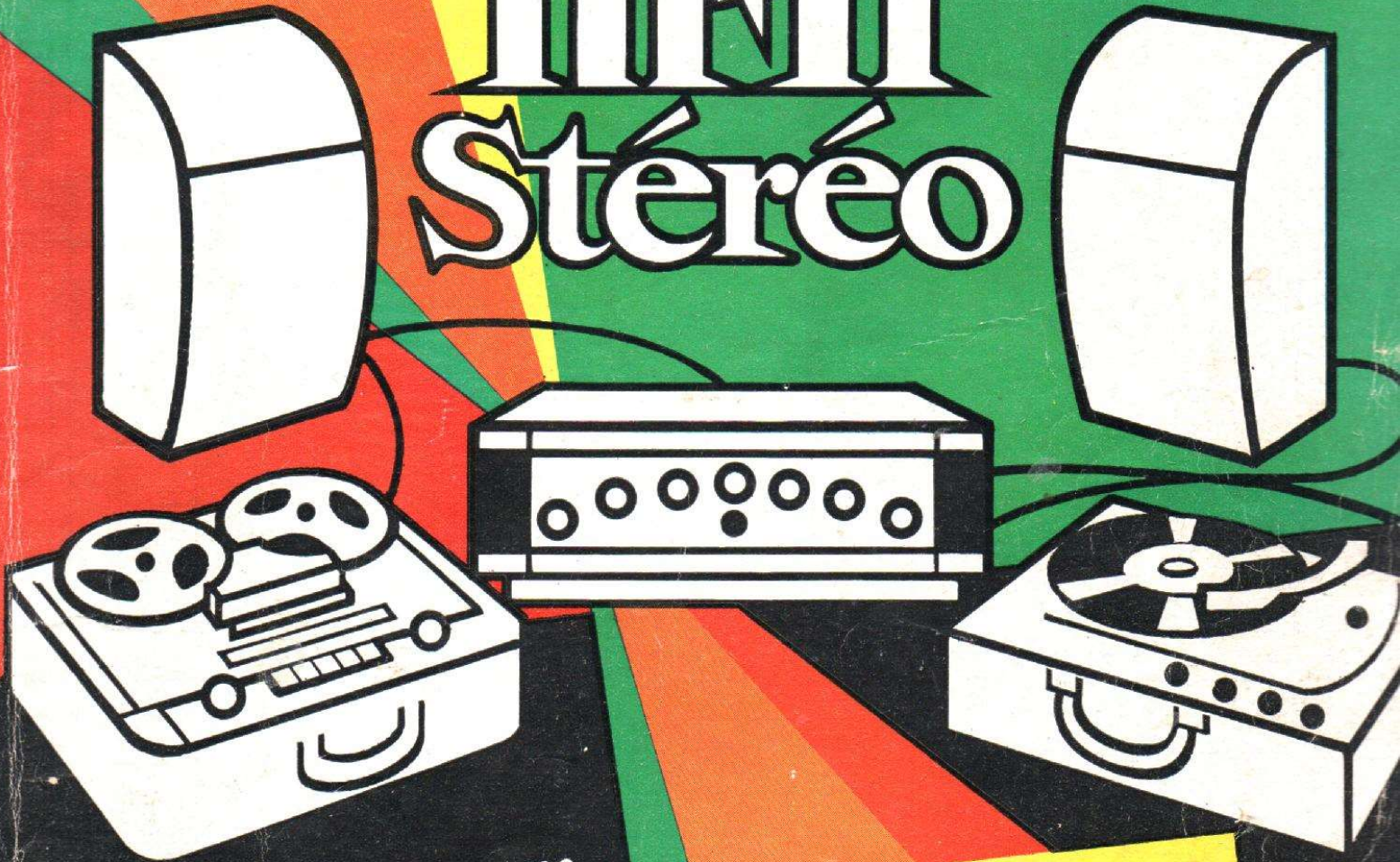


# LE HAUT-PARLEUR

NUMÈRE  
SPÉCIAL  
★ 132 PAGES

## hi-fi Stéréo



TOUS LES NOUVEAUX APPAREILS  
DE REPRODUCTION SONORE

TOURNE ★ DISQUES  
ÉLECTROPHONES  
CHAINES Hi ★ Fi  
MAGNÉTOPHONES

AVEC LEURS CARACTERISTIQUES ET LEUR PR

4<sup>NF</sup>

460 francs marocains

# AMPLIFICATEURS A NOMBRE RÉDUIT DE LAMPES

Il existe plusieurs manières de réduire le nombre des lampes parmi lesquelles les plus usuelles sont les suivantes :

- 1° Emploi de lampes multiples.
- 2° Emploi de lampes à très forte pente.
- 3° Adoption de circuits de liaison donnant lieu à un grand gain.
- 4° Adoption de sources de signaux BF à niveau élevé.

Analysons rapidement ces quatre possibilités de réduction du nombre des lampes dans le cas des amplificateurs BF économiques, ce qui n'implique pas toujours un manque de fidélité, mais plutôt une réduction du nombre des utilisations.

## EMPLOI DE LAMPES MULTIPLES

En général, s'agit de lampes doubles dont on peut distinguer les catégories suivantes :

- a) Lampes à deux éléments finals de puissance identiques comme par exemple la ELL80 et la PLL80 ;
- b) Triodes-pentodes dont la pentode est de puissance et la triode une amplificateur de tension comme par exemple les ECL82 et ECL86 ;
- c) Doubles triodes à deux éléments identiques comme la 12AX7, 12AU7, 12AT7, ECC40, 6SN7, etc. On peut utiliser les deux éléments en push-pull précédant le push-pull final ou en cascade ou l'une comme amplificateur et l'autre comme amplificateur-déphaseuse ;
- d) Triodes-pentodes toutes deux amplificateurs de tension comme par exemple la ECF80, avec des applications analogues à celles des doubles triodes sauf en push-pull. Il va de soi que dans les montage stéréophoniques, on pourra effectuer toutes sortes de combinaisons utilisant ces lampes en particulier, avec les lampes à deux éléments identiques, chacun pourra être monté dans un des canaux.

## EMPLOI DE LAMPES A FORTE PENTE

Si une lampe a une pente élevée, le gain de l'étage dont elle fait partie est plus élevé qu'avec une lampe à pente moindre. S'il y a dans un amplificateur 3 lampes en cascade, il sera souvent possible de réduire leur nombre d'une unité avec l'augmentation des pentes de deux d'entre elles et parfois même d'une seule.

## EMPLOI DES ELEMENTS DE LIAISON A GRAND GAIN

Sauf entre la lampe finale et le haut-parleur et parfois à l'entrée microphone, le transformateur n'est plus utilisé comme élément de liaison étant remplacé par des circuits RC plus ou moins simples.

Dans la liaison RC, la charge de plaque de la lampe qui précède l'élément de liaison est une résistance et le gain de l'étage dépend de la valeur de celle-ci. Dans une certaine mesure, le gain augmente avec la valeur de cette résistance. Ainsi, si elle vaut 200 kΩ, le gain sera beaucoup plus grand que si la résistance n'était que 50 kΩ ou 20 kΩ, mais la courbe de réponse peut se montrer moins favorable du côté des fréquences élevées si des précautions ne sont pas prises à l'aide de circuits compensateurs et en effectuant un câblage à faibles capacités parasites.

## EMPLOI DE SOURCES A NIVEAU ELEVE

En ce qui concerne les PU, on préférera, au point de vue d'économie considéré ici, les modèles fournissant un signal de l'ordre du volt à ceux qui ne donnent que quelques millivolts. Il s'agit donc d'éliminer les pick-up à réluctance variable (niveau de l'ordre de 5 mV) au profit des pick-up piezo qui donnent 0,5 à

1 V ou céramiques qui en donnent autant avec une excellente qualité de reproduction.

De plus, ces pick-up à haut niveau possèdent une courbe non linéaire mais qui compense assez bien celle des enregistrements des microsillons. Dans ces conditions, on est également dispensé de circuits correcteurs d'enregistrement si l'on se limite aux microsillons d'où encore augmentation du gain par récupération du gain perdu par les circuits correcteurs.

Enfin, en simplifiant le montage, on ne le destinant qu'à un nombre réduit d'applications, on peut encore réduire le nombre des lampes.

de 20 pF, 10 000 pF et 1,3 MΩ suivi de la liaison RC composée de 22 000 pF à 10 MΩ.

Le réglage de tonalité agit sur les aiguës. En effet, lorsque le potentiomètre de 10 MΩ monté en résistance est en court-circuit, il en est de même de la capacité de 220 pF qui le shunte et le signal est transmis sans altération au réglage de volume.

Par contre, lorsque le curseur du potentiomètre de 10 MΩ est dans une position telle qu'une résistance shunte les 220 pF, les aiguës seules sont transmises directement par cette capacité tandis que les basses sont réduites par le diviseur de tension constitué par

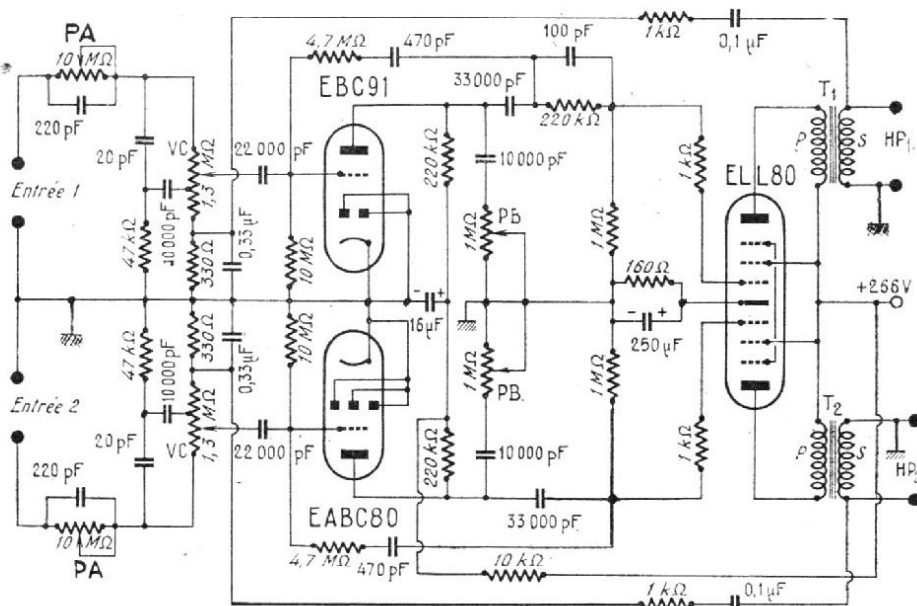


Fig. 1

Ainsi les trois sources : radio (et son TV et FM), pick-up à niveau élevé et magnétophone fournissent des signaux dont le niveau est du même ordre de grandeur et peuvent être appliqués à la même entrée, à la rigueur.

La simplification à l'aide de ces diverses méthodes peut même contribuer à améliorer la fidélité en réduisant la distorsion, car le nombre des étages étant réduit, il y a *ipso facto* moins de distorsion harmonique, ce qui dispense du grand nombre de circuits de contre-réaction que l'on trouve dans les préamplificateurs et les amplificateurs à nombre élevé de lampes.

Voici maintenant quelques schémas pratiques commentés illustrant quelques-uns des procédés indiqués plus haut.

## AMPLIFICATEUR STEREO A TROIS LAMPES

Cet amplificateur est schématisé à la figure 1. Il ne comporte qu'une ELL80 double pentode, chaque étage final étant précédé par une triode-diode, l'un avec EBC91 et l'autre avec EABC80.

L'intérêt de l'emploi de diodes-triodes est de pouvoir simplifier les tuners AM ou FM qui pourraient précéder les deux canaux stéréo en servant de détectrices.

Voici une brève analyse de ce montage. Nous ne considérerons qu'un seul canal, par exemple celui représenté sur la moitié supérieure du schéma.

L'entrée à haute impédance, de l'ordre de 220 kΩ, est connectée à la grille de la EABC80 dont les diodes ne sont pas utilisées, par l'intermédiaire d'un circuit de tonalité 10 MΩ shunté par 220 pF et réglage de volume à compensation physiologique composé

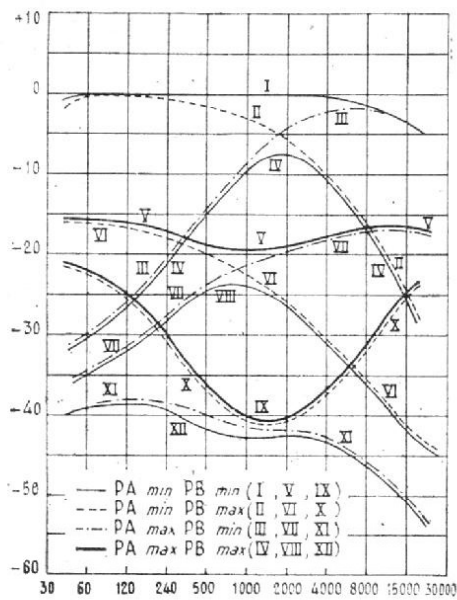
des deux potentiomètres, celui de 10 MΩ (en totalité ou partie) et la totalité du potentiomètre de 1,3 MΩ.

Considérons maintenant ce dernier. Grâce à la prise, à laquelle on a connecté le condensateur de 10 000 pF et au branchement du condensateur de 20 pF, la courbe de réponse globale est modifiée selon la puissance de sortie.

Un autre circuit important disposé à l'entrée est l'ensemble 330 Ω et 0,33 μF. Ce circuit à faible impédance fait partie du dispositif de contre-réaction ramenant à l'entrée une portion du signal prélevé au secondaire du transformateur de sortie.

L'examen de la EBC91 montre que la cathode est à la masse et que la polarisation s'effectue par le courant grille dans la résistance de fuite de 10 MΩ. Ce procédé est simple, économique mais généralement moins indiqué que les procédés classiques (polarisation fixe ou polarisation automatique) dans un montage à haute fidélité. Il est toutefois admissible dans un étage d'entrée recevant un signal faible. Dans le circuit de plaque de la EBC91 on trouve la résistance de charge de 220 kΩ, le dispositif de tonalité composé de 10 000 pF et potentiomètre de 1 MΩ monté en résistance variable, et le condensateur de liaison de 3 000 pF vers l'entrée de la lampe finale.

Le dispositif de tonalité est le classique contrôle de tonalité agissant, dit-on, sur les graves mais en réalité en atténuant les signaux aux fréquences élevées. En effet, plus la résistance en service du potentiomètre est faible, plus la résistance de charge de 220 kΩ est shuntée par une réactance à prédominance capacitive, ce qui atténue les aiguës comme nous venons de le dire. D'une manière relative toutefois, on



peut dire que les basses sont favorisées avec PB au maximum.

Dans l'étage final, la polarisation automatique est assurée par 160 Ω et 250 μF électrochimique, élément commun aux deux canaux.

La contre réaction est assurée par les réseaux placés entre les secondaires des transfo de sortie et l'entrée et les réseaux entre plaque et grille de la lampe triode. La courbe de réponse est donnée par la figure 2 avec décibels en ordonnées et fréquences en abscisses.

Le code des tracés des courbes est indiqué sur la figure. On montre la réponse en fonction de la fréquence pour les niveaux (à 1 000 c/s) 0 dB, - 20 dB, - 40 dB.

La désignation « max. » indique que le réglage de tonalité des basses PB est au maximum de son action, c'est-à-dire du côté de la capacité de 10 000 pF court-circuitant le potentiomètre, ce qui donne le minimum d'aiguës et le maximum de basses.

La désignation max. pour le potentiomètre d'aiguës PA indique que son action s'exerce d'une manière plus prononcée.

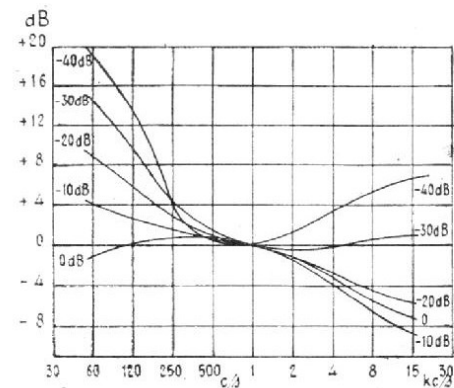
Courbe II : PA min., PB max. : atténuation aux fréquences élevées.

Courbe III : PA max., PB min. : atténuation aux basses.

Courbe IV : PA max., PB max. : atténuation aux basses et aiguës, ce qui favorise le médium. Position excellente pour la parole. Niveau : - 20 décibels.

Courbe V : PA min., PB min. Position linéaire mais affectée par le réglage physiologique de volume VC qui crée une légère atténuation au médium favorisant ainsi les basses et les aiguës qui doivent être mieux reproduites à mesure que le son est moins intense.

Courbe VI : comme courbe II, PA min., PB max.



Courbe VII : comme courbe III, PA max., PB min.

Courbe VIII : comme courbe IV, PA max., PB max.

Niveau - 40 dB : courbes IX, X, XI, XII comme I, II, III et IV, mais action du dispositif physiologique plus importante, favorisant dans toutes les positions les graves et les aiguës. Ainsi, la courbe « linéaire » IX comporte un creux important créé pour le médium.

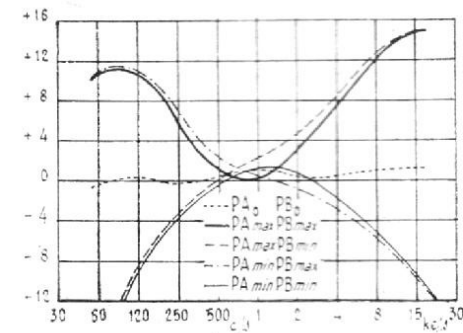
### AMPLIFICATEUR HI-FI

Voici maintenant un autre montage (figure 3) représentant une chaîne monophonique ou un des deux canaux d'un ensemble stéréo.

Le PU est du type piezo ou céramique. Dans

On obtient des résultats remarquables comme le montrent les courbes de la figure 4 dont nous allons donner quelques détails.

Sur la figure 4a on indique l'effet du réglage physiologique VCP.



Les différentes dispositions du VCP correspondent à des positions du curseur telles que l'atténuation du potentiomètre soit égale au nombre de décibels indiqué.

Ainsi pour la courbe 0 dB, le curseur est au maximum, pour la courbe - 20 décibels le curseur divise la résistance R de la piste potentiométrique en deux résistances R<sub>1</sub> (du côté haut) et R<sub>2</sub> du côté masse.

Le rapport des tensions et des résistances est

$$q = \frac{R_1}{R}$$

Il faut que 20 log (R/R<sub>1</sub>) soit égal à 20 dB, d'où :

log (R/R<sub>1</sub>) = 1 et R/R<sub>1</sub> = 10, d'où R<sub>1</sub>/R = 0,1, le curseur est donc à 1/10 de la résistance totale de 1,3 MΩ du côté masse.

Chaque fois que l'on a réduit la tension de sortie à l'aide de VCP on a augmenté dans la même proportion celle d'entrée, de sorte que la tension à f = 1 000 c/s reste sensiblement la même.

Sur la figure 4b on montre l'action du potentiomètre de tonalité du circuit Baxandall pour les aiguës et pour les graves. Sur la figure 4 c, l'influence du VCP pour diverses positions en fonction de la fréquence. Les deux réglages de tonalité sont en position maximum, ce qui signifie évidemment que PA donne le maxi-

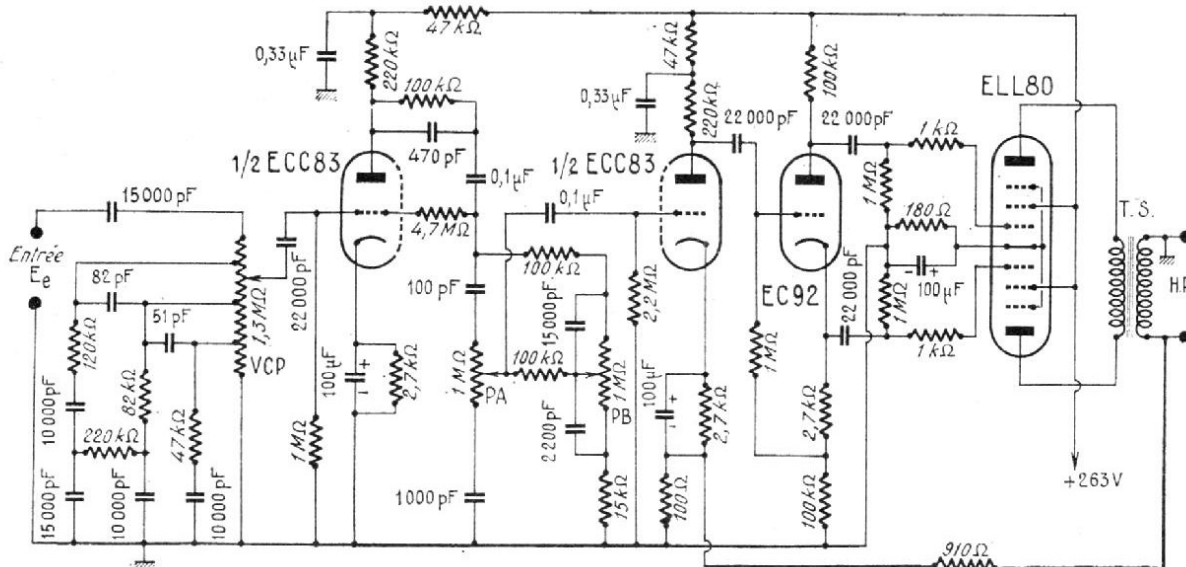


Fig. 3. — La prise médiane du primaire du transformateur de sortie TS est à relier au + HT

Les désignations « min. » correspondent aux positions opposées des réglages. On considérera les courbes suivantes :

Niveau zéro décibel à 1 000 c/s : courbe I, PA au minimum, PB au minimum, d'où linéarité maximum, excellente jusqu'à 8 000 c/s et bonne jusqu'à 15 000 c/s du côté aiguës, excellente encore à 50 c/s du côté basses.

le circuit d'entrée il y a un réglage physiologique de volume, avec un potentiomètre de 1,3 MΩ à trois prises et associé à des circuits correcteurs. Un circuit de tonalité double est intercalé entre les deux demi-ECC83 tandis que la EC92 est montée en déphaseuse cathodyne. En montage stéréo on pourra conjuguer ou non les réglages VC et de tonalité.

imum de gain relatif aux aiguës et PB le maximum de gain relatif aux basses.

On constate que le VCP accentue ces gains relatifs à mesure que la puissance de sortie faiblit.

Enfin sur la figure 4 d, on indique la puissance de sortie en fonction de la tension d'entrée et avec la distorsion qui en résulte.

### MONTAGE PLUS SIMPLE

Ici on a simplifié au maximum en utilisant pour la stéréo deux lampes seulement, une ECC83 et une ELL80 suivant le schéma de la figure 5. Il y a deux canaux identiques.

Il est toutefois nécessaire d'adjoindre à ce montage deux dispositifs de VC et des circuits de réglage de tonalité simplifiés ne réduisant par le gain, ce qui exclut celui à deux circuits associés.

Il va de soi que le PU doit être piezo ou céramique.  $L_1$  et  $L_2$  sont les primaires des deux transformateurs de sortie dont l'impédance est de 10 k $\Omega$ . Avec des HP de 2  $\Omega$  par exemple, le rapport de transformation sera :

$$= \delta \sqrt{\frac{10\,000}{2}} = \sqrt{5\,000} = 70 \text{ environ.}$$

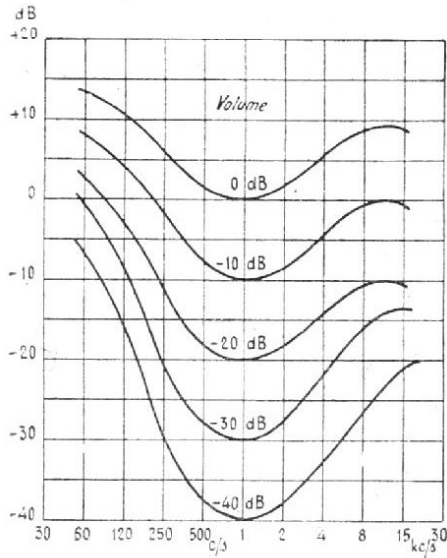


FIG. 4 C

### CANAL AVEC PUSH-PULL

Sur le montage monocanal de la figure 6 qui peut être dédoublé pour la stéréo, l'étage final est un push-pull de deux éléments de ELL80 en classe AB réduisant la distorsion par rapport à un montage à une lampe finale sans contre-réaction.

Il n'y a que deux lampes en tout : une ECC83 avec un élément amplificateur et un élément déphaseur et une ELL80 en push-pull.

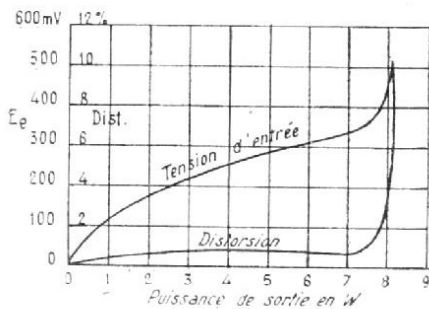


FIG. 4 D

La charge plaque à plaque est de 11 k $\Omega$  et la bobine à prise médiane est le primaire du transformateur de sortie dont on déterminera le rapport primaire à secondaire comme indiqué plus haut.

La figure 7 indique les possibilités de cet amplificateur.

Courbe I : courant des deux anodes des lampes finales en fonction de la puissance modulée.

Ce courant varie suivant la puissance de sortie, entre 40 et 50 mA environ, ce qui représente à peu près la même consommation que dans le montage classe A, mais on obtient un maximum de puissance de 8 W au lieu de 2 fois 3,2, c'est-à-dire 6,4 W modulés.

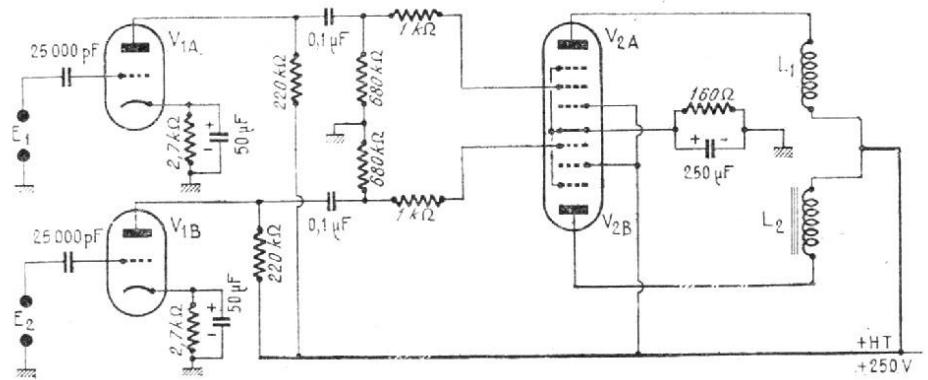


FIG. 5

Courbe II : tension d'entrée. Elle varie de zéro jusqu'à 150 mV environ lorsque la puissance obtenue varie de zéro à 8 W environ.

Courbe III : courant écrans. Il atteint 18 mA environ pour les deux lampes à puissance maximum.

Courbe IV : distorsion. Le pourcentage de distorsion atteint 10 % à 8,5 W modulés mais 5 % seulement si  $P = 8,2$  W et 3 à 4 % pour des puissances inférieures à 8 W modulés. Aucune contre-réaction ne figure dans le schéma de cet amplificateur.

### CARACTÉRISTIQUES DE LA ELL80

Pour les lecteurs qui désireraient utiliser cette lampe dans des applications différentes de celles indiquées plus haut, nous donnons ci-après les caractéristiques principales.

Il existe aussi la PLL80 qui nécessite toutefois au moins 170 V de haute tension, ce qui requiert un montage sur un récepteur pour alternatif et présente de ce fait moins d'intérêt que la ELL80.

La figure 8 donne la disposition des broches du culot noval de la ELL80 ou PLL80.

Chauffage alimentation parallèle			
Tension de chauffage .....	$V_f$	6,3	V
Intensité de chauffage .....	$I_f$	550	mA
Caractéristiques de service pour pentode unique par canal stéréo			
Tension plaque .....	$V_a$	250	V
Tension écran .....	$V_{g2}$	250	V
Résistance de polarisation .....	$R_k$	160	$\Omega$
Courant plaque .....	$I_a$	24	mA
Courant écran .....	$I_{g2}$	4,5	mA
Charge de plaque .....	$Z_p$	10	k $\Omega$
Admission grille .....	$\Delta V_{g \max}$	4,2	V <sub>eff</sub>
Facteur de distorsion .....	d	10	%
Puissance de sortie .....	$W_s$	3	W
Pouvoir amplificateur : pour $\Delta V_g = 0,4 V_{eff}$ .....	$W_p$	50	mW
Emploi en push-pull classe B			
Tension plaque .....	$V_p$	250	V
Tension écran .....	$V_{g2}$	250	V
Polarisation .....	$V_{g1}$	-12	V
Courant plaque .....	$I_{pp}$	2 x 11	mA
Courant écran .....	$I_{g2a}$	2 x 2,3	mA
Charge plaque à plaque .....	$Z_{pp}$	10	k $\Omega$
Admission grille (par pentode) .....	$\Delta V_{g \max}$	8,2	V <sub>eff</sub>
Facteur de distorsion .....	d	5	%
Puissance de sortie .....	$W_s$	9,2	W
Emploi en push-pull classe AB			
Tension plaque .....	$V_p$	250	V
Tension écran .....	$V_{g2}$	250	V
Résistance de polarisation .....	$R_k$	200	$\Omega$
Courant plaque .....	$I_{pp}$	2 x 21	mA
Courant écran .....	$I_{g2a}$	2 x 4,2	mA
Charge plaque à plaque .....	$Z_{pp}$	11	k $\Omega$
Admission grille .....	$\Delta V_{g \max}$	7,5 à 8	V
Facteur de distorsion .....	d	3 à 5	%
Puissance de sortie .....	$W_s$	8,1 à 8,5	W
Caractéristiques statiques			
Tension plaque .....	$V_p$	250	V
Tension écran .....	$V_{g2}$	250	V
Polarisation .....	$V_{g1}$	-9	V
Courant plaque .....	$I_p$	24	mA
Courant écran .....	$I_{g2}$	4,5	mA
Pente .....	S	6	mA/V
Résistance interne .....	$R_i$	80	k $\Omega$
Coefficient d'amplification statique .....	$K_s$	17	

Le culot de la ELL80 est du type noval.

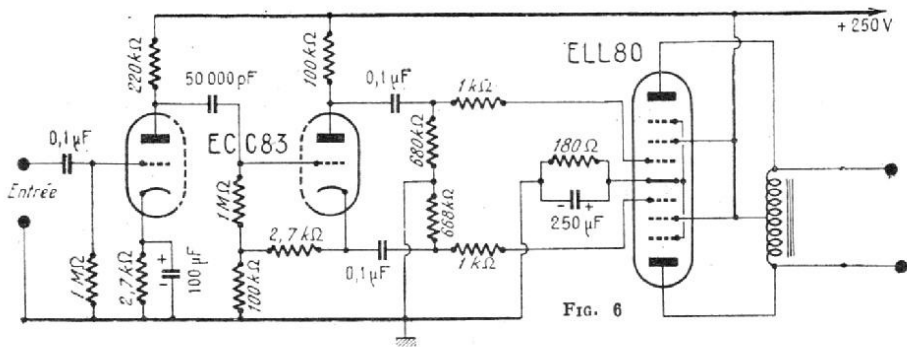


FIG. 6

**MONTAGES AVEC ECL82 ET ECL86**

Des amplificateurs avec lampes ECL82 et ECL86 ont été décrites dans notre numéro spécial d'avril 1960.

**MONTAGE AVEC LAMPE A TRES FORTE PENTE**

Il existe une lampe à pente extrêmement élevée, la EL183, qui est conçue pour l'étage final vidéo-fréquence de télévision, mais les expérimentateurs auxquels nous nous adressons ici uniquement à son sujet pourront effectuer des essais intéressants en BF finale. Ses caractéristiques en classe A sont les suivantes :

- Tension plaque : 150 V max.
- Tension écran : 220 V max.
- Puissance dissipée plaque max. : 6 W.

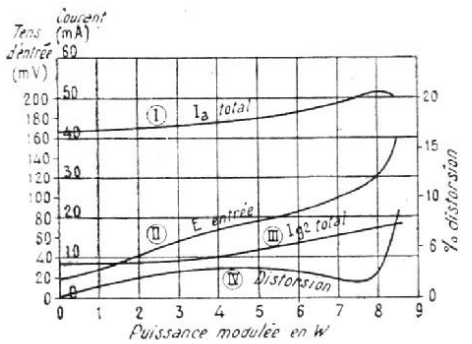


FIG. 7

- Courant plaque : 40 mA.
- Courant écran : 6 mA.
- Polarisation automatique : -2,1 V.
- Pente : 25 mA/V.
- Résistance interne : 20 kΩ.

On pourra essayer cette lampe avec une tension plaque et écran de 150 V, une résistance cathodique de 46 Ω ou un peu plus si l'on veut réduire le courant plaque.

Le montage expérimental à essayer est celui de la figure 9. Il comporte un étage préamplificateur à grand gain à lampe EF86 et la lampe EL183 en étage final.

Voici des valeurs des éléments permettant d'obtenir un fonctionnement satisfaisant avant d'effectuer divers essais d'amélioration : P = 1 MΩ réglage de volume, C<sub>1</sub> = 100 μF, C<sub>2</sub> = 0,5 μF, C<sub>3</sub> = 25 μF, C<sub>g</sub> = 0,1 μF, C<sub>k</sub> = 25 μF, R<sub>1</sub> = 2 200 Ω, R<sub>2</sub> = 390 kΩ,

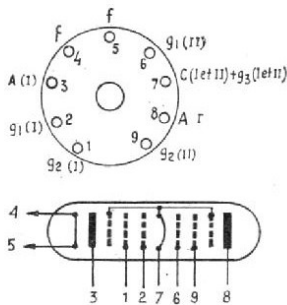


FIG. 8

R<sub>3</sub> = 20 kΩ, R<sub>4</sub> = 100 kΩ, R<sub>g</sub> = 100 kΩ, R<sub>k</sub> = 50 à 100 Ω TS transformateur primaire de 4 000 Ω avec prises à 1 000, 2 000 et 3 000 Ω et secondaire à prises 0-2-4-8-16 Ω, courant primaire 50 mA puissance 4 W. Haute tension de 150 V.

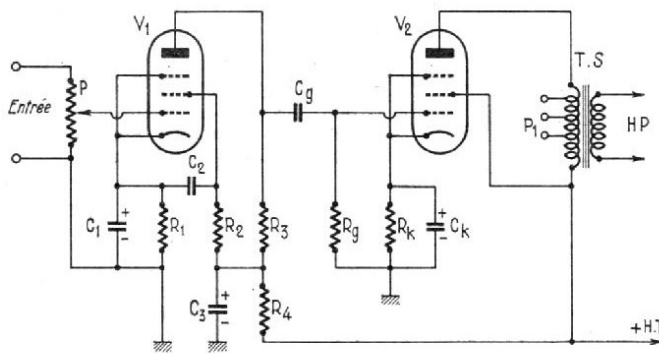


FIG. 9

Pour plus de puissance et obtention du maximum de pente, on conseille d'adopter pour les premiers essais R<sub>k</sub> = 50 Ω et haute tension d'écran de 220 V obtenue séparément de la HT principale appliquée à la plaque.

En effet, si l'on alimentait la plaque sur 150 V à partir d'une HT de 220 V, il faudrait réduire la HT de 70 V au moyen d'une résistance de :

$$R = \frac{70\,000}{40} = 1\,750\ \Omega$$

dont l'introduction dans le circuit de plaque créerait de fortes distortions.

Il est assez aisé d'obtenir 220 V continu 6 mA pour l'écran à l'aide de l'enroulement 220 V du primaire du transformateur d'alimentation, comme nous le montrons à la figure 10.

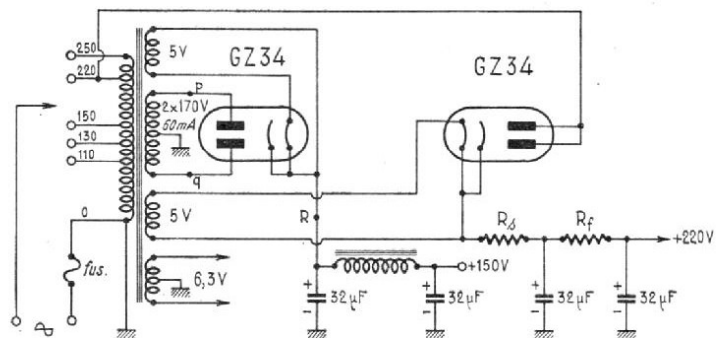


FIG. 10

L'alimentation de la plaque et du reste du montage sauf l'écran est classique et obtenue à partir de 2 fois 170 V. Aux points p et q, on introduira en circuit des résistances de l'ordre de 100 Ω 2 W qui ont, d'ailleurs, pour effet de réduire la haute tension et permettront, en les modifiant, de l'ajuster à 150 V, valeur à ne pas dépasser pour la plaque. Pour l'écran, on utilisera un filtre RC avec R<sub>t</sub> =

10 kΩ et R<sub>c</sub> = 100 Ω ou plus, jusqu'à obtention de 220 V continu exactement.

Quelques essais intéressants peuvent être effectués dont nous indiquons quelques-uns ci-après :

1° Essai de gain : appliquer un signal de quelques mV à l'entrée et mesurer la tension aux bornes d'une résistance montée aux bornes du secondaire de TS à la place du HP et ayant la même valeur que l'impédance de la bobine mobile, pour exemple 2 Ω. Pour une puissance de 2 W modulés, la valeur de la tension à mesurer aux bornes de cette résistance est donnée par :

$$P = 2 = \frac{E^2}{2}$$

d'où E = 2 V. L'essai se fera à 1 000 c/s.

On effectuera ensuite le même essai en appliquant le signal de l'ordre du volt aux bornes de R<sub>g</sub> pour obtenir également 2 V au secondaire de T<sub>s</sub>, ce qui donnera le gain de V<sub>1</sub>

et la tension BF nécessaire à l'entrée de V<sub>2</sub> pour 2 W modulés à la sortie.

En montant également aux bornes du secondaire un oscilloscope cathodique, on pourra déterminer approximativement la puissance maximum obtainable avant que le signal de sortie cesse d'être sinusoïdal, en fonction de la tension aux bornes de R<sub>k</sub>.

2° Essais à diverses fréquences pour obtenir la courbe de réponse. Laisser l'oscilloscope en place pour éviter que le signal final ne soit plus sinusoïdal.

3° Essais de contre-réaction : enlever C<sub>k</sub> ou monter un circuit de contre-réaction entre le secondaire de TS (une des bornes à la masse) et la cathode de V<sub>1</sub>.

La valeur de 5,6 kΩ de la résistance série R<sub>o</sub> de contre-réaction convient lorsque le secondaire de TS est de 4 à 8 Ω. S'il est de 8 à

12 Ω, on prendra R<sub>o</sub> = 8,2 kΩ. Pour une charge de 2 à 4 Ω, R<sub>o</sub> = 2 kΩ environ.

En conclusion, nous dirons que l'emploi des lampes multiples ou à forte pente permet de multiples combinaisons de schémas réduisant le nombre des lampes et préservant souvent la qualité d'audition, mais une étude sérieuse est toujours indispensable même avec des schémas simples.

**T**OUS ceux qui possèdent une installation d'amplification BF s'intéressent d'une manière particulière à son bon fonctionnement et désirent obtenir d'elle le maximum de performances, notamment en matière de haute fidélité.

Il est donc certain que ces techniciens, également amateurs de musique, voudront moderniser leurs appareils dont la conception ne correspond plus entièrement aux caractéristiques des amplificateurs actuels.

Disons tout de suite qu'il est impossible ou sans intérêt de moderniser certains appareils trop anciens dont presque tout le matériel est périmé et usé.

Il est, d'autre part, peu rationnel de « moderniser » un appareil extrêmement simple pour le transformer en un appareil très important. La transformation reviendrait dans les deux cas à se procurer presque tout le matériel nécessaire au nouvel appareil qui n'utiliserait de l'ancien que quelques pièces détachées usées : lampes, condensateurs, résistances. Il y a de nombreux cas où la transformation tendant à l'amélioration des performances ou à l'augmentation de leur nombre, permet d'obtenir des résultats intéressants, tout en réutilisant une grande partie du matériel dont on dispose.

Une limitation toutefois est imposée par les incessants et très rapides progrès des composants électroniques des appareils BF : lampes, éléments de liaison, notamment les transformateurs, pick-up, haut-parleurs et enceintes acoustiques.

D'une manière générale, le matériel datant de plus de dix ans, ce qui déjà n'est pas mal, doit être exclu dans une nouvelle réalisation, mais on peut admettre des exceptions lorsque le matériel ancien est de très haute qualité, comme, par exemple, certains haut-parleurs, des enceintes acoustiques, des transformateurs de sortie, des filtres séparateurs de bandes.

En ce qui concerne les lampes, la situation se présente de la manière suivante : celles d'une installation BF ayant fonctionné pendant plusieurs années, même si elles donnent encore des résultats appréciables et satisfaisants, sont forcément usées et dans ces conditions ne possèdent plus leurs caractéristiques nominales. Il serait donc peu rationnel de construire des montages adaptés à ces lampes qui mettront l'utilisateur, par la suite, dans l'obligation de les remplacer par des lampes neuves de type ancien et l'obligeront à une nouvelle mise au point.

On laissera donc de côté même des lampes aussi bonnes que les 2A3, 45, 50, D404 et même EL3-N, 6F6, etc. Par contre, certaines lampes anciennes ne sont pas encore tombées en désuétude comme les 6L6 et les 6V6 par exemple.

Les séries Rimlock, en particulier la ECC40 sont utilisables d'autant plus que des équivalents neval existent.

La transformation ne se justifie que si l'ancien appareil comporte une majorité de pièces détachées récupérables et présentant des garanties certaines de bon fonctionnement.

## QUELQUES CAS INTERESSANTS

Nous laisserons de côté les travaux de reconstruction totale à l'aide d'un matériel récu-

péré sur de vieux montages, ces travaux sortant du cadre de la présente étude, bien que ne manquant pas d'intérêt.

Il s'agit ici d'effectuer quelques travaux sur un appareil existant pour le moderniser ou pour augmenter ses possibilités. Dans certains cas, on construira des appareils complémentaires.

Voici quelques travaux dont nous entretenons nos lecteurs :

- 1° Transformation d'une installation monophonique en une installation stéréophonique.
- 2° Amélioration des circuits préamplifica-

plicateur complet de la figure 1 dont le schéma est assez classique pour 1962.

Il comporte deux entrées, l'une pour le microphone en  $J_1$ , impédance élevée et  $J_2$  pour PU à cristal ou céramique fournissant au moins 0,5 V. L'entrée 1 correspond à une tension de 2 mV. Le microphone utilise l'élément 1 de la 12AX7 tandis que le pick-up attaque directement le second élément par l'intermédiaire du VC  $R_4$ , qui sert également pour le microphone.

Entre  $V_{1B}$  et  $V_2$  type 6AV6 on trouve le dispositif de tonalité double avec  $R_6$  pour les

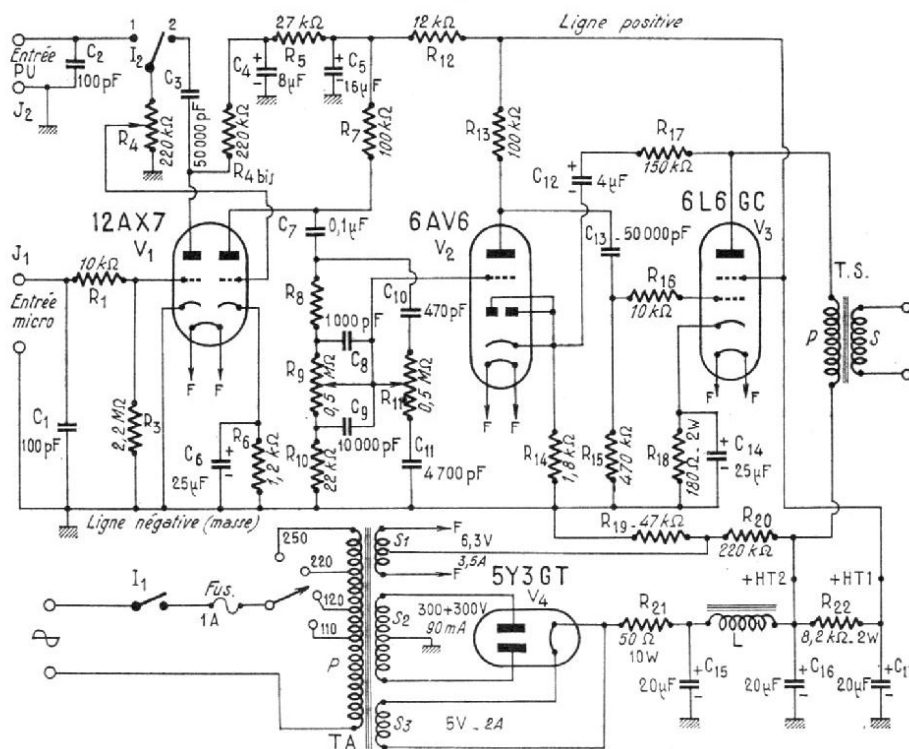


FIG. 1

- teurs au point de vue des réglages de tonalité.
- 3° Augmentation de la puissance finale.
- 4° Amélioration des circuits de sortie.
- 5° Montages ultralinéaires.
- 6° Amélioration des sources d'entrée.

Il est évident que nous ne traiterons que de quelques montages donnés à titre d'exemple, notre sujet étant susceptible d'un très grand développement.

## TRANSFORMATION MONO-STEREO

Rappelons qu'un ensemble amplificateur se compose des parties essentielles suivantes :

- a) Source de signaux BF.
- b) Préamplification avec corrections fixes et variables tendant à fournir aux étages suivants des signaux à courbe de réponse uniforme.
- c) Amplification de ces signaux pour obtenir la puissance requise à la sortie des lampes finales.
- d) Haut-parleurs et enceintes acoustiques.

Même si l'amplificateur est simplifié et réalisé en un seul montage, l'examen de son schéma permettra de différencier les quatre parties mentionnées plus haut.

Prenons, à titre d'exemple, l'ensemble am-

basses et  $R_{11}$  pour les aiguës.

Entre les lampes  $V_2$  et  $V_3$  type 6L6 GC (version moderne de la 6L6) on a disposé la contre réaction à l'aide de  $R_{17}$  s'exerçant à toutes les BF.

Dans l'alimentation on trouve la particularité suivante : prise médiane de l'enroulement  $S_1$  des filaments à un point positif commun de  $R_{19}$  et  $R_{20}$  diviseur de tension monté entre - HT (masse) et + HT.

Le filtrage comporte une bobine L de 5 H 200 mA, des résistances et des capacités. Le transformateur de sortie T.S. se caractérise par : puissance 10 W, primaire 4 000 Ω, secondaire suivant HP utilisé qui doit être de 10 W. Puissance modulée 8 W.

On peut distinguer le préamplificateur composé de  $V_1$  et du dispositif de tonalité et l'amplificateur composé de  $V_2$  et  $V_3$ .

Examinons la possibilité d'une transformation mono-stéréo.

Il faut évidemment disposer d'un second amplificateur, autant que possible identique à celui-ci muni d'un haut-parleur identique. L'alimentation doit être également reproduite,

car celle de la figure 1 ne suffit que pour un seul amplificateur.

Un problème important est celui du pick-up. On choisira un modèle stéréophonique piézo-électrique ou céramique fournissant au moins 0,5 V sur chaque canal.

Nous déconseillons tout travail d'amateur consistant à adapter le nouveau PU sur le bras et sur le tourne-disques de l'ancienne installation monophonique. Pour un pick-up stéréo, il faut un bras qui lui soit spécialement destiné et un tourne-disques très régulier et ne créant pas une composante verticale du mouvement du plateau, comme c'est le cas de certains tourne-disques monophoniques.

Tout bricolage doit être proscrit en ce qui concerne le pick-up, le tourne-disques stéréophonique et le bras du PU.

En possession d'un « double » de la première installation monophonique, le réalisateur aura le choix entre deux solutions : conjuguer ou laisser indépendantes les deux chaînes monophoniques.

Dans le premier cas, il faudra conjuguer les deux réglages de tonalité  $R_0$  et  $R_{11}$ , ce qui consiste à utiliser des potentiomètres doubles pour les deux  $R_0$  et pour les deux  $R_{11}$ . De même, on pourra adopter un potentiomètre double pour les deux VC,  $R_4$ , et établir un dispositif d'équilibrage.

Malheureusement, ce conseil, facile à donner est difficile sinon impossible à mettre en pratique si les deux amplificateurs sont distincts comme ce sera le cas dans ce genre de « modernisation » consistant à réaliser une deuxième chaîne sur un châssis séparé.

Il est bien plus pratique de renoncer à la double commande, qui, d'ailleurs, demande des potentiomètres doubles très précis, en laissant chaque chaîne indépendante et en la réglant au mieux, ce qui s'avère extrêmement aisé en pratique.

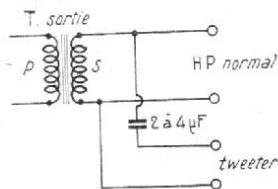


FIG. 2

On retirera en plus l'avantage de pouvoir se servir de chaque chaîne indépendamment, simultanément en stéréo ou en parallèle pour la monophonie (ce qui doublera la puissance).

En ce qui concerne le pick-up, quelques dispositifs simples doivent être prévus :

Doublement des cordons du PU mono afin de pouvoir le brancher sur les deux amplificateurs.

Remarque que les disques monophoniques peuvent être lus par les pick-up stéréophoniques. Les techniciens, pour des raisons théoriques parfaitement justifiées, conseillent de monter en parallèle les deux sorties de PU stéréo. Cela revient à prévoir deux prises de PU en parallèle sur chaque amplificateur mono, ce qui permettra de brancher les deux cordons provenant du PU stéréo.

De plus, si l'on veut faire fonctionner les deux amplificateurs en parallèle, il faut aussi doubler les deux cordons de branchement du PU stéréo.

Pratiquement, et en dépit de théorie, nous avons essayé de passer un disque mono sur une installation stéréo normale avec une entrée et un cordon pour chaque sortie de PU stéréo et avons obtenu les mêmes résultats tout au moins dans la mesure ou la simple écoute le permet.

Notre pick-up était un Shure, mais il est très probable qu'avec d'autres PU les résultats seront les mêmes.

Si les réglages des deux ensembles restent indépendants comme nous le conseillons, il est utile de prévoir des cadrans gradués sur cha-

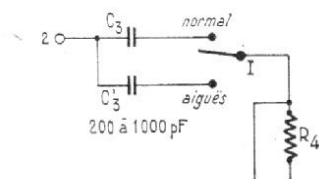


FIG. 3

que réglage afin d'avoir une idée précise de la position des curseurs des potentiomètres.

#### EMPLOI EN 2 D-3 D, etc.

Si les deux chaînes sont du genre de celle de la figure 1, notamment en ce qui concerne les dispositifs de tonalité, on pourra réaliser avec des sources mono, des auditions « en relief » en agissant sur les dispositifs de réglage basses et aiguës.

Sur une chaîne on poussera  $R_0$  à fond pour l'obtention du maximum des basses et  $R_{11}$  pour le minimum d'aiguës et l'inverse sur l'autre chaîne, qui donnera ainsi le médium et les aiguës. Il est recommandé, dans ce cas, de prévoir un tweeter pour les aiguës. En général, un montage simple de tweeter dynamique consiste à le brancher en parallèle sur le dynamique principal en intercalant un condensateur de 2 à 4  $\mu$ F pour « arrêter » les basses et le médium (voir figure 2).

De toutes façons, il faut monter des tweeters sur les deux chaînes pour la stéréophonie qui se manifeste le plus sur les notes hautes.

D'autres combinaisons de tonalité peuvent être obtenues avec deux chaînes par exemple, pour l'une, basses et aiguës et pour l'autre aiguës seules. Nous laissons au lecteur le soin de faire divers essais de ce genre.

Si nécessaire, pour l'obtention d'aiguës seules, on intercalera dans la liaison d'entrée PU, un condensateur de faible valeur. Nous montrons à la figure 3 le commutateur à monter. On peut aussi monter  $C_3$  en série avec  $C_2$  et le court-circuiter en position normale.

Remarque que cette commutation agit aussi en position microphone.

#### AMELIORATIONS DES CIRCUITS DE TONALITE

Disons tout de suite qu'actuellement on trouve dans presque la totalité des préamplificateurs « non économiques » le dispositif de

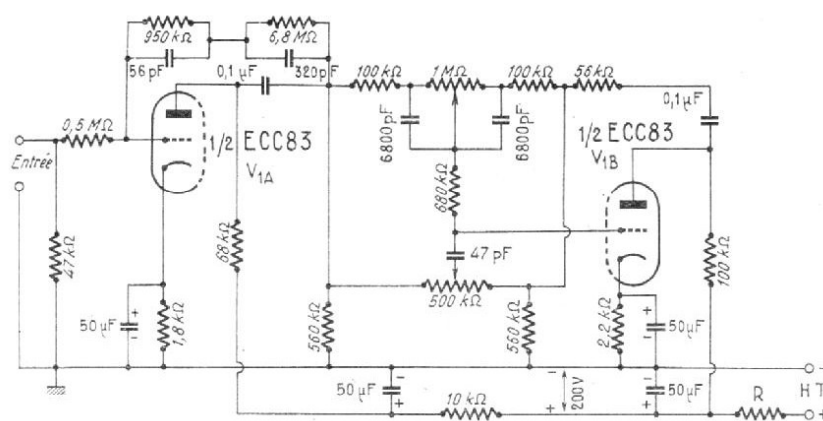


FIG. 5

tonalité double de Baxandall avec contre-réaction de la plaque à la grille de  $V_{1B}$ . On le trouve aussi, d'ailleurs, dans des ensembles qui ne sont pas « de luxe ».

Cet emploi universel est dû à l'excellence des résultats obtenus, comme on peut le voir sur la figure 4 qui montre les gains et les at-

ténuations atteints en poussant au maximum des potentiomètres comme  $R_0$  et  $R_{11}$  de la figure 1.

Un seul inconvénient important est associé à l'introduction du circuit de Baxandall, l'atténuation globale à 1 000 c/s qu'il apporte et est de l'ordre de 20 décibels qui correspondent à une diminution du gain en tension de 100 fois. Il faut donc retrouver ce gain de 100 fois à l'aide d'un ou même deux étages préamplificateurs supplémentaires. Le plus souvent on ajoute deux étages, par exemple, l'un avant et l'autre après le circuit comme le montre la figure 5 Ce circuit possède un circuit de Baxandall, dont le système de tonalité d'aiguës ne comporte qu'une seule capacité de 47 pF au lieu de deux.

Le gain, qui serait plus élevé que 100 normalement avec les deux éléments triodes d'une ECC83 est réduit à cette valeur en raison des deux circuits de contre-réaction.

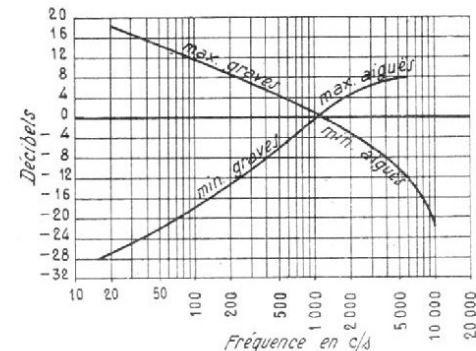


FIG. 4

Un premier circuit est sélectif et agit entre la plaque et la grille de  $V_{1A}$  avec deux cellules RC : 56 pF-950 kΩ et 320 pF-6,8 MΩ. Un second agit entre la plaque et la grille de  $V_{1B}$  par l'intermédiaire de certains éléments du dispositif de tonalité.

Les circuits analogues de la figure 1 sont la lampe  $V_{1B}$ , le dispositif de Baxandall et la lampe  $V_2$ , mais comme il n'y a pas de contre-réaction, une seule lampe compense la diminution du gain. En effet, sans circuit Baxandall, on pourrait supprimer une des trois triodes du montage mais pas deux.

Comme on le constate, il est assez peu aisé d'introduire dans un préamplificateur existant, deux triodes et un certain nombre d'éléments RC. De plus, la réussite du montage n'est pas certaine et une mise au point laborieuse peut s'imposer. Nous pensons qu'il est plus simple

de reconstruire toute la partie que nous avons qualifiée de « préamplificateur ».

Dans un ensemble BF, le préamplificateur fournit une tension de sortie comprise généralement entre 40 mV et 0,5 V.

Nous allons donc décrire un préamplifica-

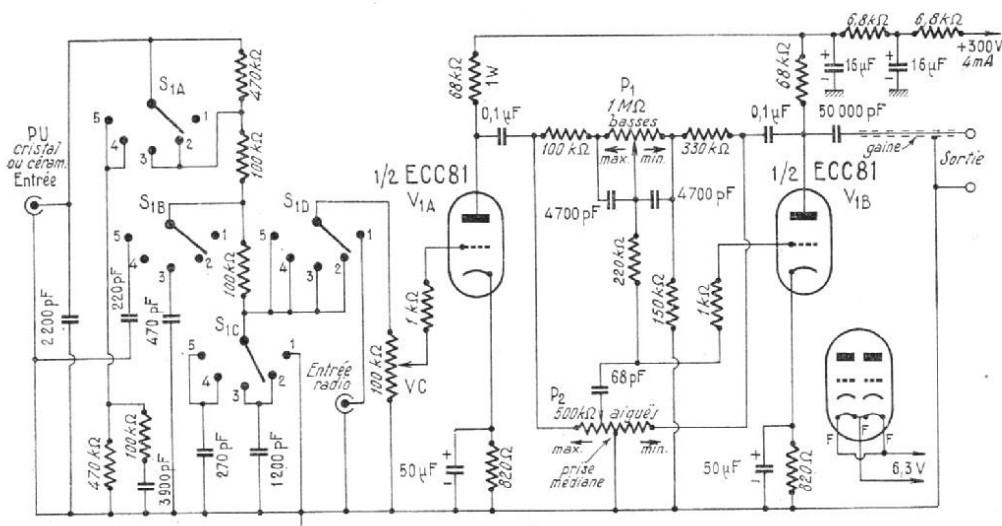


Fig. 6

teur très étudié dû à Baxandall. Il présente les mêmes avantages que le préamplificateur Audiomaster décrit dans notre précédent numéro spécial.

Le Baxandall a été établi justement pour être réalisé, mais il faut être, bien entendu, un technicien éprouvé pour le réussir car il est loin d'être simple.

### PREAMPLIFICATEUR DE BAXANDALL

Une seule lampe est utilisée, une double triode ECC81 dont les deux moitiés du filament de 12,6 V sont montées en parallèle sur la source de 6,3 V. La consommation totale est de 4 mA sous 300 V (260 à la rigueur), ce qui permet de brancher ce préamplificateur sur l'alimentation d'un autre appareil sans le surcharger ni à la HT ni au filament (voir fig. 6).

A l'entrée, l'organe essentiel du montage est le commutateur S<sub>1A</sub>-S<sub>1B</sub>-S<sub>1C</sub>-S<sub>1D</sub> à 4 pôles et 5 directions :

- 1 : radio ;
- 2 : disques microsillons bon état ;

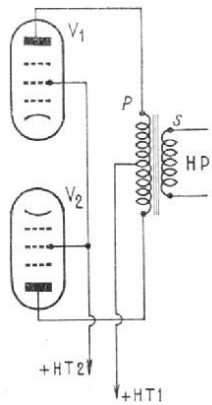


Fig. 7

- 3 : disques microsillons qualité médiocre ou usés ;
- 4 : disques 78 tours bon état ;
- 5 : disques 78 tours usés.

Une entrée radio attaque, en position 1, directement la grille de V<sub>1A</sub>.

Entre les deux éléments de V<sub>1</sub> on a disposé le circuit de tonalité de cet auteur. Il présente la particularité d'une prise médiane au potentiomètre P<sub>2</sub> de réglage des aiguës. Le VC est est logarithmique tandis que P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> sont linéaires. Entre la plaque et la grille de V<sub>1B</sub>, on a placé un circuit de contre réaction utilisant des éléments du dispositif de tonalité. La sortie est en fil blindé.

Avec un pick-up piezo ou céramique, on

obtient à la sortie jusqu'à 4 V de signal BF.

Rappelons qu'avec les PU piezo ou céramique, la correction des disques microsillons est presque complètement réalisée sans circuit correcteur, mais les PU magnéto-dynamiques et ceux à réluctance variable exigent une correction.

Si la HT est bien filtrée et n'est que de 260 V, on pourra modifier ou supprimer les résistances du filtre réducteur du circuit + HT. Toutes les valeurs des éléments sont indiquées sur le schéma de ce préamplificateur.

Pour la stéréo, il faut évidemment deux préamplificateurs.

### AUGMENTATION DE LA PUISSANCE FINALE

Bien qu'une puissance modulée de 3 ou 4 W permette de faire un bruit non négligeable, certains lecteurs voudront augmenter la puissance de sortie de leur amplificateur. La vraie raison plausible d'augmentation de la puissance modulée d'un amplificateur d'appartement est la suivante : plus la puissance est grande, moins il faut « pousser » le gain et on diminue ainsi la distorsion.

C'est dans cet esprit que nous indiquons, à l'aide d'un exemple, comment augmenter la puissance d'une manière simple.

Les opérations essentielles à effectuer sont les trois suivantes :

- 1° Remplacer la lampe ou les lampes finales par des lampes plus puissantes.
- 2° Réaliser une nouvelle alimentation fournissant le courant supplémentaire nécessaire.
- 3° Nouveau transformateur de sortie et HP plus puissant.

Voici quelques possibilités de remplacement de lampes par d'autres plus puissantes et ne nécessitant pas des modifications importantes du montage :

6AQ5 par 6V6 : ces deux lampes ont presque les mêmes caractéristiques, mais la seconde peut être alimentée sous une HT jusqu'à 325 V. Rien à modifier au montage, mais il faut que l'alimentation fournisse 300 à 325 V et 20 mA environ de plus. D'autre part, on réduira la HT à la valeur primitive pour le reste du montage et les écrans des 6V6.

6AQ5 ou 6V6 par 6L6 : la puissance peut atteindre 10 W. S'inspirer du schéma de l'étage final de la figure 1 à partir C<sub>13</sub> non compris. Le transformateur de sortie doit être remplacé et l'alimentation sera analogue à celle de la figure 1 notamment le secondaire de 300 + 300 V 90 mA ou même plus.

Signalons qu'une source certaine de distorsions, lorsque la puissance est poussée, est la

trop faible puissance alimentation. Par contre, si celle-ci est surabondante, la valeur de la HT appliquée étant respectée, la distorsion tend à diminuer. Signalons également que l'on pourra remplacer dans l'alimentation de la figure 1, la 5Y3 par une 5Z3 ou équivalente prévue pour 250 mA au lieu de 125 mA. On peut encore remplacer deux EL84 en push-pull par deux EL34 en reconstruisant l'étage final et les liaisons qui le précèdent et le suivent.

D'une manière générale, on procédera toujours de cette manière en s'inspirant des nombreux schémas que nous avons publiés dans ces colonnes. La transformation d'un étage final à lampe unique en étage final push-pull exige une transformation importante qui sort du cadre d'une simple modernisation. Remarquer qu'avec une bonne contre réaction, il est possible d'obtenir la haute fidélité même avec une lampe unique en étage final.

### AMELIORATION DES CIRCUITS DE SORTIE

La plus importante amélioration du circuit de sortie, outre le remplacement de la lampe finale qui a été indiqué plus haut, est le remplacement du transformateur de sortie, non seulement par un modèle plus puissant éventuellement, mais aussi de **qualité supérieure**.

On constatera très souvent que même avec un dynamique de prix modéré, la qualité de reproduction est considérablement augmentée.

De plus, un transformateur de sortie possède plusieurs prises au primaire et au secondaire permettant toutes sortes de modifications de l'étage final et le remplacement ultérieur

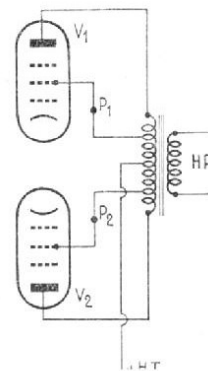


Fig. 8

du dynamique existant par un modèle plus puissant et de qualité supérieure.

Il faut noter que le transformateur de sortie de qualité coûte au moins quelques dizaines de nouveaux francs, mais on gagne des basses et des aiguës qu'un transfo ordinaire ne transmet parfois que modérément.

Nous conseillons l'achat d'un transformateur à plusieurs prises au primaire pour impédances plaque à plaque de 10 000, 6 000 et 4 000 Ω et prises d'écrans pour le montage ultralinéaire. Au secondaire, on prévoira des prises 0-2-4-8-16 Ω et si possible 500 Ω.

Supposons que l'on possède un dynamique de 4 Ω et que l'on veuille monter un second HP de 4 Ω également. On les branchera alors en série sur les prises 0-8 Ω ou en parallèle sur les prises 0-2 Ω, la première solution étant parfois préférable.

Il est déconseillé de brancher un ensemble de haut-parleurs en parallèle entre deux prises autres que 0, par exemple entre 2 et 4 Ω, car le fil de l'enroulement 2-4 est parfois plus fin que celui de l'enroulement 0-2 et n'est pas prévu pour un courant BF élevé, ce qui est le cas dans le branchement de plusieurs haut-parleurs. Attention aussi aux impédances. Entre les prises 2 et 4 Ω, l'impédance est très



inférieure à  $4 \cdot 2 = 2 \Omega$ . Une autre amélioration intéressante du circuit de sortie est l'emploi d'un groupe de plusieurs haut-parleurs : un pour les basses, un pour le médium et un ou deux tweeters pour les aigus. Pour obtenir

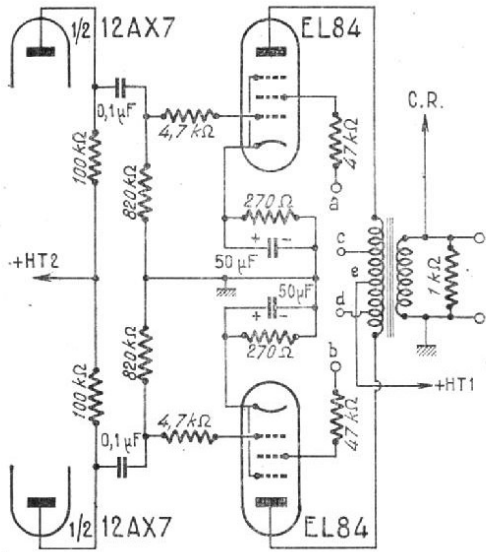


Fig. 9

de bons résultats, il faut se procurer dans le commerce un ensemble complet, généralement assez cher, comportant le transformateur de sortie, les filtres : passe-bas, passe-bande et passe-haut, et bien entendu les haut-parleurs dont les courbes de réponse et les impédances des bobines mobiles correspondent aux caractéristiques des autres éléments de l'ensemble. Les filtres comportent des condensateurs de forte valeur et des self-inductions, c'est-à-dire des bobines dont la construction est délicate. On a donné maintes fois les caractéristiques de ces filtres dans nos colonnes, mais le travail d'amateur ne peut conduire à des résultats vraiment sensationnels.

Plus simplement, on adjoindra un ou deux tweeters au HP normal de l'amplificateur qui, lui-même, doit transmettre de 20 (ou 50) c/s à 8 000 c/s ou plus. Pour le tweeter, on intercalera 2 à 4 µF comme indiqué plus haut dans cette même étude (fig. 2).

### MONTAGE ULTRALINEAIRE

Il s'agit de la contre-réaction par les écrans des lampes finales. La figure 7 montre le montage normal et la figure 8 celui avec contre-réaction de ce genre. Il s'agit de débrancher les écrans des deux lampes en push-pull  $V_1$  et  $V_2$  de la ligne + HT 2 (tension inférieure à celle de la ligne + HT1 alimentant les plaques) et de les connecter aux prises symétriques, prévues sur certains transformateurs de sortie pour ce branchement.

On réduit ainsi la distorsion totale du dernier étage uniquement.

Voici, à titre d'exemple, le montage ultraléaire de deux EL84 en push-pull dont nous donnons le schéma à la figure 9. Ces lampes sont précédées des deux éléments triodes d'une 12AX7 également en push-pull. Il y a contre-réaction entre le secondaire du transformateur de sortie et la cathode de la EF86 qui précède la 12AX7.

Sur le schéma nous avons indiqué les points a à e. En montage normal a, b et e sont reliés ensemble, tandis qu'en montage ultraléaire les branchements sont a-c, b-d. Un commutateur passant de l'un à l'autre montage peut être prévu.

Voici les différences des performances entre les deux montages au tableau I.

La prise d'écran est à 43 % à partir de la prise médiane par rapport à l'extrémité du primaire. On peut réduire ou augmenter la contre-réaction ultraléaire en modifiant les résistances d'écran, l'emplacement de la prise. Une contre-réaction sélective peut être obtenue en shuntant les résistances d'écran ou les fractions de transformateur entre prises, mais ces modifications ne peuvent être entreprises qu'avec des appareils de mesure indiquant les

corrections obtenues dans chaque essai. Le technicien pourra essayer ces montages pour corriger son ensemble BF.

### AMELIORATION DES SOURCES D'ENTREE

Les plus intéressantes sont celles concernant les pick-up et les circuits adaptateurs de diverses sources : micro, radio, pick-up piezo ou céramique, pick-up à réluctance variable, pick-up magnétodynamique.

La figure 10 donne le schéma d'un préamplificateur à une seule lampe EF86 à placer devant un amplificateur convenant normalement à l'attaque par une source radio ou pick-up piezo ou céramique.

Avec toutes les sources, la tension de sortie est de 40 mV. Ce préamplificateur permet de corriger dans les six cas du tableau II.

Dans le schéma de la figure 10, la partie à droite commençant au point a' doit être supprimée si l'appareil qui suit ce montage possède un correcteur basses-aiguës de ce genre.

### REFERENCES

1. Amplificateur figure 1 à lampe 6L6 :

TABLEAU II

Entrée	Contacteur I <sub>1</sub> -I <sub>2</sub> (n°)	Correction
Radio .....	1	radio, PU piezo ou céramique
Micro .....	2	microphone
PU magnétodynamique ..	3	PU disques microsillons
" " ..	4	" " 78 t/mn
PU réluctance variable ..	5	" " microsillons
" " " ..	6	" " 78 t/mn

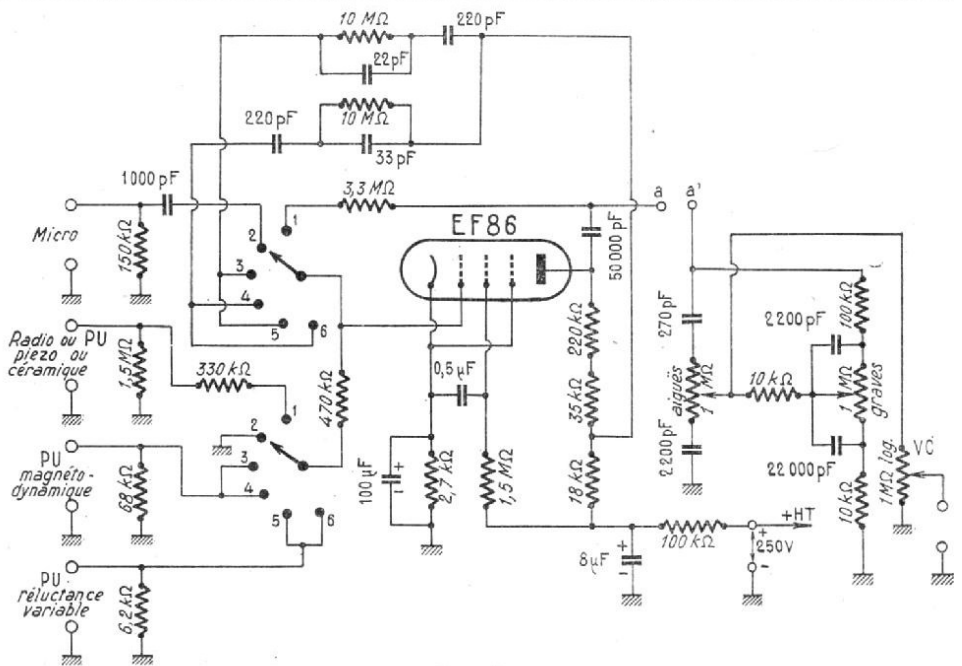


Fig. 10

schéma proposé par la R.C.A. (R.C.A. Receiving tube manual Technical, séries RC 20).

2. Courbes de la figure 4 : celles d'un dispositif Baxandall incorporé dans le préamplificateur de la figure 5.

3. Préamplificateur figure 5 : proposé par G. Slot dans l'ouvrage « Du microphone à l'oreille » (Bibl. techn. Philips, série vulgarisation).

4. Montage adaptateur et préamplificateur figure 6 : P.S. Baxandall Lowcost High Quality Amplifier, édité par Wireless World et Iliffe, Londres.

5. Préamplificateur à plusieurs entrées figure 10 : brochure de La Radiotechnique « Stéréophonie haute qualité ».

TABLEAU I

Type de montage	Normal	Ultraléaire
Puissance modulée .....	10 W	10 W
Puissance surchargée (pointes) .....	14 W	14 W
Distorsion harmonique à 1 000 c/s avec P = 10 W .....	0,3 %	0,1 %
Distorsion d'intermodulation avec P = 10 W 40 c/s-10 kc/s, rapport 4/1 .....	2 %	1 %
Distorsion d'interférence avec P = 10 W 9 kc/s et 10 kc/s, 14 kc/s et 15 kc/s ..	0,25 % 0,4 %	0,25 % 0,35 %