

la stabilisation de

manipulateur auto-  
me série de points  
dispositif donnant  
la base de temps  
palayage procurant  
ts de la figure 8-9.

## CHAPITRE IX

# LA MODULATION D'AMPLITUDE

Le fonctionnement de l'émetteur en téléphonie s'opère par la *modulation* de l'onde porteuse, c'est-à-dire par l'« incorporation » à celle-ci de la composante B.F. reproduisant la parole, convenablement amplifiée.

La « chaîne B.F. » débute avec le microphone et se poursuit par un certain nombre d'étages amplificateurs, avant d'exercer son action sur la partie H.F. proprement dite de l'émetteur. Nous nous permettrons de renvoyer à notre livre « *Calcul et réalisation des transformateurs* » (Sté des Editions Radio) ceux de nos lecteurs qui seraient désireux de posséder les notions de base nécessaires à l'élaboration complète d'une chaîne B.F. bien ordonnée et de bobiner, éventuellement eux-mêmes, ses divers transformateurs. Mais, dans ce chapitre, ils trouveront les schémas d'une gamme d'amplificateurs de modulation bien étudiés et capables de remplir toutes les performances prévues.

### Les microphones

Nous citerons d'abord le microphone à charbon (fig. 9-1). Une « pastille microphonique » M, contenant de la grenaille de charbon, est intercalée dans le circuit primaire d'un transformateur largement élévateur T. Avec une pile P de 3 à 4,5 volts, de substantielles tensions B.F. (de plusieurs volts) sont susceptibles d'être recueillies au secondaire de T, ce qui peut épargner un ou plusieurs étages amplificateurs. Mais il ne faudra pas être exigeant sur la qualité de la parole !

Il fut un temps où le microphone à charbon était à peu près seul utilisé et, pour en tirer une meilleure fidélité, on fit travailler certains modèles spéciaux sous une tension continue réduite à 1,5 volt ou même moins, mais la tension de sortie devenait faible, de sorte que l'on ne pouvait se passer d'une préamplification B.F. assez importante.

A présent, le microphone à charbon n'est gardé que pour certains appareils (portatifs, par exemple), où l'on cherche à réduire au minimum le nombre des lampes employées, et les deux catégories de microphones auxquels les amateurs-émetteurs donnent la préférence sont : les microphones piézoélectriques et les microphones électrodynamiques. Tous deux sont capables d'une bonne fidélité, et ils ne demandent aucune alimentation.

Nous avons déjà mentionné la nature des phénomènes piézoélectriques. Dans le domaine de la B.F. la matière présentant les propriétés piézoélectriques les plus avanta-

geuses est le « sel de Seignette » (ou « cristal de Rochelle »). Une lame de ce cristal, fixée par trois de ses angles, étant attaquée mécaniquement par le quatrième, une tension B.F. apparaît entre les deux électrodes collées sur le cristal.

Le microphone piézoélectrique (ou à cristal) est un microphone *simple*, léger et de prix très abordable. Relié directement par un câble blindé à la grille d'entrée de la première lampe amplificatrice B.F., il est insensible aux inductions *par champs magnétiques*.

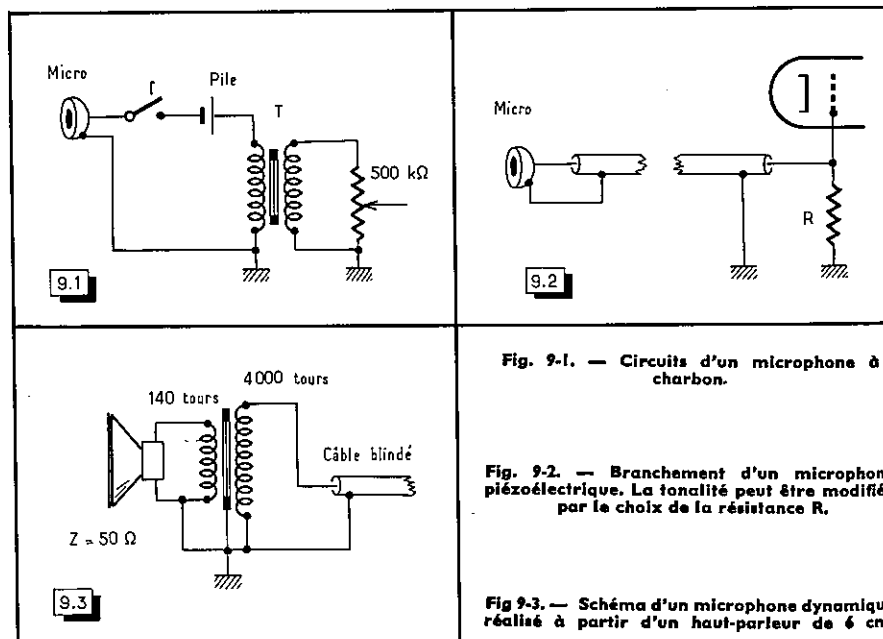
La cellule piézoélectrique ne laissant pas de passage au courant continu, la résistance de fuite de grille R est *indispensable*. On conseille souvent de lui donner une valeur élevée. Il n'est pas rare de trouver des schémas mentionnant 5 mégohms, mais le microphone présente alors une tonalité aiguë très caractéristique. On peut atténuer cette exagération et améliorer la fidélité de ces microphones, en réduisant la valeur de R jusqu'à 500 000 ou même 250 000 ohms. Le choix sera fait de façon expérimentale, en contrôlant auditivement les résultats.

Ce microphone ne délivre qu'une *tension faible*, de l'ordre de 0,01 à 0,03 volt, en pratique. Aussi faudra-t-il prévoir un gain convenable à l'étage amplificateur qui lui fera suite.

Il faut noter aussi que le sel de Seignette ne supporte pas une température supérieure à 55°C et qu'il est hygrométrique. En dépit de l'enrobage de la cellule, l'humidité arrive parfois à exercer son action et l'on assiste, au bout d'un temps variable selon les circonstances, à une *désensibilisation progressive* du microphone.

Pour expliquer le principe du microphone dynamique, il suffit d'imaginer que l'on émet des sons devant un haut-parleur électrodynamique. La membrane vibre et déplace la bobine mobile dans l'entrefer de l'aimant permanent. Les courants induits dans cette bobine parcourent l'enroulement à basse impédance du transformateur de liaison et l'on recueille des tensions B.F. aux bornes de l'enroulement à haute impédance à partir duquel on attaque l'entrée de l'amplificateur.

Il est d'ailleurs possible de monter de très bons microphones à partir de haut-parleurs électrodynamiques, et ce sont leurs types de petit diamètre qui se révèlent les plus avantageux.



hat  
spie  
élev  
400  
  
(no  
est  
A  
de  
  
Il  
par  
ten  
d'in  
tra  
n'e  
mic  
  
en  
élec  
rest  
  
on  
  
che  
d'u  
en

lame de ce cristal, atrième, une tension

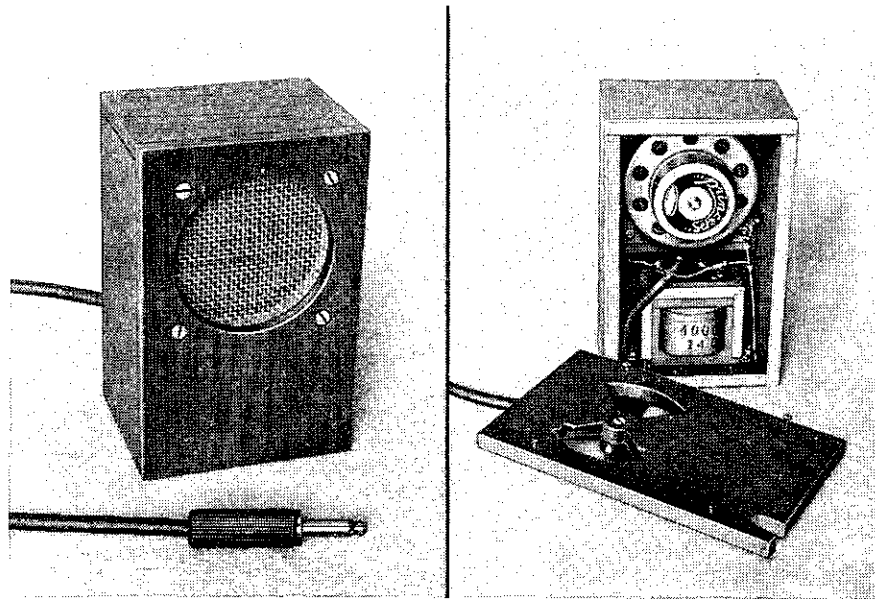
e simple, léger et de grille d'entrée de la champs magnétiques. ontinu, la résistance donner une valeur ohms, mais le micro-peut atténuer cette ant la valeur de R açon expérimentale,

0,01 à 0,03 volt, en amplificateur qui lui

mpérature supérieure ile, l'humidité arrive s variable selon les

d'imaginer que l'on ane vibre et déplace ts induits dans cette ateur de liaison et e impédance à partir

rtir de haut-parleurs se révèlent les plus



A gauche : un microphone dynamique. — A droite : l'intérieur du microphone dynamique.

La figure 9-3 donne le schéma d'un microphone dynamique monté à l'aide d'un haut-parleur *Princeps* de 6 cm de diamètre (à membrane inversée, sans suspension par spider), muni d'une bobine mobile 50 ohms, afin d'y trouver des tensions B.F. plus élevées. Le transformateur spécial d'accompagnement possède 140 tours au primaire et 4000 au secondaire.

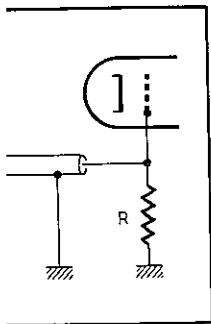
L'ensemble est logé dans un boîtier en bois, dont la figure 9-4a indique les cotes (non critiques). On voit en *b* comment la grille de protection (grillage métallique fin) est maintenue par une plaquette découpée d'un trou identique à celui de la face avant. A l'arrière, (fig. 9-4c et d), une ouverture obturée par un « papillon réglable » permet de modifier la courbe de réponse.

Ce très simple microphone donne de très bons résultats à l'égard de la fidélité. Il délivre des tensions B.F. assez appréciables, atteignant environ 0,2 volt lorsqu'on parle tout près de la membrane; aux distances de 0,50 à 1 m. le niveau moyen de la tension B.F. se tient vers 0,05 volt. Aussi l'ensemble reste-t-il peu sensible aux champs d'induction extérieurs. Cependant, on évitera de placer ce microphone trop près de transformateurs d'alimentation, d'inductances de filtrage, car son propre transformateur n'est pas enfermé dans un blindage de « Mumétal », ainsi que cela se fait pour les microphones dynamiques de fabrication industrielle.

Chaque catégorie de microphones présente un certain type de courbe de réponse en fonction de la fréquence des sons à transmettre. En général, les modèles piézo-électriques favorisent les sons aigus, tandis que les microphones électrodynamiques restituent mieux les graves.

Il sera permis de profiter de ces propriétés respectives pour « compenser » (quand on désire le faire) telle tendance trop marquée de la voix de l'opérateur.

Dans le cas d'une trop grande richesse en sons aigus, le classique procédé du branchement entre une anode de lampe intermédiaire de l'amplificateur B.F. et la masse d'un condensateur de 47 000 pF et d'une résistance variable de 50 000 ohms connectés en série, autorise un « étouffement » réglable de ces sons aigus. Par contre, si l'opérateur



d'un microphone à bon.

nent d'un microphone alité peut être modifiée la résistance R.

microphone dynamique haut-parleur de 6 cm.

possède une voix grave et qu'il désire en atténuer le caractère, il devra essayer de réduire progressivement (et en contrôlant le résultat obtenu) la capacité des condensateurs de liaison du modulateur ; d'abord, il pourra remplacer celui qui se trouve entre les premier et deuxième étages B.F. (22 000 pF) par 10 000, ou 4 700, ou même 2 200 pF. Le même essai de valeurs décroissantes de capacité serait éventuellement poursuivi sur les liaisons suivantes.

### La modulation de l'émetteur

Nous nous bornerons, en ce chapitre, à l'examen des procédés de *modulation d'amplitude*, la modulation en fréquence devant être traitée à part.

Comme son nom l'indique, la modulation d'amplitude agit sur l'onde porteuse (fig. 9-5a), pour la « gonfler » et l'« étrangler » ainsi qu'on le voit en b.

Il existe deux sortes principales de modulations d'amplitude : d'une part, les *modulations grille en général* (par la grille de commande, par la grille écran, par la

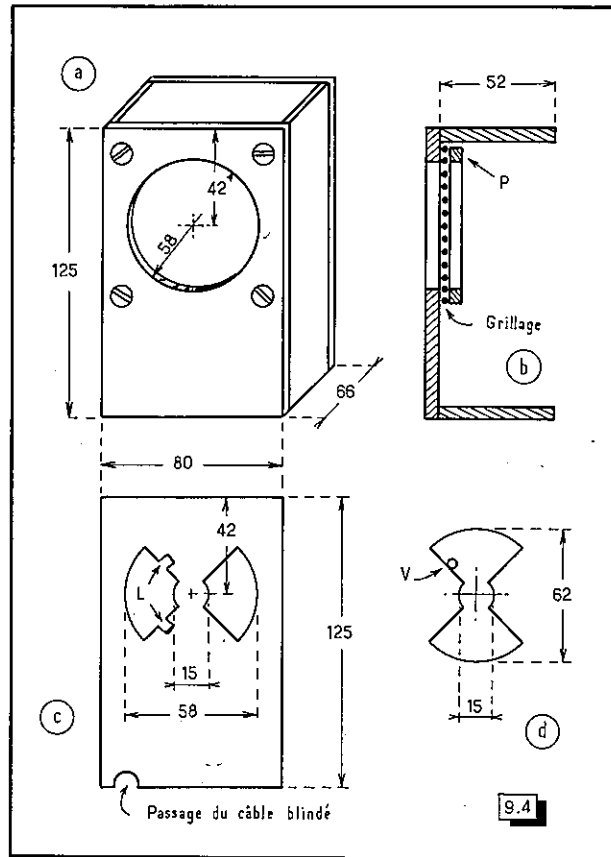


Fig. 9-4. — Réalisation pratique du microphone.

a) Le boîtier en contre-plaqué.

b) Détail de la fixation du grillage de protection, à l'aide de la plaquette P.

c) L'arrière est ouvert de deux trous obturables par un « papillon » tournant (d), pour la modification de la tonalité. Le papillon est manœuvré par la vis V venant se loger dans les échancrures L.

troisième grille pour certaines pentodes conditionnées à cet effet) et, d'autre part a *modulation par la plaque* (avec la participation de l'écran pour les lampes tétrodes ou pentodes).

de  
Ma  
tion  
rédu  
por

trav  
une  
sur  
(fig.  
moc  
pass

Fig.  
(a) a  
« étr  
latio  
attei  
est  
et l'c  
ment

final  
sorte  
que  
aux  
pour  
l'int  
est q

critic  
acco

Les

aux  
de la  
neme

de n  
prov  
la la  
lamp

essayer de réduire les condensateurs de l'axe entre les premiers 2 200 pF. Le même suivi sur les liaisons

modulation d'ampli-

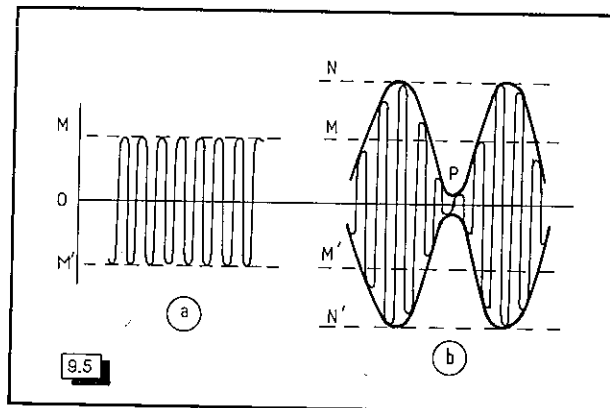
sur l'onde porteuse en b.

e : d'une part, les grille écran, par la

Les modulations grille paraissent simples comme schéma, et exigent beaucoup moins de matériel que la modulation plaque; cela les rend plutôt tentantes aux débutants. Malheureusement cette simplicité de constitution se paie par d'assez sérieuses complications de réglage (notamment celui du couplage d'antenne), et aussi par l'obligatoire réduction du rendement de l'étage final, autrement dit de la puissance H.F. de l'onde porteuse.

Avec ces modulations par l'une des grilles, la lampe finale de l'émetteur ne pourra travailler qu'aux environs de 33 % de rendement. Par exemple, une lampe recevant une puissance alimentation de 50 watts ne délivrera qu'une puissance H.F. de 16,5 watts sur l'onde porteuse. La tension anodique demeurant fixe, la modulation de l'onde porteuse (fig. 9-5) s'effectuera par la variation du rendement de l'étage final. Pour une pointe de modulation à 100 %, le courant anodique et le rendement doublent, la puissance H.F. passant ainsi à 33 watts H.F.

Fig. 9-5. — L'onde porteuse (a) se trouve « gonflée » et « étranglée » par la modulation (b). Lorsque celle-ci atteint 100 %, l'amplitude est DOUBLÉE en NN', et l'onde subit un étranglement à zéro en P.



9.4. — Réalisation pratique du microphone. Le boîtier en contreplaqué. Détail de la fixation du grillage de protection, à l'aide de la plaquette P. L'arrière est ouvert de deux trous obturables par un « papillon » tournant (1), pour la modification de la tonalité. Le papillon est manœuvré par la vis V venant se loger dans les échancrures L.

Si l'on module par la plaque (et l'écran pour les tétrodes et pentodes) un étage final réglé en régime C, le rendement atteindra facilement et en permanence 70 %, de sorte que pour 50 watts alimentation on aurait 35 watts H.F. sur l'onde porteuse. Ainsi que nous le verrons plus loin, la modulation s'opère ici par l'apport d'une puissance B.F. aux circuits d'anode et d'écran, cela ayant pour effet de faire doubler la tension anodique pour une modulation à 100 %. L'impédance du circuit de plaque restant constante, l'intensité instantanée double par voie de conséquence, de sorte que la puissance H.F. est quadruplée (on aurait 140 watts H.F. instantanés, en crête, dans notre exemple).

Par ailleurs, la modulation par la plaque ne demande qu'un seul ajustage pas tellement critique: le choix de la prise d'impédance convenable, au secondaire du transformateur, accouplant le modulateur à l'émetteur.

### Les modulations par une grille

La modulation par la grille de commande peut s'appliquer aux triodes, tout comme aux tétrodes ou pentodes utilisées en lampes finales. Le schéma de principe est celui de la figure 9-6. La tension de polarisation de la lampe est la même que pour le fonctionnement en régime C.

Les tensions induites au secondaire du transformateur de sortie de l'amplificateur de modulation T s'ajoutent algébriquement à la tension continue de polarisation et provoquent, au rythme de la B.F., des variations instantanées de la tension de grille de la lampe finale. Il sera bon de rendre plus uniformes les conditions de travail de la lampe finale du modulateur en shuntant le primaire du transformateur T, par une

et, d'autre part a les lampes tétrodes ou

résistance de valeur égale ou un peu supérieure à celle de l'impédance de charge optimum de la lampe. La résistance R sera naturellement d'un modèle susceptible de supporter la puissance B.F. de sortie du modulateur (3 à 4 watts). En général, on choisit un rapport de transformation de 1/1 pour le transformateur T, sans que cela soit critique.

Le couplage d'antenne est ajusté de manière à retrouver les conditions types de fonctionnement indiquées par le fabricant, pour la modulation par la grille de la lampe utilisée.

*La modulation par la grille écran ne convient évidemment qu'aux tétrodes et aux pentodes. Le schéma est celui de la figure 9-7. Le collier du diviseur fournissant la tension d'écran sera réglé de telle sorte que cette dernière soit d'environ la moitié de celle que les documentations recommandent lors du fonctionnement en régime C, télégraphie.*

La lampe finale du modulateur doit être capable de délivrer 3 à 4 watts B.F., et l'on recommande encore de charger le transformateur (au secondaire dans le présent cas) par une résistance R.

Il est indispensable de découpler l'écran en H.F. par un condensateur C, mais la capacité de celui-ci ne sera pas trop grande afin de ne pas dériver inutilement à la masse les fréquences B.F. élevées. Une valeur de 1 nF est convenable.

La mise au point de cet ensemble est assez délicate. Elle ne peut guère se passer du concours d'un oscilloscope pour la détermination expérimentale de la meilleure valeur de R. D'un autre côté, le rapport optimum N (secondaire/primaire) du transformateur T est donné par la formule :

$$N = \frac{E}{2,5\sqrt{PR}}$$

où E est la tension normale d'écran de la lampe finale en régime C télégraphie, P, la puissance B.F. délivrée par le modulateur, et R, la résistance shuntant le secondaire, dont la valeur est, par hypothèse, encore indéterminée !

Nous donnerons assurément un sage conseil en invitant les adeptes de la modulation par la grille écran à choisir un transformateur à rapports multiples !

Une variante de ce procédé, éliminant le transformateur, est connue sous le nom de modulation par « Clamp tube ». Elle consiste à remplacer la partie du diviseur de tension comprise entre la prise et la masse, par l'espace anode-cathode d'une triode, dont les tensions B.F. font varier la résistance interne. En pratique, *le choix de la triode est délicat*, tout comme il l'est dans le cas de la modulation à courant constant dont il sera question plus loin.

On reconnaîtra que la simplicité de ces procédés n'est qu'apparente.

*La modulation par la troisième grille n'est possible qu'avec des pentodes d'émission où cette électrode a été spécialement conditionnée à cette fin. Le schéma en est représenté par la figure 9-8.*

La lampe est tout d'abord réglée selon les normes du régime C, télégraphie, la troisième grille étant à la masse; puis, on polarisera négativement celle-ci, de manière à réduire le courant anodique de moitié. La tension de crête B.F. au secondaire du transformateur T ne dépassera évidemment pas la tension continue de polarisation, la troisième grille ne devant pas devenir positive au cours du cycle B.F. Ici encore, la capacité du condensateur C<sub>1</sub> ne sera pas trop forte (1 nF, par exemple) afin de ne pas dériver inutilement à la masse les fréquences B.F. élevées.

La modulation par la troisième grille est la moins aléatoire des modulations par l'une des grilles. car, la lampe ayant été conçue pour cette possibilité, le fabricant précise les conditions pratiques à remplir pour ce mode de fonctionnement, et il suffit de se conformer à ses données.

La n

A  
si la la  
sous-er  
à la mLamp  
du m

9.

Exc

Lamp  
du m

9.

La  
Le mont  
lateur et  
L'af  
puissance  
raison; s  
deux sup  
il est pos  
deux cot  
respectiv

## La modulation par la plaque, avec transformateur

A ce genre de modulation, il est toujours profitable de faire participer la grille écran, si la lampe est une tétrode ou une penthode. Aussi, dans tout ce qui va suivre, sera-t-il sous-entendu que si la lampe finale possède un écran, celui-ci sera également soumis à la modulation.

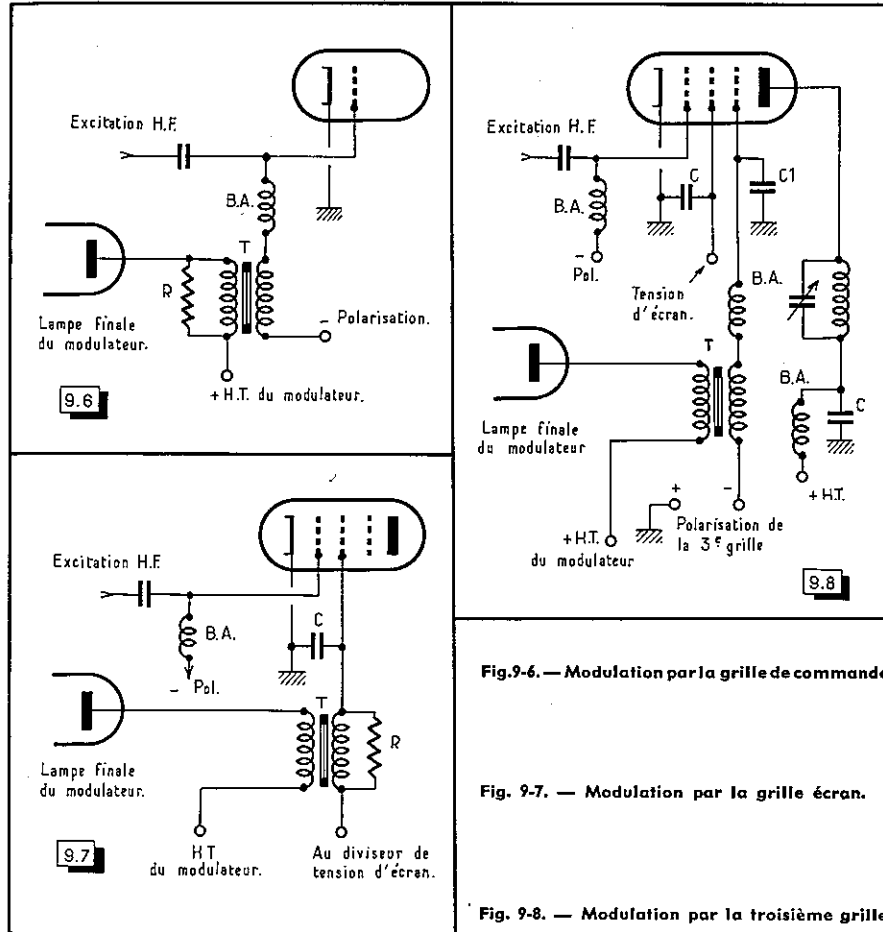


Fig. 9-6. — Modulation par la grille de commande

Fig. 9-7. — Modulation par la grille écran.

Fig. 9-8. — Modulation par la troisième grille

La figure 9-9, représente le schéma de principe de la modulation par la plaque. Le montage est ici celui qui fait emploi d'un transformateur de couplage entre le modulateur et l'émetteur, afin d'assurer l'adaptation des impédances de ces deux ensembles.

L'apport de puissance B.F. du modulateur à l'émetteur devra égaler la moitié de la puissance alimentation appliquée à l'étage final de l'émetteur. Nous allons en voir la raison; soit l'onde porteuse figurée en 9-5a, cette onde « matérialise » en quelque sorte deux supports symétriques d'épaisseurs égales, OM et OM'. Dans ces deux supports, il est possible de « pétrir » une modulation B.F. et celle-ci apparaîtra sous la forme de deux courbes enveloppes, elles-mêmes symétriques par rapport à l'axe O, mais ayant respectivement pour axes propres M et M'.

dance de charge optimum susceptible de supporter en général, on choisit un inductance que cela soit critique. Les conditions types de modulation par la grille de la lampe

qu'aux tétrodes et aux pentodes, le diviseur fournissant la tension d'écran environ la moitié de celle en régime C, télégraphie. Pour 3 à 4 watts B.F., et l'on trouve dans le présent cas)

condensateur C, mais la modulation est inutilement à la masse

ne peut guère se passer de la meilleure valeur inductive (du transformateur T

régime C télégraphie, la tension shuntant le secondaire,

adeptes de la modulation en régime C !

est connue sous le nom de modulation par la partie du diviseur de tension d'écran d'une triode, c'est-à-dire le choix de la triode et du courant constant dont il est alimenté.

apparente.

des pentodes d'émission, le schéma en est représenté

régime C, télégraphie, la tension d'écran est choisie de manière à assurer la modulation B.F. au secondaire du transformateur de couplage, c'est-à-dire en régime C. Ici encore, la tension d'écran est choisie de manière à assurer la modulation B.F. au secondaire du transformateur de couplage, c'est-à-dire en régime C.

pour les modulations par la plaque, le fabricant précise les conditions de montage, et il suffit de se

Nous figurons en 9-5b ce qui apparaît pour une modulation de forme sinusoïdale atteignant 100 %. On voit, en effet, que le « support » est utilisé *en totalité*, soit à 100 %, puisque l'on atteint son annulation au point P et pour la succession des points analogues rencontrés aux périodes suivantes.

Il est évident que, pour respecter la symétrie par rapport aux axes M et M', les courbes enveloppes atteignent des sommets N et N' tels que

$$ON = ON' = 2 OM = 2 OM'.$$

Tout cela se passe sous l'effet de la puissance B.F. délivrée par le transformateur, dont le secondaire est intercalé dans le circuit anodique de la lampe finale de l'émetteur (fig. 9-9). L'axe M correspondant à l'absence de modulation de l'onde porteuse, *il faudra qu'en P, la tension anodique appliquée à la lampe émettrice soit annulée, et qu'en N elle soit doublée.*

Les conditions de travail de l'étage final de l'émetteur peuvent donc se résumer comme l'indique la figure 9-9. Une tension continue V est appliquée au circuit anodique, et on lui superpose la tension *alternative*  $\pm U$ , fournie par le secondaire du transformateur de modulation. Dans le cas particulier où l'on atteint les 100 % de modulation, on a  $U = V$ , ce qui donne tantôt  $V - U = 0$ , et  $V + U = 2 V$ .

D'autre part, la puissance B.F. à la sortie d'un amplificateur est habituellement mesurée à l'aide d'un wattmètre B.F. dont le principe de fonctionnement est le suivant : on branche, au secondaire du transformateur de sortie de l'amplificateur, une résistance R de valeur égale à l'impédance que l'on trouve à la prise utilisée à cet enroulement, et, en excitant l'amplificateur par une tension sinusoïdale, on mesure la tension B.F. E développée aux bornes de R. On a, selon la formule bien connue,  $W = E^2/R$ . Admettons que cette puissance W soit celle qui détermine la modulation à 100 % de l'émetteur.

Cependant, il faut bien se pénétrer du fait que la tension mesurée E est une tension *efficace*, et que sa valeur *maximum* est  $E\sqrt{2}$  (tout comme nous mesurons 110 V eff pour notre courant d'éclairage à 50 Hz, tandis que *les pointes* de la sinusoïde qui lui correspond montent à  $110\sqrt{2} = 155$  V). Le calcul à partir de E nous donne ainsi une puissance *efficace*  $W = E^2/R$ , mais la puissance *instantanée dans les pointes de la sinusoïde* est, au même moment, de  $W_{\text{pointe}} = (E\sqrt{2})^2/R$ .

Or  $(E\sqrt{2})^2 = 2 E^2$  et nous avons donc  $W_{\text{pointe}} = 2 W$ .

Le terme R étant égal à l'impédance Z du circuit de plaque de l'étage final de l'émetteur (quotient de la tension par l'intensité anodique), il devient évident que la puissance nominale du modulateur peut ainsi *doubler de manière instantanée* dans les pointes de la sinusoïde B.F., *devenant alors égale à la puissance alimentation de l'étage final de l'émetteur.*

L'impédance Z apparaissant au secondaire du transformateur de modulation étant égale à celle du circuit d'anode d'étage final, l'égalité des tensions V et U que nous avons évoquée à propos de la figure 9-9 se trouve ainsi réalisée pour les crêtes de la B.F. correspondant aux 100 % de la modulation.

En pratique, le transformateur de sortie du modulateur devra posséder au secondaire une série de prises correspondant à une suite progressive d'impédances, où l'on choisira celle qui sera la plus voisine de l'impédance du circuit anodique de l'émetteur.

Remarquons au passage que cette adaptation d'impédances perd *beaucoup* de son caractère critique lorsque le modulateur possède une bonne réserve de puissance et que l'on ne se trouve pas obligé de rechercher son rendement maximum.

On veillera à ce que l'intensité *continue* du courant anodique de l'étage final de l'émetteur traversant le secondaire du transformateur de modulation demeure au-dessous de la valeur admissible (indiquée par le fabricant); si cette valeur était dépassée, le circuit magnétique du transformateur risquerait d'être saturé. Cette intensité limite sera différente selon la prise du secondaire (c'est-à-dire selon le nombre de tours utilisé à cet enroulement). Ainsi, tel transformateur admettant une intensité continue de 300 mA à la prise 2000 ohms ne supportera que 130 mA à la prise 13 000 ohms.

Fig. 9

que

La

bobin  
de va  
const  
finale  
maisl'effe  
pour  
et d'e  
il n'e  
lamp  
en o  
shunt  
pour  
pas t  
la lar  
uniqu  
impo  
ne do



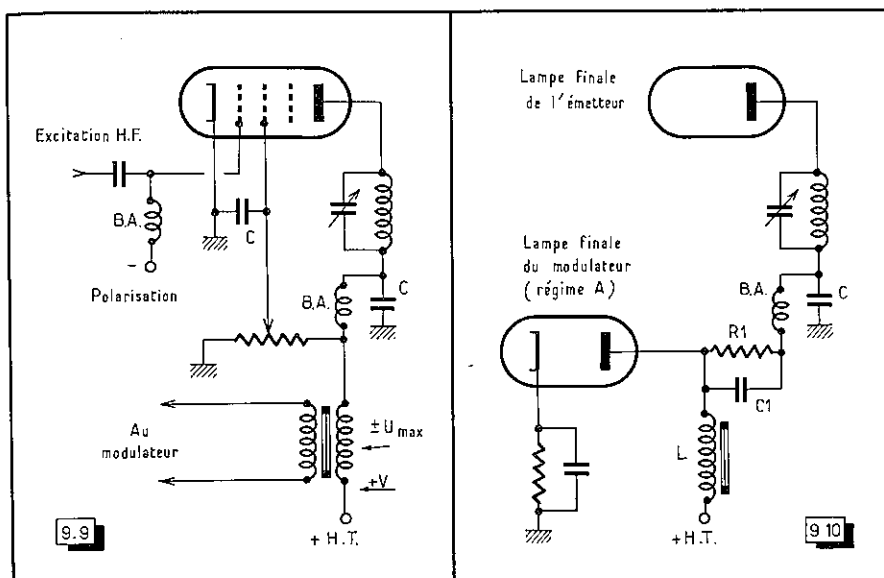


Fig. 9-9. — Dans la modulation par la plaque (et l'écran), par transformateur, ce dernier introduit dans le circuit anodique une tension  $U_{max}$  s'ajoutant à  $+V$  ou s'en retranchant.

Fig. 9-10. — La modulation « à courant constant ».

Dans tous les cas, il sera sage de prévoir largement le transformateur de modulation, que l'on achète un modèle commercial ou qu'on le réalise soi-même.

### La modulation à courant constant

Certains amateurs désireux de moduler leur émetteur par la plaque sans devoir bobiner ou acheter de transformateur de modulation, lequel est évidemment une pièce de valeur non négligeable, songent parfois au procédé de modulation plaque à *courant constant*, dit aussi « Heising » ou « choke system » (fig. 9-10). Les anodes des lampes finales de l'émetteur et du modulateur sont alimentées à partir d'une même source, mais au travers d'une inductance  $L$  capable de bloquer convenablement les fréquences B.F.

Les tensions B.F. instantanées développées aux bornes de cette inductance, sous l'effet des variations du courant de plaque de la lampe finale du modulateur, interviennent pour augmenter ou diminuer la tension anodique de l'étage final de l'émetteur, de part et d'autre de sa valeur moyenne. A priori, ce procédé semble séduisant, mais en pratique il n'est pas très simple si l'on veut obtenir une bonne modulation. En effet, pour une lampe déterminée utilisée à l'étage final de l'émetteur (et pour laquelle il est nécessaire, en outre, d'opérer un abaissement de la tension anodique à l'aide d'une résistance shuntée par un condensateur,  $R_1$ ,  $C_1$ ), on se trouve en présence de conditions étroites pour le choix de l'unique lampe finale du modulateur, au point que l'on ne trouvera pas toujours de lampe modulatrice capable de former un « tandem » convenable avec la lampe finale de l'émetteur. De plus, l'obligation de terminer le modulateur par cette unique lampe finale écarte absolument le *push-pull* B.F. avec tous ses avantages (simplicité, importante puissance B.F. délivrée).

Nous avons mentionné rapidement ces détails, car il est facile de conclure que l'on ne doit pas hésiter à adopter la méthode du couplage par transformateur de modulation.

Celle-ci laisse la liberté d'alimenter *séparément* (donc dans les meilleures conditions pour chacun d'eux) l'étage final de l'émetteur et celui du modulateur.

Ainsi que nous l'avons déjà mentionné, la modulation plaque avec transformateur de couplage ne demande, comme seul réglage, que le choix de la prise convenable au secondaire de ce dernier. *Par ailleurs, ce procédé ne crée aucune sujétion à l'égard des réglages de l'émetteur, ni du couplage d'antenne.*

Si nous considérons, d'une part, que les débutants peuvent hésiter à faire des expériences dans un domaine qui ne leur est pas encore familier et que, d'autre part, les amateurs-émetteurs chevronnés, après avoir beaucoup expérimenté, apprécient d'autant mieux les solutions de tout repos, on conclura que, pour satisfaire les uns comme les autres, cette méthode de modulation sera la plus recommandable.

### L'alimentation de l'écran à l'étage final d'un émetteur modulé par la plaque

Pour les émetteurs destinés au fonctionnement en téléphonie, on conseille souvent de pratiquer l'abaissement de la tension destinée à l'écran, au moyen d'une simple résistance chutrice (fig. 8-5). Le condensateur de découplage d'écran est d'une capacité maximum de 1 à 1,5 nF, toujours pour éviter de laisser trop « fuir » de B.F.

Cependant, nous avons vu, au chapitre VIII, qu'il était imprudent de s'en tenir à la simple résistance chutrice série pour le fonctionnement en télégraphie.

On peut se demander, lorsque l'émetteur sera destiné au trafic en téléphonie et en télégraphie, s'il faut passer de l'alimentation de l'écran par résistance chutrice à celle par diviseur de tension. Dans les deux cas, les variations instantanées des tensions B.F. introduites dans le circuit d'anode par le secondaire du transformateur de modulation sont également imposées aux écrans *dans la proportion où la tension de ces derniers a été réduite par rapport à la tension anodique.*

Supposons, par exemple, que l'on ait, pour une 807, 500 volts sur l'anode et 250 volts sur l'écran. Si, pour une pointe de modulation à 100 % la tension instantanée de l'anode se trouve doublée et passe à 1000 volts, la tension instantanée sur l'écran passera elle-même à 500 volts, que sa réduction soit obtenue par diviseur ou par résistance chutrice. *Les résultats pratiques seront donc équivalents.*

Le seul reproche que l'on puisse faire au diviseur de tension, lorsqu'il est utilisé pour la téléphonie, est que sa partie comprise entre le collier et la masse consomme une certaine partie de la « précieuse » puissance B.F. délivrée par le modulateur. Mais, pour nous en faire une idée, admettons que la partie du diviseur de tension d'écran comprise entre le collier et la masse, soit de 20 000 ohms. Dans le cas d'une pointe de modulation à 100 %, *la composante B.F., au dit collier, sera représentée par une tension alternative* de 250 volts et la puissance B.F. *maximum* que l'on peut alors perdre dans cette partie du diviseur, sera donc inférieure à  $W = E^2/R = 250^2/20\ 000 = 3,125$  watts, ce qui est bien minime. Nous ne perdrons donc pas notre temps à rechercher des complications, c'est-à-dire des astuces de commutation dans le circuit d'alimentation des écrans... et, sans vouloir « couper les électrons en quatre », nous nous en tiendrons à l'unique diviseur de tension pour les deux modes de fonctionnement en télégraphie et en téléphonie.

### La surmodulation. Un circuit écrêteur

Sur la figure 9-5b, on a pu voir ce qu'était une modulation à 100 %. Or, un « apport BF. » plus important aurait pu se produire et, dans ce cas, le « support » formé par l'onde porteuse se serait trouvé « crevé ». On voit, en effet, par la figure 9-11,

com  
de la  
souff  
chez

rem  
d'un  
de la  
que  
amp.

sorte  
surr

parti

peu  
(celu

d'au  
mod  
amp.  
d'éc

rente  
fait  
cette  
d'un

à pr

Fig.

Fig.  
à cel  
Si l'  
de fc

meilleures conditions  
ur.  
avec transformateur  
prise convenable au  
ujétion à l'égard des

hésiter à faire des  
t que, d'autre part,  
, apprécient d'autant  
e les uns comme les

## émetteur modulé

on conseille souvent  
noyen d'une simple  
n est d'une capacité  
» de B.F.

endent de s'en tenir à  
aphie.

en téléphonie et en  
nce chutrice à celle  
es des tensions B.F.  
émetteur de modulation  
on de ces derniers a

l'anode et 250 volts  
stantanée de l'anode  
sur l'écran passera  
r ou par résistance

lorsqu'il est utilisé  
la masse consomme  
e modulateur. Mais,  
de tension d'écran  
le cas d'une pointe  
entée par une tension  
it alors perdre dans  
1 000 = 3,125 watts,  
s à rechercher des  
rcuit d'alimentation  
s nous en tiendrons  
ment en télégraphie

comment l'onde porteuse est interrompue durant les parties de cycle P Q, où l'anode de la lampe finale devient négative. Il est évident que la qualité de la modulation en souffre, et ce fonctionnement anormal risque, en outre, de provoquer diverses gênes chez les auditeurs voisins.

On a donc intérêt à ne pas surmoduler.

Toutefois, la question peut ici prendre un autre aspect, au titre du « meilleur remplissage » de l'onde porteuse émise. Quand on examine à l'oscilloscope la forme d'une tension B.F. correspondant à la parole, on obtient des traces fugitives ayant l'aspect de la figure 9-12a. On remarquera que la courbe de la tension B.F. n'atteint ses maxima que de façon peu fréquente par rapport au temps où cette courbe se tient dans des amplitudes moyennes.

Dans la modulation d'amplitude, il est nécessaire d'effectuer les réglages de telle sorte que la profondeur de 100 % soit atteinte, mais non dépassée, sous peine de surmodulation au moment de ces maxima.

Il est évident que toutes les amplitudes moyennes de la parole n'utilisent que partiellement les possibilités de l'émetteur.

Si nous admettons que les pointes correspondant aux maxima sont des exceptions peu fréquentes, nous pouvons penser que leur suppression à partir d'un certain niveau (celui de l'écrêtage), ne causera pas un préjudice bien grave à la qualité de la parole.

L'écrêtage étant ainsi réalisé au niveau E, sur la figure 9-12a, il deviendra possible d'augmenter l'amplification de manière que ce niveau E corresponde à présent à une modulation à 100 % de l'émetteur (fig. 9-12b). Cette figure montre que toutes les amplitudes ont été pratiquement doublées (cela ne dépendant que du choix du seuil d'écrêtage, nous insisterons bien sur ce point), sans qu'il se produise de surmodulation.

Cependant, les « coupures » brutales des formes sinusoïdales aux points E apparentent ces dernières à des courants rectangulaires dont la décomposition (série de Fourier) fait apparaître une grande richesse en harmoniques. Il est alors indispensable de supprimer cette génération intempestive... et c'est pourquoi un circuit écrêteur doit toujours être suivi d'un filtre passe-bas très efficace.

Comme nous ne prétendons plus à la haute fidélité, le filtre sera calculé de manière à produire une coupure brutale à partir de 3500 Hz, et comme, d'autre part, les sons

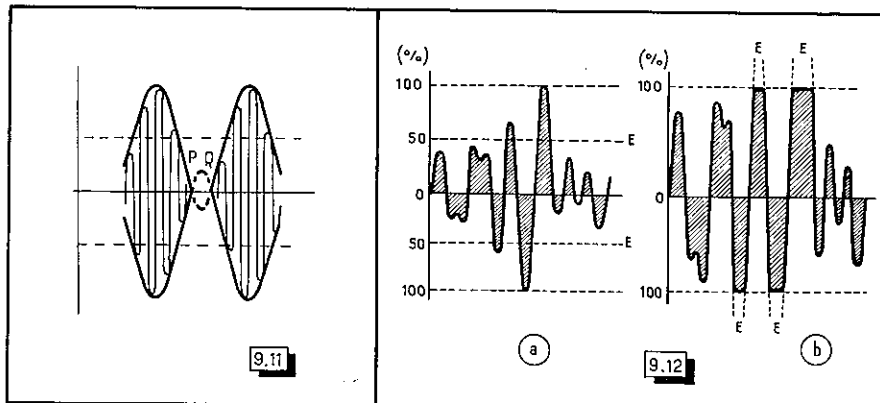


Fig. 9-11. — Lorsqu'il se produit une surmodulation, l'onde porteuse se trouve interrompue dans les parties du cycle B.F. telles que P Q.

Fig. 9-12. — L'oscillogramme des tensions créées par la parole présente des traces fugitives analogues à celles que l'on voit en a et il faut régler le gain du modulateur de manière telle que les plus hautes pointes déterminent la profondeur de 100 % de la modulation. Si l'on écrête les POINTES RARES au niveau E (sur a), on peut augmenter le gain du modulateur afin de faire correspondre ce « niveau E » à la profondeur de modulation de 100 % (b). On voit que l'onde porteuse est ainsi beaucoup mieux « remplie » par la modulation.

à 100 %. Or, un  
cas, le « support »  
, par la figure 9-11,

graves ne sont guère utiles à l'intelligibilité, la réduction de la valeur d'un condensateur de liaison, dans la chaîne B.F., permettra de les affaiblir. On remarquera précisément dans le schéma de la figure 9-13, un condensateur de 2 nF inséré aussitôt après la commutation « avec écrêtage ».

Plusieurs dispositifs d'écrêtage existent. Toutefois, il en est dont le comportement est lié aux caractéristiques d'une lampe, et l'on ne peut être certain de leur fonctionnement que si l'on dispose d'un véritable laboratoire. Aussi les avons-nous écartés pour donner la préférence au montage à double diode de la figure 9-13. Cette double diode a ses deux cathodes polarisées à partir des tensions continues qui s'établissent au long de l'ensemble des résistances disposées en série dans le retour de cathode de la lampe qui lui fait suite : chacune d'elles devient conductrice (et elle écrête) à partir du moment où la tension d'anode dépasse celle de la cathode correspondante. *Ainsi le fonctionnement est absolument certain, en l'absence de toute mise au point, et l'écrêtage s'opère de façon égale sur chacune des alternances.*

La chaîne amplificatrice comprend un potentiomètre  $P_1$  situé dans ses premiers étages et l'on remarque un potentiomètre  $P_2$  à la sortie du filtre passe-bas. Plus on augmentera la tension d'entrée en poussant  $P_1$ , plus la courbe B.F. sera « décapitée » de ses pointes, en passant dans le « tunnel » auquel correspond l'écrêteur. Au niveau de  $P_2$ , nous trouverons ainsi une courbe B.F. d'amplitude maximum limitée, et c'est par  $P_2$  que nous

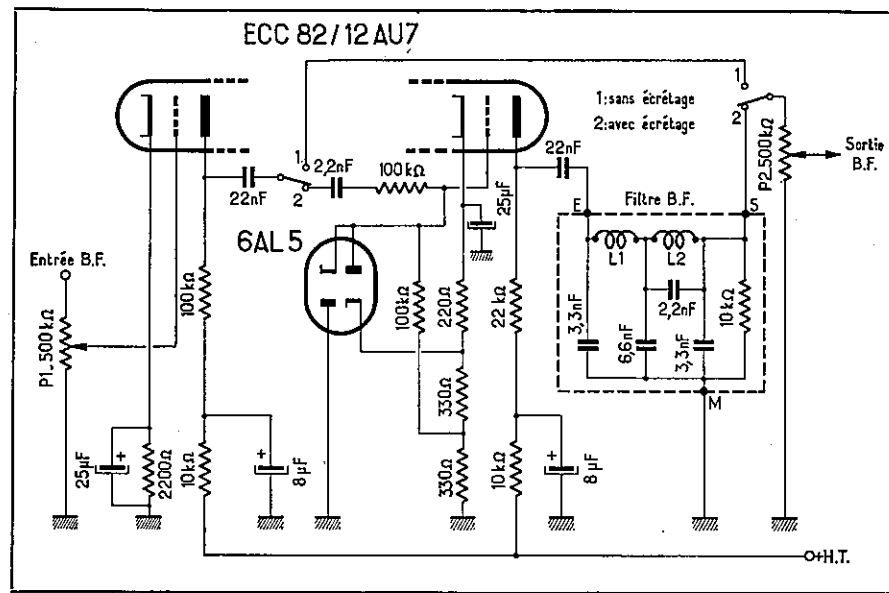


Fig. 9-13. — Schéma général du circuit écrêteur.

réglons l'amplification de cette « limite » afin qu'elle détermine la puissance B.F. correspondant à la modulation à 100 % de l'émetteur (fig. 9-14).

Le filtre passe-bas est constitué de la manière suivante. Pour chacune des deux bobines  $L_1$  et  $L_2$ , la carcasse est constituée par un tube de Ferroxcube de 8 mm de diamètre extérieur et de 25 mm de long. Deux joues de bakélite de 17 mm de diamètre et 1 mm d'épaisseur sont enfoncées (et collées) sur les extrémités du tube.

Chaque carcasse reçoit 5000 tours de fil émaillé de 0,1 mm. Ces deux bobines, les condensateurs dont la valeur est précisée sur la figure 9-13, ainsi que la résistance de

10 000  
d'alum  
entre

F  
la fig

La 1

F  
chauf  
si sor  
mise

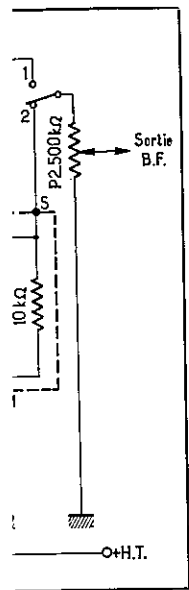
Fig. 9

Le p  
d

un condensateur sera précisément aussitôt après la

le comportement r fonctionnement rtés pour donner ible diode a ses isent au long de de la lampe qui artir du moment le fonctionnement : s'opère de façon

es premiers étages is on augmentera » de ses pointes, eau de P<sub>2</sub>, nous par P<sub>2</sub> que nous

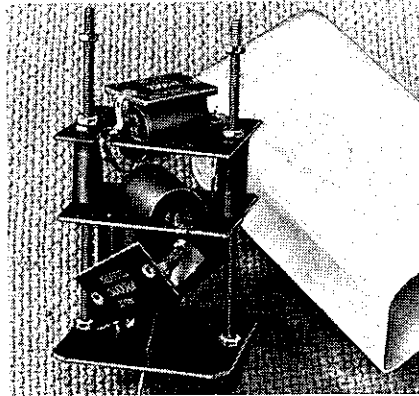


la puissance B.F.

ne des deux bobines 8 mm de diamètre diamètre et 1 mm

s deux bobines, les ue la résistance de

Un filtre B.F. passe-bas.



10 000 ohms définissant l'impédance de sortie du filtre, sont enfermés dans un blindage d'aluminium de 52 x 52 x 90 mm. Les axes des deux bobines forment un angle droit entre eux, de manière à réduire les phénomènes d'induction mutuelle.

Bien réalisé, le filtre procure une courbe de réponse présentant l'allure de celle de la figure 9-15.

### La réalisation de modulateurs

Plus que jamais nous insisterons sur la nécessité de faire un câblage du circuit de chauffage à deux fils, sans aucune mise à la masse de ce circuit sur le modulateur lui-même, si son alimentation est installée sur un châssis séparé. C'est sur ce dernier qu'une seule mise à la masse du circuit de chauffage sera pratiquée.

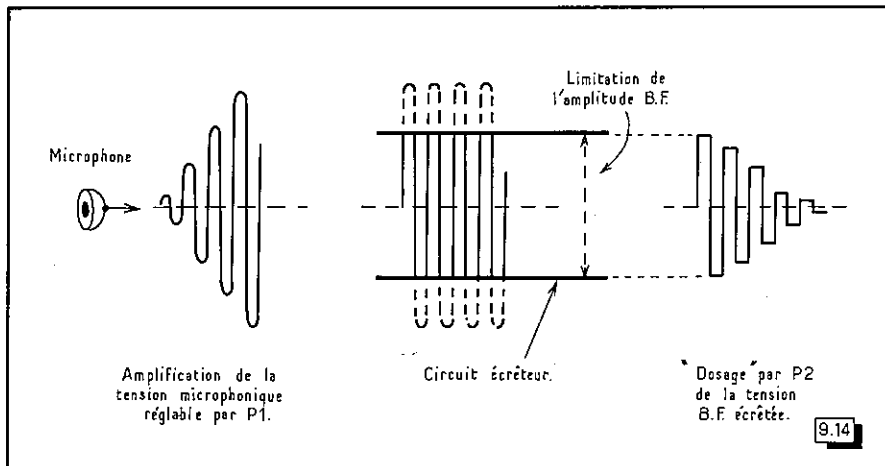


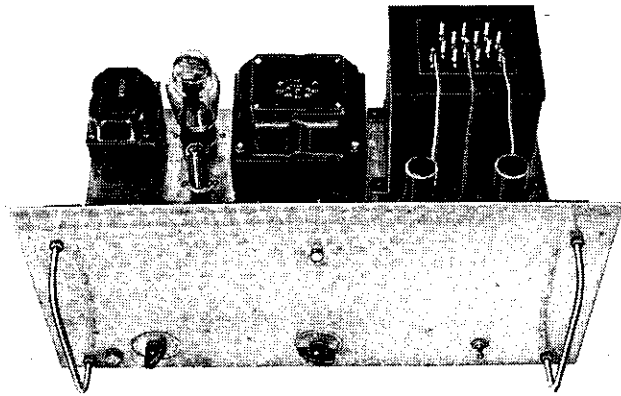
Fig. 9-14. — Plus on augmente l'amplification par P<sub>1</sub>, plus les sommets de la courbe B.F. sont « décapités » au passage du « tunnel » auquel on peut comparer le circuit écrêteur. Le potentiomètre P<sub>2</sub> permet de doser l'amplitude de la tension écrêtée admise à la partie suivante de l'amplificateur, afin que ses sommets déterminent la modulation à 100 % de l'émetteur.

A cette fin, on cherchera tout « repli » de la chaîne entrée avec celui de sortie,

sis séparé, de ce que la de liaison peut elle-même d'assurer un « bouclage » remment dit, en y disposant tion + H.T. et la masse. r l'amorçage d'oscillations divers hurlements... Mais, cette oscillation prend un électronique sont capables ur sont susceptibles de ne ésepte une capacité interne

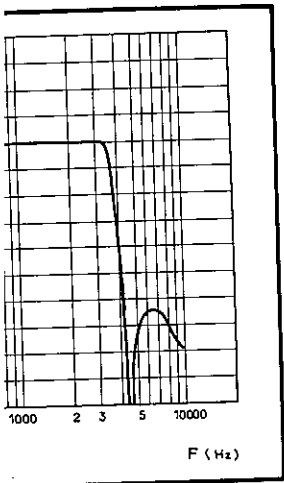
d'oscillations à fréquence e faiblesse de la puissance

Le modulateur 65 watts B.F.



Ces gouttelettes seront éliminées par vaporisation, à condition de chauffer le filament sans appliquer aucune tension sur les plaques. On verra tout d'abord une buée se former dans la valve, puis disparaître entièrement au bout d'une dizaine de minutes. Alors, la valve sera prête à remplir son service normal. Au refroidissement, le mercure se condensera à la base de l'ampoule et cette mise en service spéciale ne sera plus nécessaire, tant que la valve n'aura pas été renversée ni secouée.

Dans le cas des valves 83, alimentées à partir d'un transformateur unique, comprenant à la fois les secondaires de chauffage et de haute tension, il n'est pas besoin de dessouder les connexions à ce dernier secondaire pour supprimer la présence de la haute tension sur les plaques (car l'interruption de la liaison entre le point milieu du secondaire et la masse ne suffit pas). Un moyen très simple consiste à enrouler un fil nu (d'environ 1 mm) sur chacune des deux grosses broches (filament) de la valve, et de laisser libre une dizaine de centimètres de fil qu'on pliera en V. Les deux parties en V seront introduites dans les deux gros trous (chauffage) du support et la valve, ainsi « perchée » en haut de ces fils provisoires, aura les deux broches correspondant à ses plaques, libres de toute liaison.



aide de « pièces disponibles » schéma suivi. Très souvent, rmateur d'alimentation dont te de tension inadmissible a -6, en régime AB<sub>2</sub>, aisément u courant des anodes et des and les 50 watts B.F. sont ne valve à mercure, puisque istante, en dépit des variations ar les variations de la lueur la parole.

écaution à prendre avec les secousses dues à ce dernier, es électrodes et elles y forment ve sous tension.

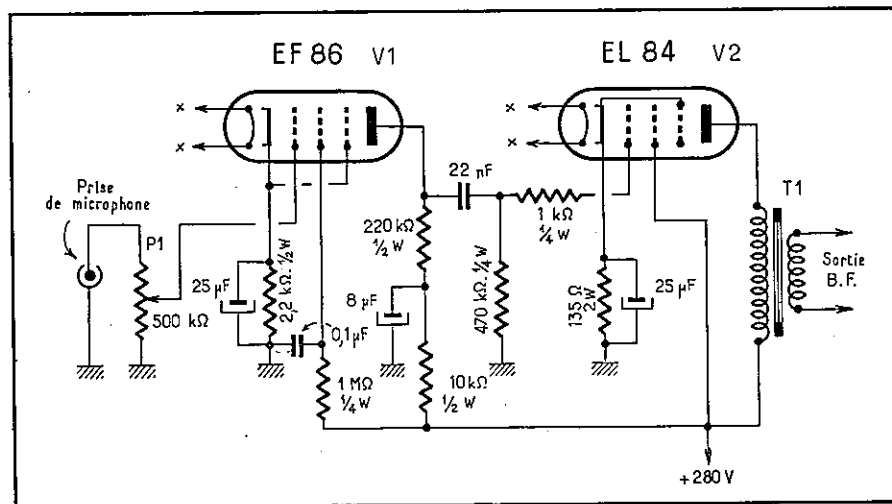


Fig. 9-16. — Un amplificateur 5,7 watts B.F. L'adaptation du transformateur T<sub>1</sub> aura lieu en se basant sur une impédance de charge optimum de 5000 ohms à la plaque de V<sub>2</sub>.

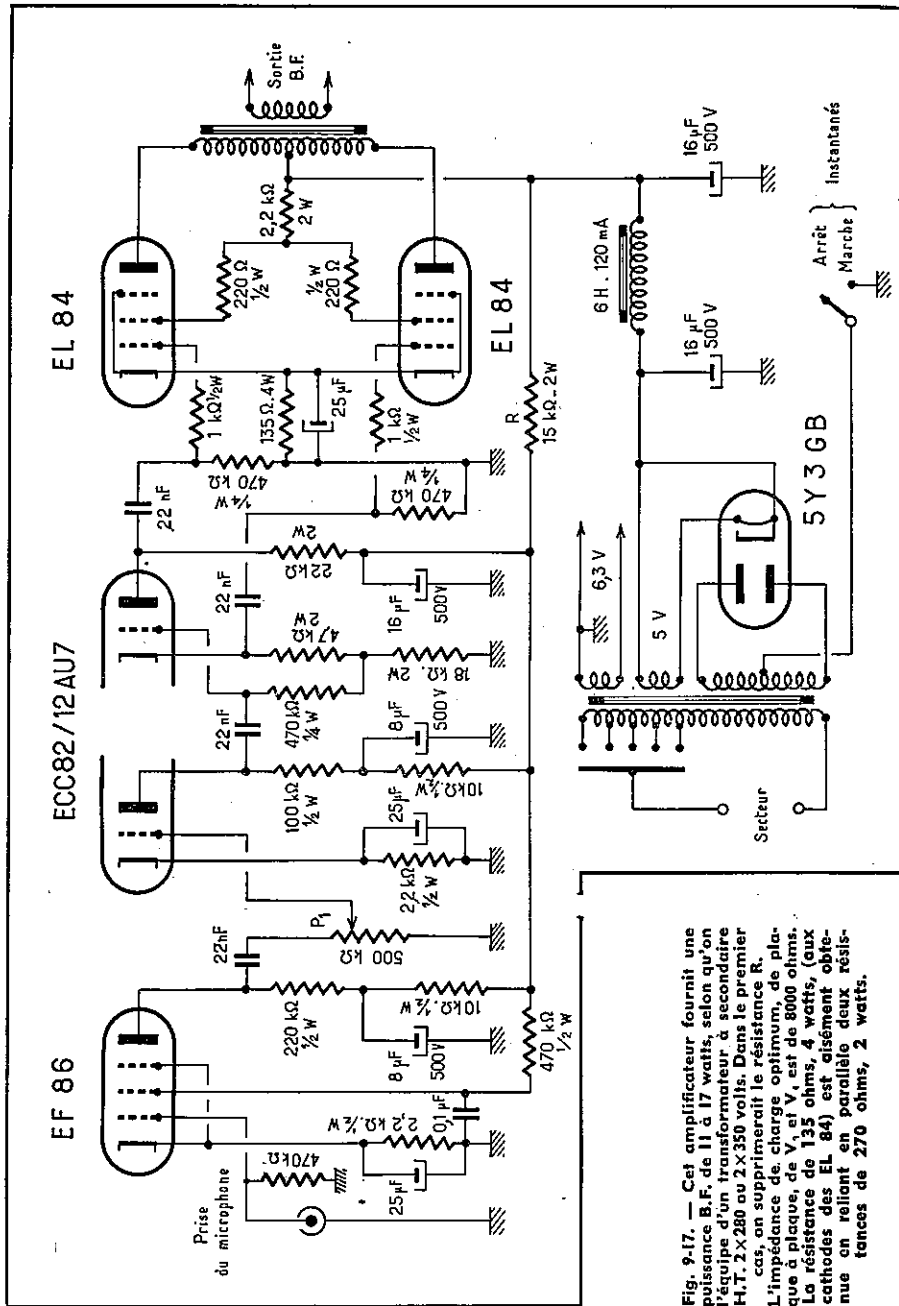
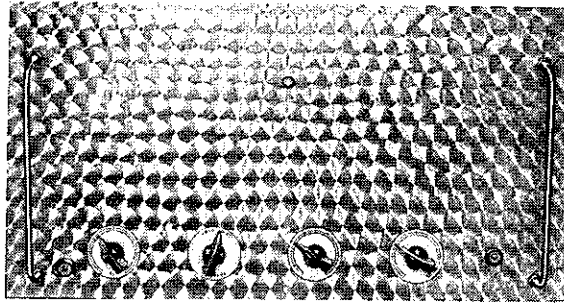
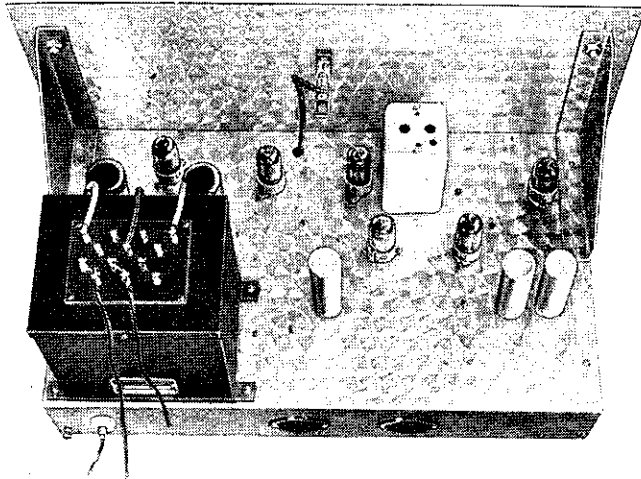


Fig. 9-17. — Cet amplificateur fournit une puissance B.F. de 11 à 17 watts, selon qu'on l'équipe d'un transformateur à secondaire H.T. 2x280 ou 2x350 volts. Dans le premier cas, on supprimerait le résistance R. L'impédance de charge optimum, de plaque à plaque, de V<sub>1</sub> et V<sub>2</sub> est de 8000 ohms. La résistance de 135 ohms, 4 watts, (aux cathodes des EL 84) est aisément obtenue en reliant en parallèle deux résistances de 270 ohms, 2 watts.

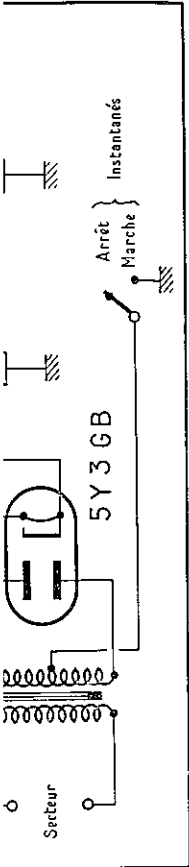
Fig. 9-17  
petites  
la solu  
avanti  
réalis  
tion du  
sortie  
teur à  
l'émette  
deux  
teurs de  
leur  
mique. Il  
ces de  
gamme  
ces où  
faire le  
plus ap



Façade du modulateur 100 watts B. F.

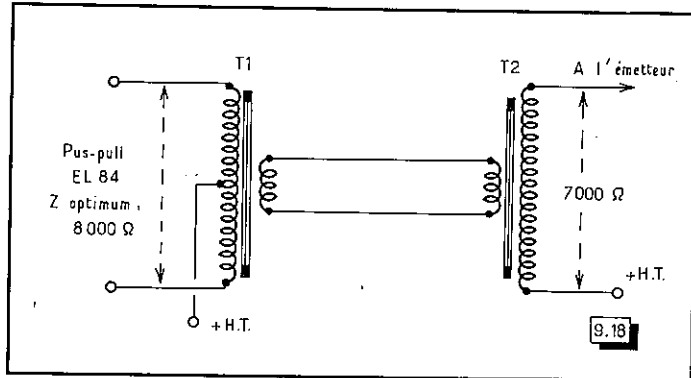


Châssis du modulateur 100 watts B.F.



l'équipe d'un transformateur à secondaire H.T. 2 x 280 ou 2 x 350 volts. Dans le premier cas, on supprimerait la résistance R. L'impédance de charge optimum de plaque à plaque, de V<sub>1</sub> et V<sub>2</sub>, est de 8000 ohms. La résistance de 135 ohms, 4 watts, (aux cathodes des EL 84) est aisément obtenue en reliant en parallèle deux résistances de 270 ohms, 2 watts.

Fig. 9-18. — Aux petites puissances, la solution la plus avantageuse pour réaliser l'adaptation du circuit de sortie du modulateur à celui de l'émetteur est de monter « dos à dos » deux transformateurs de haut-parleur électrodynamique. Il existe dans ces derniers une gamme d'impédances où l'on peut faire le choix le plus approchant.



9.18



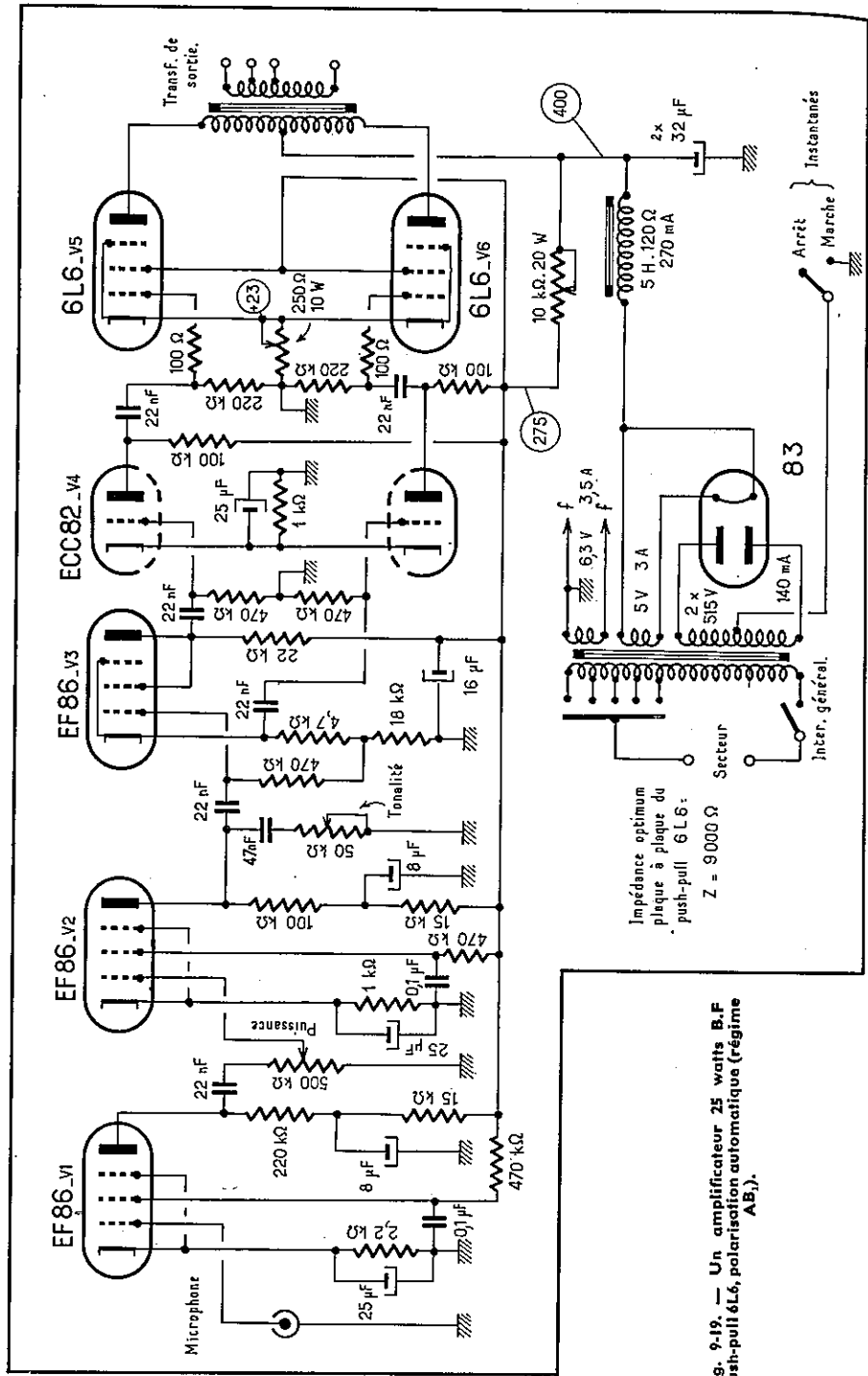


Fig. 9-19. — Un amplificateur 25 watts B.F. Push-pull 6L6, polarisation automatique (régime AB<sub>1</sub>).

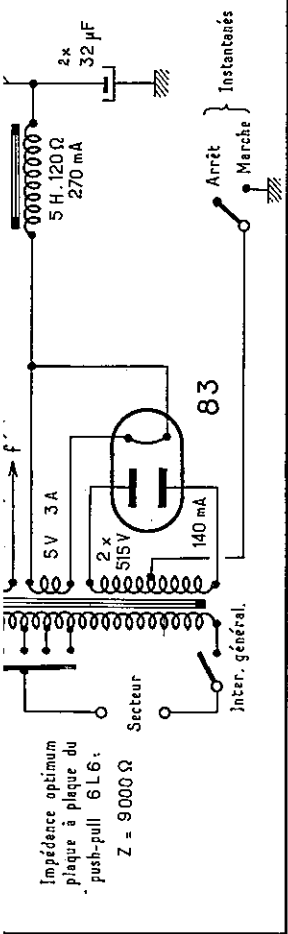


Fig. 9-19. — Un amplificateur 25 watts B.F. Push-pull 6L6, polarisation automatique (régime AB<sub>1</sub>).

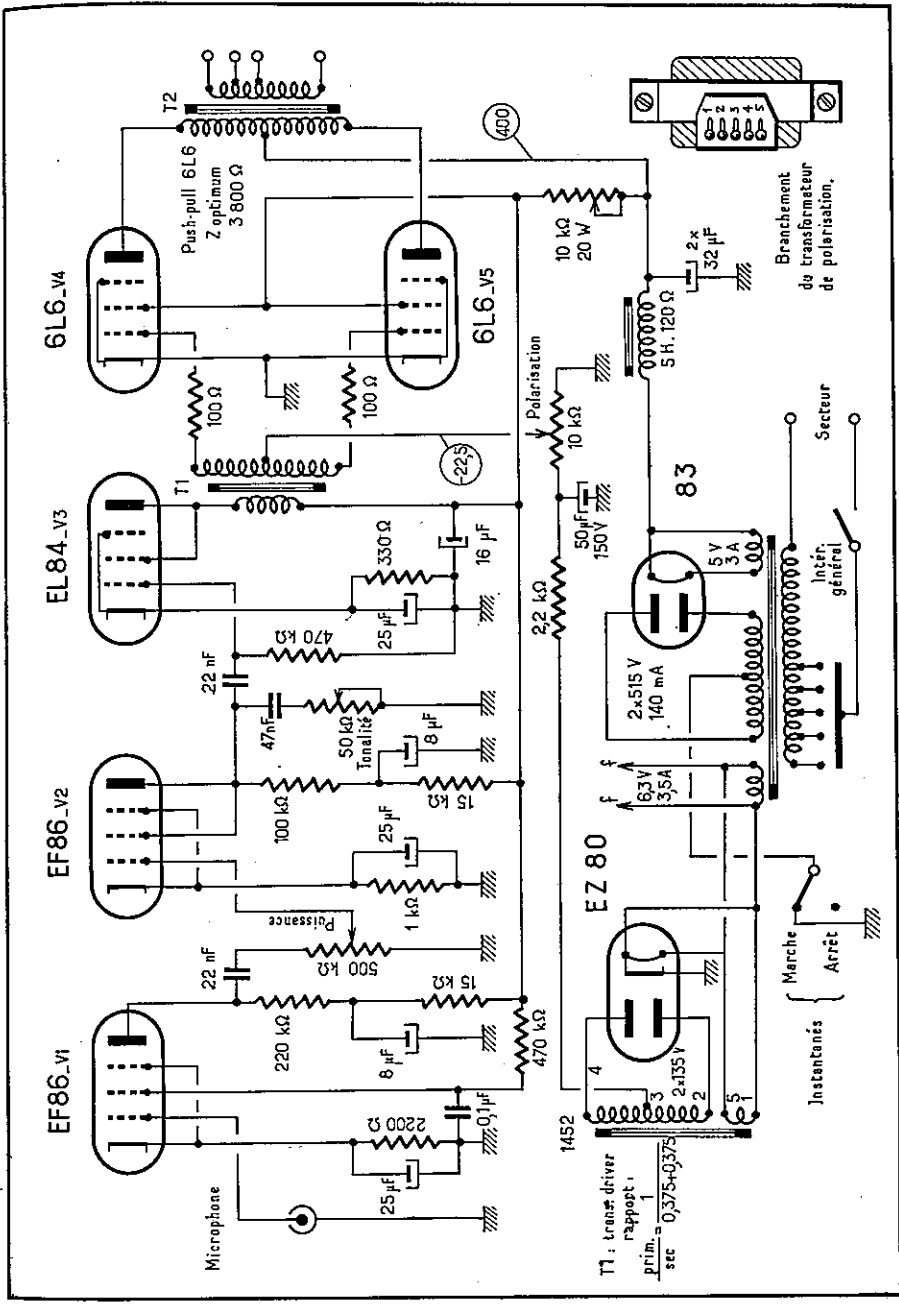


Fig. 9-20. — Un amplificateur 50 watts B.F. Push-pull 6L6, polarisation fixe (régime AB<sub>1</sub>).

Ajoutons qu'une valve à mercure doit obligatoirement être suivie par une cellule de filtrage à inductance d'entrée. Avec un condensateur d'entrée, la valeur de pointe du courant de charge de ce dernier serait inadmissible pour la sécurité de la valve, en raison de la très faible résistance interne qu'elle présente.

Divers schémas d'amplificateurs B.F. vont suivre. Tous ont été éprouvés et sont capables de délivrer aisément les puissances couramment demandées pour la modulation des émetteurs.

1°) Un amplificateur 5,7 watts B.F. (fig. 9-16), et un amplificateur 11 à 17 watts B.F. (fig. 9-17).

Pour ces deux amplificateurs, on ne trouvera pas, dans le commerce, de transformateur de modulation (avec secondaire à prises), pour d'aussi petites puissances. Néanmoins, deux solutions sont possibles : ou bien on bobinera soi-même ce transformateur de sortie et, à cet effet, une documentation complète sera trouvée dans notre livre déjà cité : « *Calcul et réalisation des transformateurs* », ou bien on se tirera d'affaire, de manière facile et économique, en choisissant dans une même marque (afin que les enroulements destinés à l'attaque de la bobine mobile soient prévus pour une même impédance) deux transformateurs destinés au couplage d'une sortie B.F. à un haut-parleur, et en les connectant avec les enroulements à basse impédance reliés entre eux, comme l'indique la figure 9-18. Les « gros » transformateurs de cette sorte sont susceptibles de supporter une douzaine de watts B.F.

Par exemple, dans le cas de l'association d'un push-pull d'EL 84 à un circuit plaque d'émetteur présentant une impédance de 7000 ohms, on prendrait un transformateur avec primaire à prise médiane, type « 8000 ohms, plaque à plaque » pour  $T_1$  et un modèle « 7000 ohms » simple, pour  $T_2$ .

2°) Un amplificateur 25 watts B.F., avec push-pull de 6 L 6, régime  $AB_1$  (fig. 9-19), et un amplificateur 50 watts B.F., avec push-pull de 6 L 6, régime  $AB_2$  (fig. 9-20).

La plupart des transformateurs d'alimentation ne comportant pas de secondaire spécial pour alimenter un redresseur de polarisation, nous avons fait usage du procédé très simple que nous avons conseillé pour l'étage final de l'émetteur (fig. 8-4), aux fins d'assurer une polarisation fixe du push-pull B.F. Cette disposition se retrouvera sur plusieurs des schémas qui vont suivre.

3°) Un amplificateur 65 watts B.F., avec push-pull d'EL 34, régime B (fig. 9-21), et un amplificateur 100 watts B.F. avec push-pull d'EL 34, régime B (fig. 9-22).

Le circuit écrêteur, que nous avons seulement représenté dans le schéma de la figure 9-22, peut évidemment se trouver intercalé dans chacun des autres schémas.

### Les impédances du transformateur de sortie

La notion des impédances d'un transformateur de modulation est souvent assez mal comprise. Nous donnerons divers éclaircissements sur la question de l'impédance, au début du chapitre traitant des antennes, pour lesquelles il en sera fait un fréquent usage.

Mais, en ce qui concerne les transformateurs de sortie des amplificateurs, il faudra bien se pénétrer de l'idée que les impédances notées aux diverses prises ne correspondent à aucune caractéristique physique et immuable du transformateur.

En fait, il en va de même que pour le transformateur d'alimentation dont le secondaire est marqué  $2 \times 300$  volts et qui ne délivre les deux fois 300 volts que si l'on applique, au primaire, une tension égale à celle qui figure à la prise utilisée au répartiteur. Le transformateur qui donnera  $2 \times 300$  volts avec 125 volts sur la prise correspondante n'en fournira plus que  $2 \times 240$  si la tension du secteur tombe à 100 volts !

En somme, une seule chose est immuable dans un transformateur : le rapport de transformation, celui-ci étant fixé par le rapport du nombre de tours des deux enroulements.

Dans le cas du transformateur de modulation, si l'on appelle  $Z_1$  l'impédance de charge optimum de l'étage B.F. final (impédance plaque à plaque, pour un push-pull).

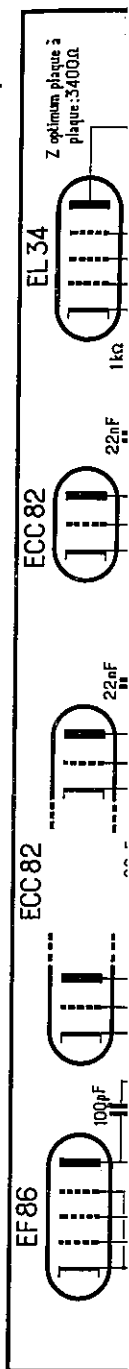


Fig. 9-21. — Un am-  
dement de la prise

être suivie par une cellule d'entrée, la valeur de pointe la sécurité de la valve, en

s ont été éprouvés et sont validées pour la modulation

amplificateur 11 à 17 watts

ns le commerce, de trans- r d'aussi petites puissances. binera soi-même ce trans- ète sera trouvée dans notre a bien on se tirera d'affaire, même marque (afin que les ent prévus pour une même ortie B.F. à un haut-parleur, ace reliés entre eux, comme e sorte sont susceptibles de

d'EL 84 à un circuit plaque prendrait un transformateur à plaque pour T<sub>1</sub> et un

L 6, régime AB<sub>1</sub> (fig. 9-19), régime AB<sub>2</sub> (fig. 9-20). important pas de secondaire avons fait usage du procédé l'émetteur (fig. 8-4), aux fins disposition se retrouvera sur

L 34, régime B (fig. 9-21), et gime B (fig. 9-22). senté dans le schéma de la un des autres schémas.

ie

odulation est souvent assez : la question de l'impédance, en sera fait un fréquent usage. e des amplificateurs, il faudra iverses prises ne correspondent rateur.

limentation dont le secondaire 00 volts que si l'on applique, ise utilisée au répartiteur. Le s sur la prise correspondante tombe à 100 volts !

'transformateur : le rapport de le tours des deux enroulements. on appelle Z<sub>1</sub> l'impédance de à plaque, pour un push-pull).

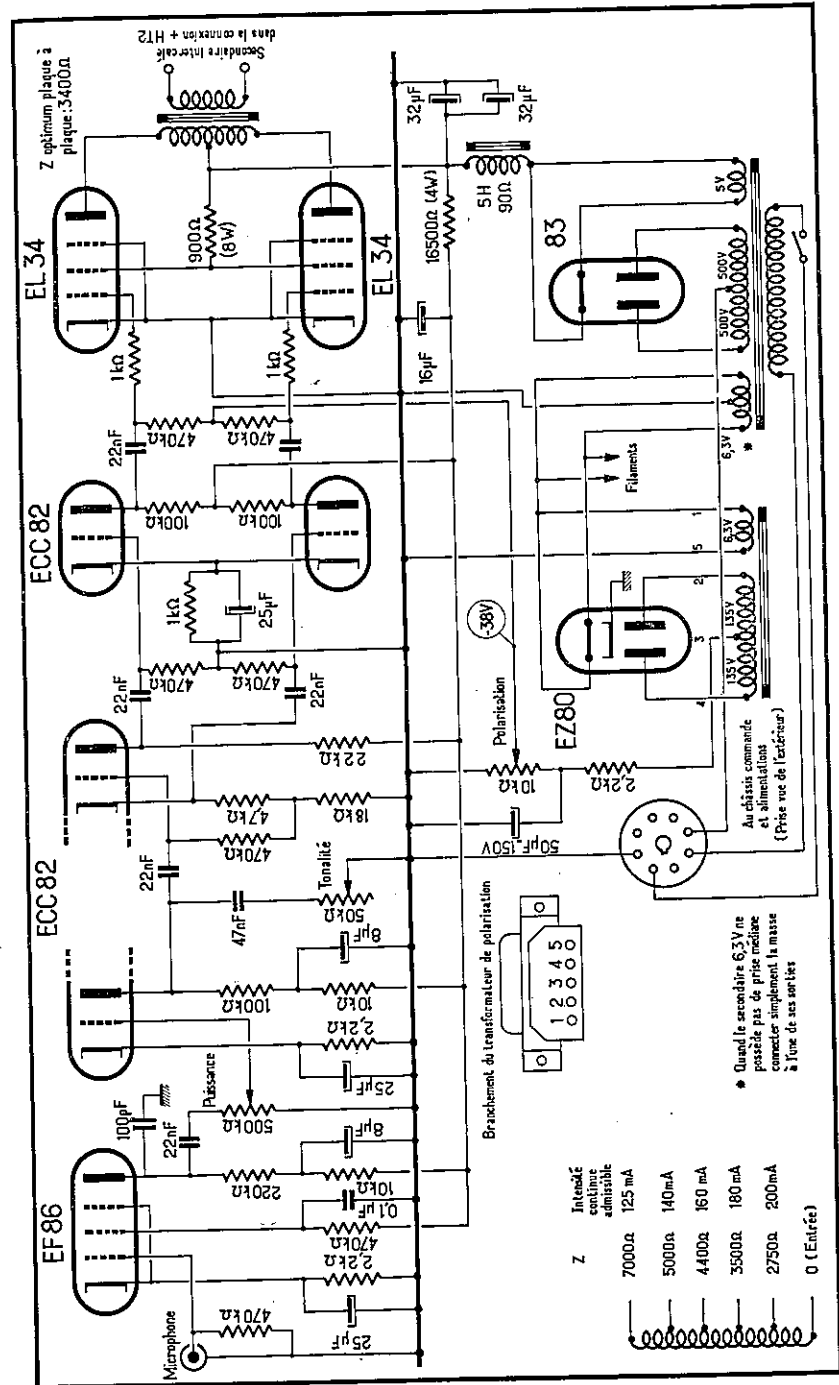


Fig. 9-21. — Un amplificateur 65 watts B.F. Push pull EL 34, polarisation fixe (régime B). Le raccordement de la prise octale est prévu au châssis d'alimentation de l'émetteur à commutations décrit au chapitre 12

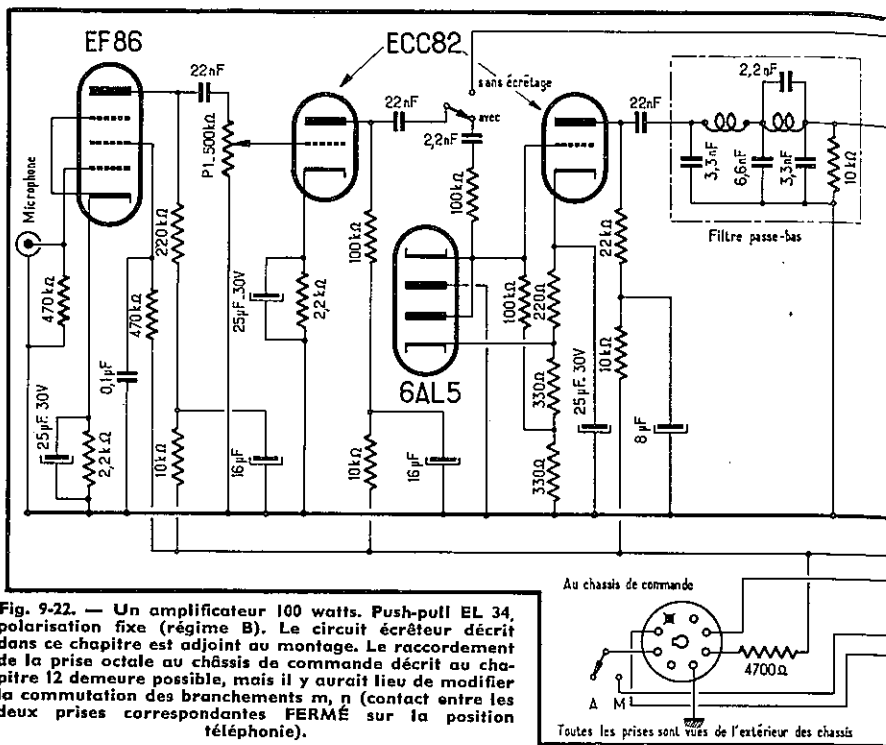


Fig. 9-22. — Un amplificateur 100 watts. Push-pull EL 34, polarisation fixe (régime B). Le circuit écrêteur décrit dans ce chapitre est adjoint au montage. Le raccordement de la prise octale au châssis de commande décrit au chapitre 12 demeure possible, mais il y aurait lieu de modifier la commutation des branchements m, n (contact entre les deux prises correspondantes FERMÉ sur la position téléphonique).

et  $Z_2$  l'impédance du circuit auquel se trouvera branché le secondaire, le rapport du nombre de tours au primaire,  $N_1$ , au nombre de tours au secondaire,  $N_2$ , sera donné par la formule :

$$\sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \frac{N_1}{N_2}$$

Le fabricant du transformateur note, en général, aux prises du primaire de ses transformateurs, des valeurs correspondant aux impédances de charge optima des lampes usuelles.

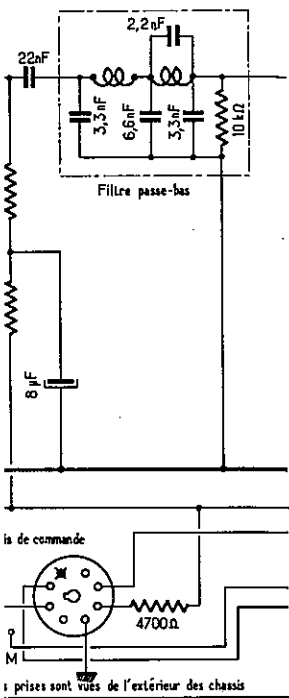
Or, cette notion de l'impédance de charge optimum de la lampe (ou des lampes en push-pull) ne joue surtout que lorsqu'il est nécessaire de tirer toute la puissance B.F. dont est capable l'étage final de l'amplificateur.

Il demeure toujours possible d'utiliser, dans de bonnes conditions, un transformateur auquel les impédances indiquées ne correspondent pas aux impédances optima réelles des circuits extérieurs. Par exemple, soit un transformateur pour lequel le fabricant indique un primaire prévu pour un push-pull d'impédance optimum de 3800 ohms, et supposons que la prise secondaire « 8000 ohms » soit reliée à un circuit extérieur présentant cette même impédance. La précédente formule permet de calculer que le

rapport de transformation primaire/secondaire est égal à  $\sqrt{\frac{3800}{8000}}$  soit 1/1,45.

Toutes les adaptations équivalentes au même rapport :

$$\frac{1}{1,45} = \sqrt{\frac{3800}{8000}} = \sqrt{\frac{4500}{9500}} = \sqrt{\frac{5000}{10500}} = \sqrt{\frac{6000}{12600}} \text{ etc.}$$



secondaire, le rapport du secondaire,  $N_2$ , sera donné

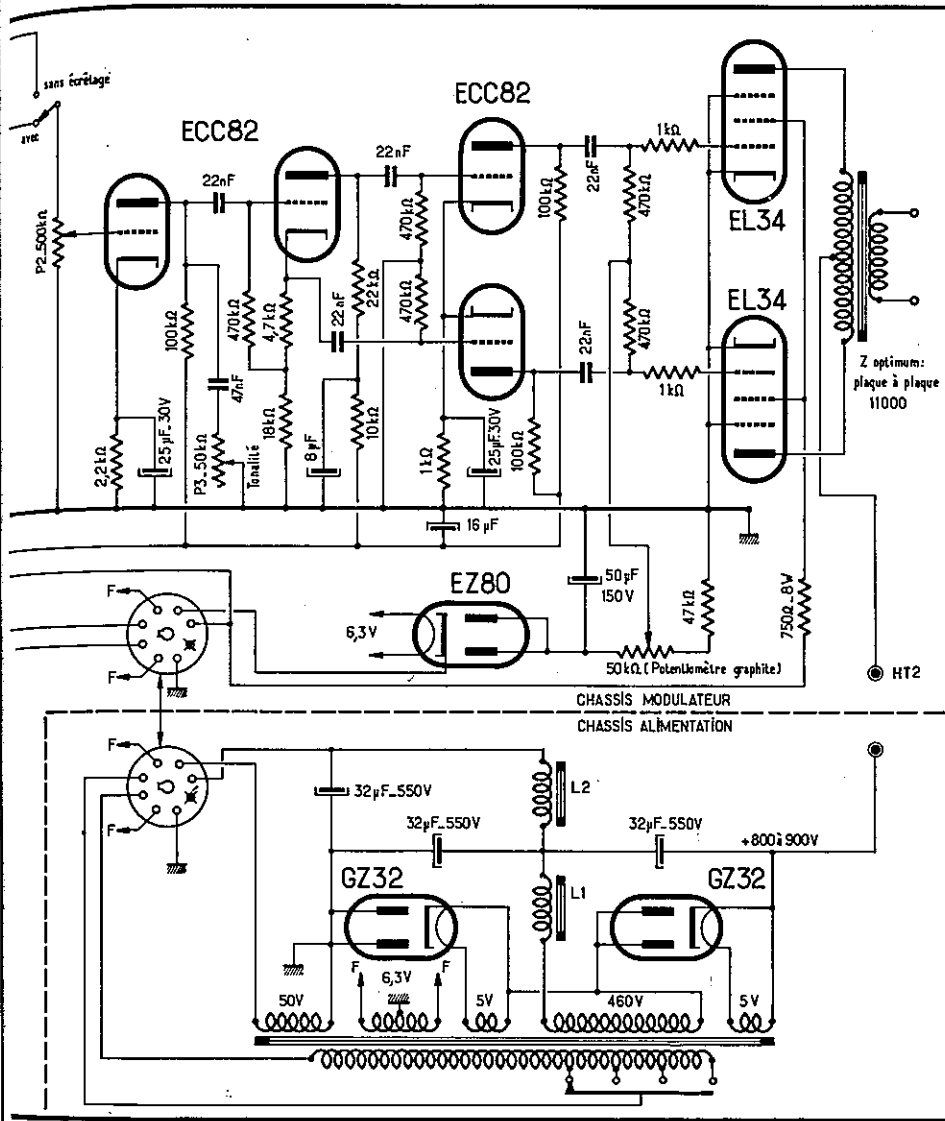
prises du primaire de ses de charge optima des lampes

la lampe (ou des lampes tirer toute la puissance B.F.

onditions, un transformateur impédances optima réelles ur pour lequel le fabricant e optimum de 3800 ohms, reliée à un circuit extérieur permet de calculer que le

$$\sqrt{\frac{3800}{8000}} \text{ soit } 1/1,45.$$

$$= \sqrt{\frac{6000}{12600}} \text{ etc.}$$



seraient permises sans changer l'emplacement des prises.

Supposons, d'autre part, que nous ayons à adapter à la même charge de 8 000 ohms, un autre push-pull dont l'impédance optimum est de 6000 ohms. Le rapport de transformation serait cette fois de  $\sqrt{\frac{6000}{8000}} = \frac{1}{1,15}$

Ce rapport se trouverait respecté sur notre transformateur, entre les impédances 3800 et 5000 ohms, notées sur le boîtier, puisque l'on a :

$$\frac{1}{1,15} = \sqrt{\frac{3800}{5000}}$$

Lorsque l'impédance indiquée par le fabricant, au primaire du transformateur, est notablement inférieure à l'impédance de charge optimum de l'étage final du modulateur, il peut se produire une certaine atténuation sur les fréquences B.F. les plus basses, mais en pratique ce fait passera souvent inaperçu.

### Une importante précaution

Un gros risque est à signaler : celui que l'on courrait en faisant fonctionner un amplificateur B.F. dont le secondaire n'est relié à aucune charge. L'absence de celle-ci équivaut à une impédance infinie et, théoriquement, une autre impédance infinie doit ainsi se trouver réfléchi au primaire du transformateur. Dans la pratique, la valeur de cette dernière impédance n'atteindra pas ce cas limite, mais elle sera quand même *très grande*, d'où l'apparition de *surtensions importantes capables de provoquer des claquages dans le transformateur, et sa mise hors service.*

Si l'on désire essayer un amplificateur B.F., il est obligatoire que le secondaire de son transformateur de sortie soit connecté à une charge d'impédance égale à celle qui se trouve notée à la prise secondaire utilisée. Cette charge peut être une simple résistance de puissance correspondant à la puissance B.F. dont l'amplificateur est capable.

La  
façon ef  
de l'étage  
Elle  
qu'il imp  
tout d'a  
Tot  
a)  
b)  
ou en i  
comman  
c)  
tension  
Da  
de la fc  
« crever  
au-delà  
limite ir  
nominal  
L'excur  
la pratic  
Par  
une par  
et F —  
Ma  
modulat  
démodul  
provoq