences économiques, les cathodes des lampes MF et changeuses de fréquences sont reliées directement à la masse et il semble qu'aucun dispositif de polarisation

n'ait été prévu pour ces lampes. Or, en réalité, la polarisation est obtenue par le régulateur anti-fading. En l'absence d'émission, la tension de polarisation minimum est obtenue par le même phénomène que celui expliqué dans le paragraphe précédent. La diode anti-fading a aussi un courant de charge spatiale qui circule dans le sens

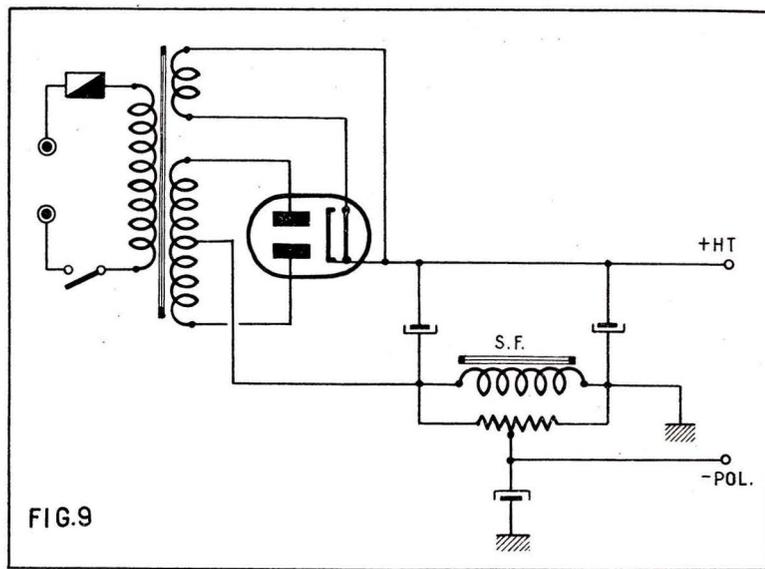


FIG. 9

plaque cathode. Ce courant provoque dans la résistance de charge anti-fading une tension négative de l'ordre de 1 V qui est transmise aux lampes MF et changeuses de fréquence par la chaîne des cellules de constante de temps. Lors de la réception d'une station, cette polarisation augmente par l'entrée en fonction de l'anti-fading, ce qui provoque la régulation désirée. Mais cela nous entraîne hors de notre sujet.

Polarisation des lampes d'un poste batterie-secteur.

Dans un récepteur batterie-secteur, les filaments des lampes qui sont à chauffage direct sont montés en série et alimentés par une tension de l'ordre de 7 V pour les quatre lampes classiques. Un côté de la chaîne des filaments est relié à la masse

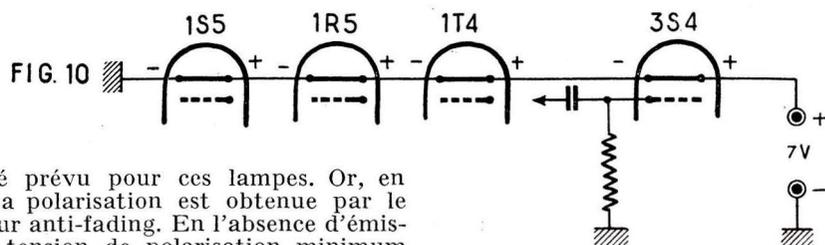


FIG. 10

et au pôle négatif de la pile de 7 V et l'autre côté de cette chaîne est réuni au pôle positif de cette pile. On a donc le long de cette chaîne une chute de tension de 7 V qui s'opère de 1,4 en 1,4 V, sauf pour le tube de puissance où le bond est de 2,8 V. On peut utiliser cette chute de tension en partie ou en totalité pour polariser les lampes et plus particulièrement le tube final, lequel réclame une tension de polarisation de 7 V. Considérons en effet la figure 10 et remarquons la disposition des filaments. Celui de la 3S4 est à l'extrémité opposée à la masse, il se trouve donc à un potentiel de 7 V positif par rapport à la masse. Si on réunit la grille de commande à la masse par l'intermédiaire de la résistance de fuite, on obtient donc une polarisation positive de 7 V du filament par rapport à cette grille de commande, ce qui revient au même que de polariser négativement la grille de 7 V par rapport au filament.

Pour les autres lampes, il suffit en pratique de faire le retour de grille au point le plus négatif du filament. Pour la 1S5 on fera ce retour par une résistance de $10 \text{ M}\Omega$ qui donnera une polarisation par courant de charge spatiale.

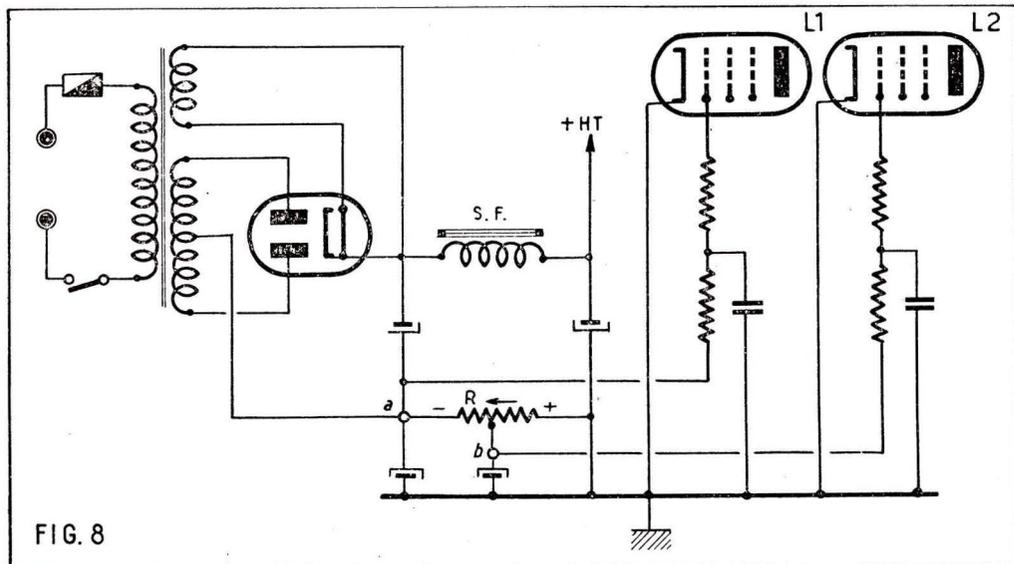


FIG. 8