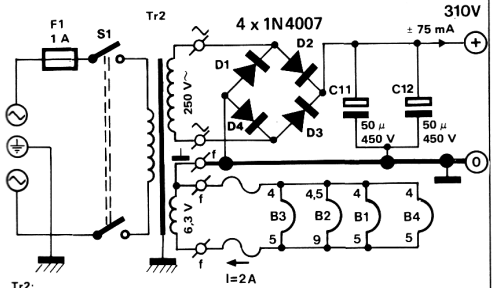
11. Amplificateur HiFi d'une puissance de 10 W

Les lecteurs les plus fidèles d'Elektor ne manqueront pas de reconnaître ce montage : sa description a été publiée dans le magazine en novembre 1984. Il n'a subi que de petites modifications et conserve ses caractéristiques essentielles :

- Puissance nominale :
  10 W sur 4 Ω, 8 Ω ou 16 Ω, moyennant une adaptation du transformateur de sortie
- Puissance maximale : 12 W
- Distorsion : 0,5 % (de 50 Hz à 20 kHz)
- Impédance d'entrée : 1 Ω
- Bande passante :
  20 Hz à 40 kHz ±1 dB à 1 W
- Contre-réaction : environ 26 dB

Le schéma complet est représenté par la figure 11.0. L'étage d'entrée est une pentode EF 86, montée en triode : la grille de suppression est portée au potentiel de la cathode, la grille écran à celui de l'anode. Le gain de cet étage est réglé aux environs de 20 fois. La stabilité est améliorée par le filtre R6/C3 monté en parallèle sur la résistance d'anode R5. Ce réseau augmente le gain pour les fréquences élevées. L'étage déphaseur est couplé en continu, ce qui est possible parce que la grille de commande des ECC 83 est à un potentiel relativement élevé (chute de tension aux bornes de R7). Le couplage en courant continu présente un avantage : le condensateur de couplage disparaît, ce qui améliore la bande passante. Le déphasage est obtenu suivant le principe déjà étudié de la double triode avec couplage par les cathodes. Les deux signaux déphasés commandent les pentodes de puissance EL 84 de la façon habituelle, par les condensateurs de couplage C7 et C8. La tension de polarisation des grilles de commande est obtenue par la chute de tension dans les résistances de cathode, découplées par des condensateurs en parallèle. En principe, une résistance commune aux deux cathodes aurait pu suffire, mais le montage adopté permet d'améliorer la symétrie de fonctionnement de l'étage, si les résistances fixes sont remplacées par des potentiomètres ajustables de 500 Ω. Ce dispositif évite le recours à des tubes appairés. Le circuit imprimé est prévu pour cette option. Le réglage se fera de la façon suivante : les deux potentiomètres seront d'abord réglés à leur valeur maximale. Ensuite l'appareil sera mis sous tension, pour un temps de chauffage de cinq minutes environ, jusqu'à ce que les tubes aient atteint leur équilibre thermique. Les potentiomètres seront ensuite réglés progressivement de façon à amener à 10,4 V la tension entre la cathode de chaque tube et la masse. Le courant d'anode au repos doit alors s'établir à quelque 35 mA. La vérification est simple : couper la tension d'alimentation, interrompre la liaison entre l'anode et le transformateur de sortie, insérer un ampèremètre, rétablir la tension d'alimentation, lire l'intensité, rétablir la liaison. Recommencer pour mesurer l'intensité du deuxième tube. Dans le cas où les deux tubes présentent une intensité différente, l'équilibre peut être rétabli par les potentiomètres des cathodes.



Tr2:
NTR4: 250 V/300 V/130 mA
4 V/ 6,3 V/4,5 A
NTR5: 250 V/350 V/200 mA
6,3 V/4 A

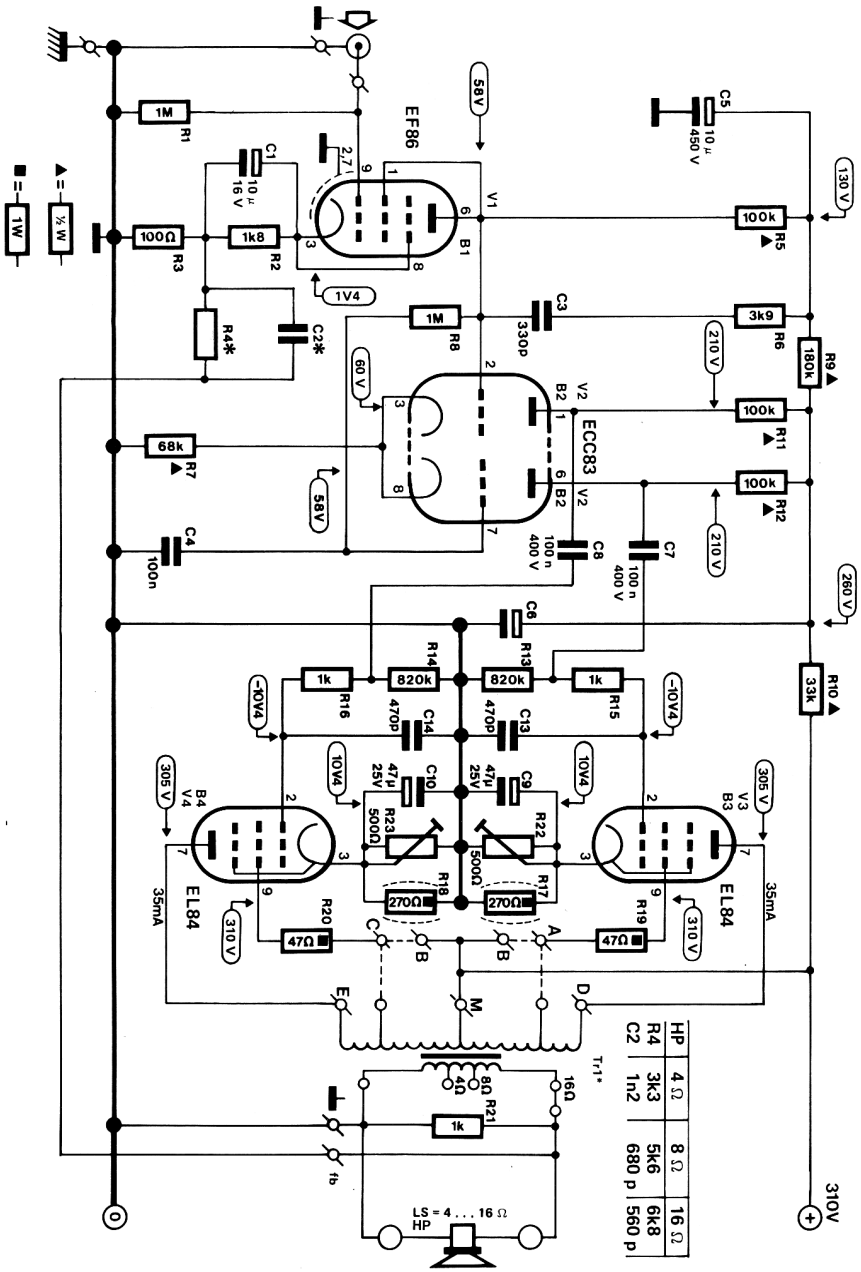


Figure 11.0 - *Le schéma de l'amplificateur de puissance HiFi et son alimentation.*

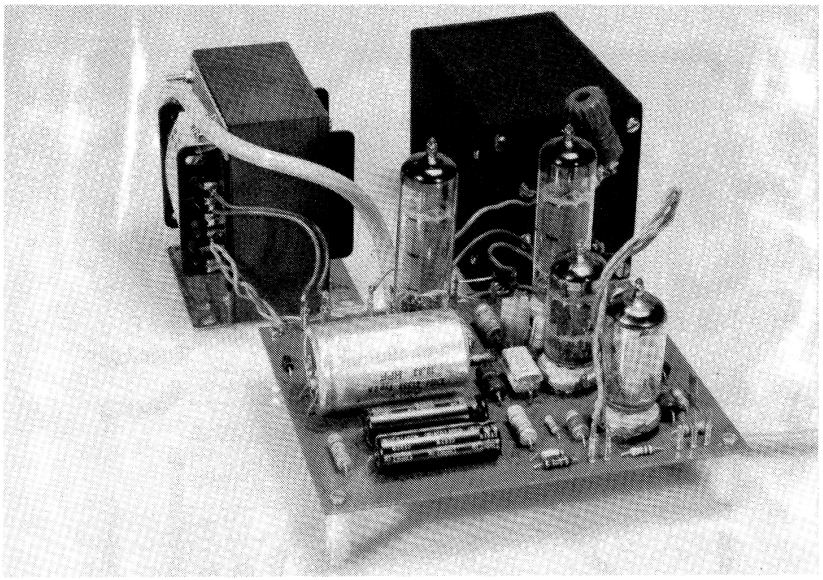


Figure 11.1 - *L'amplificateur terminé.*

Les deux réseaux de filtrage R15/C13 et R16/C14, avec la résistance en série dans le circuit de grille, contribuent à la stabilité de l'étage de sortie en haute fréquence ; de même les résistances R19 et R20, en série dans le circuit de grille écran, limitent les tendances à l'oscillation. Le couplage de l'enroulement primaire permet de choisir entre le mode de fonctionnement standard et le mode ultra-linéaire. Ce dernier mode est préférable, pour sa qualité de reproduction supérieure. Dans ce cas, l'enroulement de grille écran est raccordé à la grille écran, aux points A et C. Si le transformateur de sortie n'a pas de prise, la grille écran sera reliée à la masse (liaisons A-B et B-C).

La tension de contre-réaction est prélevée au point « chaud » de l'enroulement secondaire du transformateur de sortie, pour être injectée par l'intermédiaire de R4 et C2 dans le circuit de cathode de la pentode d'entrée EF 86. Les valeurs de R4 et C2 dépendent de l'impédance du haut-parleur utilisé. Elles seront choisies en fonction du tableau en haut à droite du schéma. Si le point fb (*feedback*) du circuit imprimé est mal raccordé au secondaire du transformateur (point « froid »), l'amplificateur risque d'osciller et le haut-parleur de siffler.

L'alimentation n'appelle pas de commentaire particulier, elle ne comporte qu'un redresseur et un réseau de filtrage ordinaires. Le dessin du circuit imprimé et l'implantation des composants sont représentés à la figure 11.2. L'implantation ne pose pas de problème, à part l'orientation des composants polarisés comme les condensateurs et les diodes de redressement. Les supports de tubes se trouvent aussi avec des picots pour circuit imprimé au lieu des cosses à souder habituelles. Le condensateur double C11/C12 peut être remplacé par un condensateur de 100 µF/450 V. Les deux transformateurs n'ont pas leur place sur le circuit imprimé, ils seront donc raccordés par des fils. Le type des transformateurs est indiqué dans la liste des composants.

Les filaments des tubes ne sont pas reliés à l'enroulement de chauffage par des pistes du circuit imprimé, ils seront raccordés par des fils souples torsadés, à

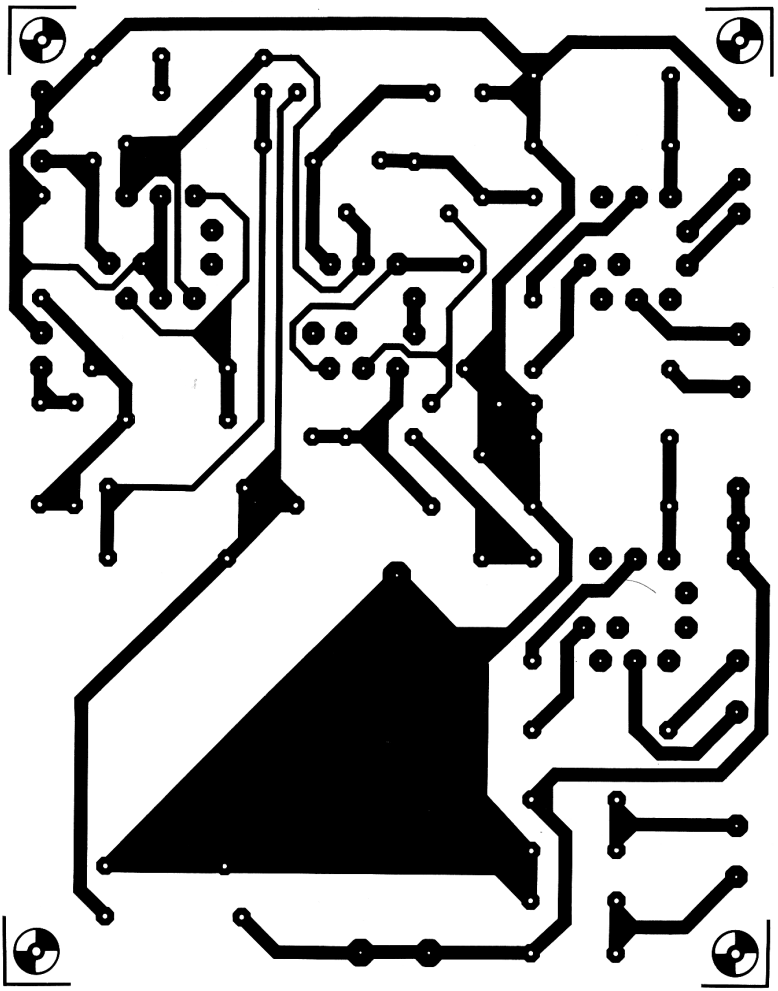
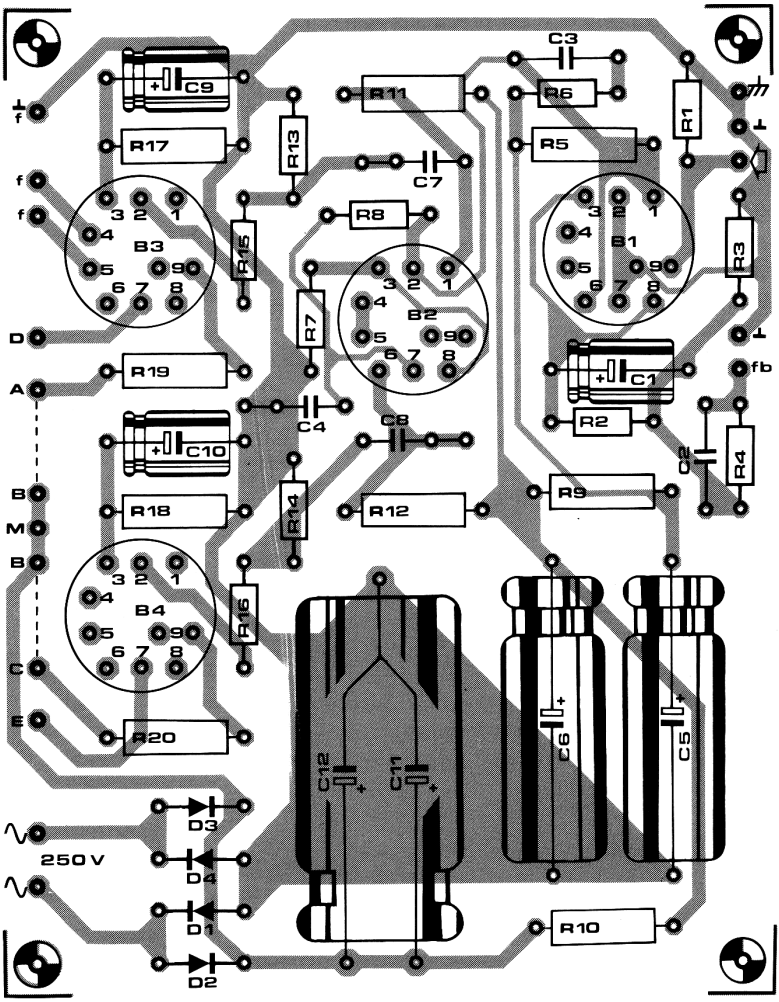


Figure 11.2 - *Le circuit imprimé et l'implantation des composants de l'amplificateur de puissance HiFi. Les potentiomètres R22 et R23 n'ont pas de place prévue mais il n'est pas difficile de les installer à la place des résistances R17 et R18. Il est possible en cas de besoin d'utiliser un morceau de platine perforée et de la raccorder par des fils souples. Les condensateurs C13 et C14 seront montés du côté cuivre du circuit imprimé.*



Les condensateurs C13 et C14 ont été oubliés sur la platine page 152. Il convient de les rajouter en montage volant.

cause des fortes intensités qui circulent. Pour le tube ECC 83, le court-circuit entre les broches 4 et 5 est prévu sur le circuit imprimé. La tension de chauffage est appliquée entre ces deux broches et la broche 9. Pour tous les autres tubes, la tension de chauffage est appliquée entre les broches 4 et 5. Une petite remarque peut-être superflue : les tubes ne doivent être mis en place dans leur support qu'après le travail de soudure.

Pour le choix du coffret, nous ne donnerons que des indications générales. La taille dépend d'abord du choix entre monophonie et stéréophonie. Dans ce dernier cas, tout doit être doublé. De toute façon, le coffret devra être spacieux et solide ; solide parce que les transformateurs sont des composants lourds, spacieux et ventilé parce que le montage dégage de la chaleur.

Si le coffret est métallique, il sera relié à la masse du circuit imprimé. Le signal d'entrée transitera par du fil blindé entre la prise et le circuit imprimé. Toutes les liaisons seront aussi courtes que possible, pour éviter les ronflements.

Liste des composants

Résistances

¼ W sauf indication contraire

R1,R8 = 1 MΩ
R2 = 1,8 kΩ
R3 = 100 Ω
R4 = 3,3 kΩ à 6,8 kΩ
R5,R11,R12 = 100 kΩ ½ W
R6 = 3,9 kΩ
R7 = 68 kΩ ½ W
R9 = 180 kΩ ½ W
R10 = 33 kΩ ½ W
R13,R14 = 820 kΩ
R15,R16 = 1 kΩ couche de carbone
R17,R18 = 270 Ω 1 W couche de carbone
R19,R20 = 47 Ω 1 W couche de carbone
R21 = 1 kΩ ½ W
R22,R23 = potentiomètres ajustables 500 Ω debout

Condensateurs

C1 = 10 µF/16 V
C2 = 560 pF à 1,2 nF styroflex
C3 = 330 pF styroflex
C4,C7,C8 = 100 nF/400V
C5,C6 = 10 µF/450 V (radial)
C9,C10 = 47 µF/25 V
C11,C12 = 50 µF/450 V (même boîtier)
C13,C14 = 500 pF

Semi-conducteurs et tubes

D1 à D4 = 1N4007
B1 = EF 86
B2 = ECC 83
B3,B4 = EL84

Divers

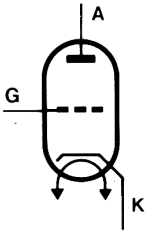
F1 = fusible verre 1A/250 V avec porte-fusible
S1 = interrupteur secteur bipolaire
Tr1 = transformateur de sortie pour 2 EL 84
primaire 2 x 4 kΩ
secondaire 4, 8 ou 16 Ω
Tr2 = transformateur d'alimentation
75 mA, 250 à 300 V
2 A, 6,3 V

Supports noval pour les tubes B1 à B4
Douille CINCH pour l'entrée
2 douilles bananes pour la sortie

Appendice 1

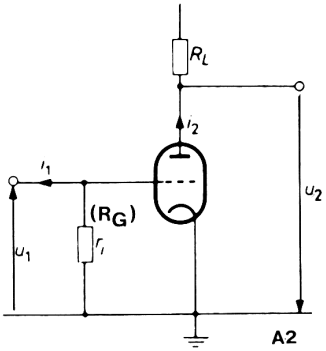
Montages fondamentaux des tubes

Tous les tubes peuvent être ramenés à trois éléments : la cathode, la grille et l'anode. pour chacune de ces électrodes, il existe un montage caractéristique et quelques variantes. En voici quelques exemples.



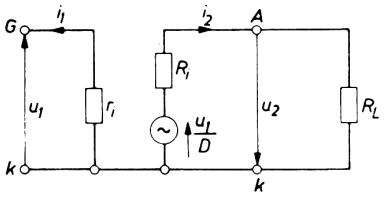
A1

Cathode au sol



A2

R_L = résistance de charge
$r_i = R_G$ = résistance d'entrée
= résistance de grille



Circuit fondamental équivalent

(basses fréquences)

Gain en tension :

$$V_u = S \cdot \frac{R_i \cdot R_L}{R_i + R_L}$$

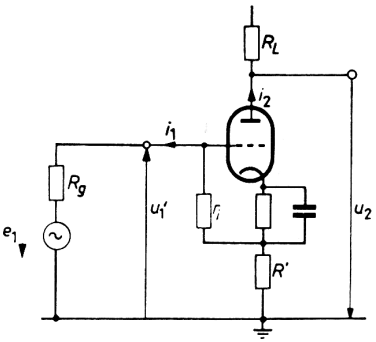
Gain en courant :

$$V_i = V_u \cdot \frac{r_i}{R_L}$$

Amplification en puissance :

$$V_p = V_u \cdot V_i$$

Cathode au sol avec contre-réaction en courant



Condition : $R_g < r_i$

Facteur de contre-réaction :

$$\alpha = \frac{R'}{R_L}$$

Gain en tension :

$$V' = \frac{u_2}{u'_1} = \frac{V_u}{1 + \alpha \cdot V_u}$$

Résistance d'entrée :

$$r'_i = \frac{u'_1}{i_1} = r_i + V_i \cdot R'$$

Gain en courant :

$$V'_i = V_i$$

Pente équivalente :

$$S' = \frac{S}{1 + S \cdot R'}$$

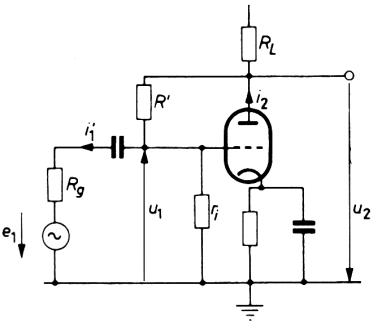
Résistance interne équivalente :

$$R'_i = R_i \, (1 + S \cdot R')$$

Conductance équivalente :

$$D' = D$$

Cathode au sol avec contre-réaction en courant



Condition : $R_g > r'_i$

Facteur de contre-réaction :

$$\alpha = \frac{r_i}{r_i + R'}$$

Gain en tension :

$$V'_u = \frac{u_2}{u_1} = V_u$$

Résistance d'entrée :

$$r'_i = \frac{r_i \,//\, R'}{1 + \alpha \cdot V_u}$$

Gain en courant :

$$V'_i = r_i \,//\, \frac{R'}{1 + V_u}$$

Gain en tension total :

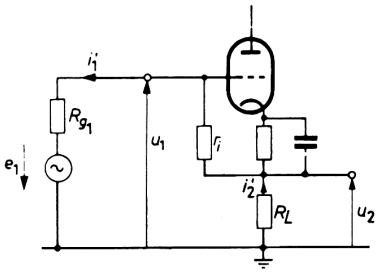
$$V_{u_{tot}} = \frac{u_2}{e_1}$$

$$V_{u_{tot}} = \frac{r_i}{R_g + \dfrac{r_i \,//\, R'}{1 + \alpha \cdot V_u}} \cdot \frac{V_u}{1 + \alpha \cdot V_u}$$

Résistance interne apparente :

$$R_{i_S} = \frac{1}{S} \frac{(R_g \,//\, r_{i_0}) + R'}{R_g \,//\, r_{i_0}}$$

Cathode suiveuse



Gain en tension :

$$V_u = S \frac{R_i \cdot R_L}{R_i + R_L}$$

$$V_{u_{AB}} = \frac{V_u}{1 + V_u}$$

Gain en courant :

$$V_{i_{AB}} = 1 + V_i$$

Résistance d'entrée :

$$r_{i_{AB}} = r_i \, (1 + V_u)$$

Caractéristiques équivalentes :

$$S' \approx S$$

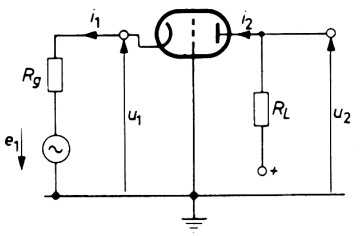
$$R'_i = \frac{1}{S}$$

$$D' \approx 1$$

Résistance interne apparente :

$$R_{i_S} = \frac{1}{S} \frac{r_i + R_g}{r_i}$$

Grille au sol



Gain en tension :

$$V_u = S \cdot \frac{R_i \cdot R_L}{R_i + R_L}$$

$$V_{u_{GB}} = V_u\,(1 + D)$$

Gain en courant :

$$V_i = 1$$

Résistance d'entrée :

$$r_{i_{GB}} = \frac{1}{S}$$

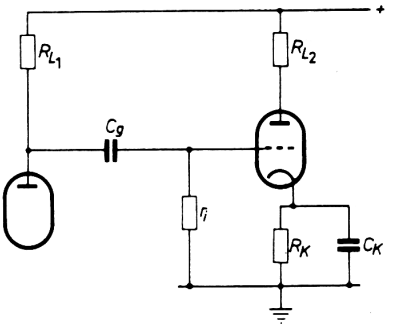
Caractéristiques équivalentes :

$$S' = S\,(1 + D)$$

$$R'_i = R_i$$

$$D' = \frac{D}{1 + D}$$

Condensateur de couplage entre deux étages à tube



Affaiblissement autorisé :

$$s = \frac{V'_u}{V_u}$$

Pour une fréquence inférieure :

$$\omega_u = 2\pi \cdot f_u$$

$$C_g = \frac{1}{\omega_u \cdot r_i} \sqrt{\frac{s^2}{(1 - s^2)}}$$

Fréquence de coupure basse (s = 0,7) :

$$\omega_{u_g} = \frac{1}{C_g \cdot r_i}$$

$$C_K = \frac{s}{\omega_u} \sqrt{\frac{(S + \frac{1}{R_K})^2 - (\frac{1}{R_K \cdot s})^2}{1 - s^2}}$$

C_K = condensateur de cathode.

Appendice 2

Courbes caractéristiques des tubes

Les fabricants représentent la relation entre les courants et les tensions graphiquement, car des courbes caractéristiques donnent une bonne représentation visuelle du comportement des composants, des tubes dans notre cas. La caractéristique de la diode, par exemple, est relativement simple, elle représente le rapport entre le courant d'anode et la tension d'anode.

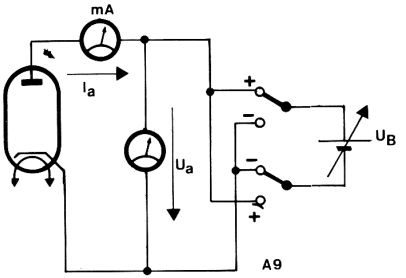


Figure A9

Cette courbe peut être relevée à l'aide du circuit de mesure dont le principe est celui de la figure A9. Il comporte une diode à vide reliée par un ampèremètre à une source de tension réglable. Pour la position de l'inverseur telle qu'elle est représentée, la diode est polarisée dans le sens passant et un courant d'anode peut circuler. Plus la tension d'anode est élevée, plus le courant est intense. Ce comportement est représenté par la courbe de la figure A10. Pour une tension d'anode nulle, il ne circule qu'un courant très faible, c'est le courant dit de démarrage. Pour une tension d'anode croissante, le courant d'anode croît d'abord de façon non linéaire. Ensuite la progression est linéaire, comme le montre la courbe. La plage de fonctionnement se situe dans la partie droite (X). Au-delà de cette plage, la courbe est à nouveau tordue. Cette plage, la plage de saturation, ne convient pas à l'utilisation du tube. Malgré l'augmentation de la tension, il n'y a pas de libération d'électrons supplémentaires. De plus le tube peut se trouver endommagé par le fonctionnement dans la plage de saturation.

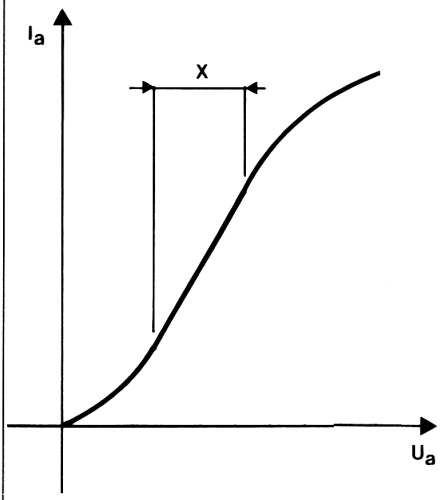


Figure A10

Si on inverse la polarité de la tension appliquée au tube, simplement par la manœuvre du double inverseur, le courant ne peut plus circuler, puisque les électrons sont repoussés par l'anode devenue négative.

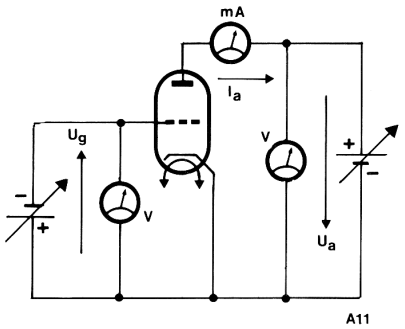


Figure A11

Pour une triode, la courbe prend un autre aspect. On ne parle plus de courbe carac-

téristique, mais d'un réseau de courbes caractéristiques, à cause de la grille de commande de la triode.

La figure A11 montre le principe d'un dispositif de mesure. Dans ce montage, l'électrode de commande, la grille, est soumise à une tension négative. La tension d'anode est appliquée comme à la diode. Pour les mesures, ces deux tensions sont réglables.

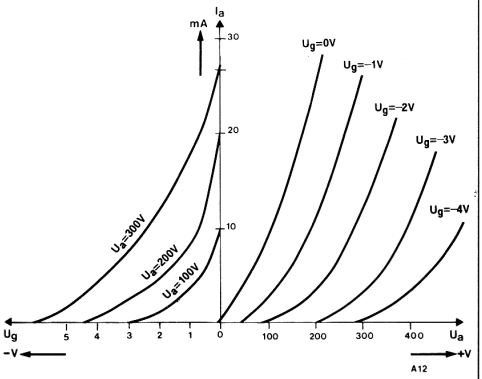


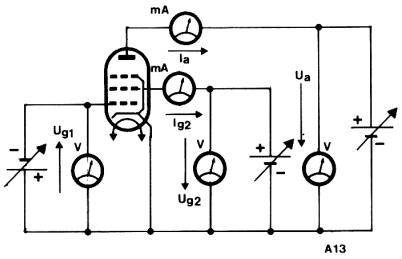
Figure A12

Le réseau de courbes de la figure A12 montre deux relations :

- le courant d'anode sous une tension d'anode constante en fonction d'une tension de grille variable (partie gauche du réseau)
- le courant d'anode en fonction de la tension d'anode pour une tension de grille constante.

La tension de grille de la triode pilote le courant d'anode, c'est-à-dire qu'une faible variation de la tension de grille provoque une variation importante du courant d'anode. C'est ce qui ressort de la partie gauche du réseau de courbes. Prenons l'exemple d'une tension d'anode constante de 200 V. Une tension de grille de 1 V laisse circuler un courant d'anode relativement important. Si la tension de grille augmente (en valeur absolue), le courant d'anode diminue. Cette partie du réseau de courbes contient un autre enseignement. Si la tension de grille diminue, si elle tend vers zéro, le courant d'anode augmente d'abord lentement, puis de plus en plus vite. La partie droite du réseau représente la relation entre le courant d'anode et la tension d'anode pour cinq valeurs constantes différentes de la tension de grille. Il est évident que pour les tensions de grille les plus faibles, une variation relativement faible de la valeur suffit à produire une forte variation du courant d'anode. On remarque aussi que pour une tension de grille faible, un courant d'anode relativement important peut circuler sous une tension d'anode faible.

Le réseau de courbes caractéristiques d'une pentode a encore un aspect différent, tout au moins dans sa partie droite. Cela tient à la fois à la grille de suppression et à la grille écran. Elles augmentent la résistance interne du tube, si bien que les variations de la tension d'anode n'ont quasiment plus d'effet sur le courant d'anode. Dans le montage de test de la figure A13, la grille d'arrêt (ou de suppression) est court-circuitée avec la cathode.



U_{g1}= tension de la grille de commande

U_{g2}= tension de la grille écran

I_{g2}= tension de la grille d'arrêt

Figure A13

Dans chaque courbe de la figure A14, deux grandeurs sont constantes : dans la partie gauche, ce sont les tensions de la grille écran et de l'anode. Les courbes en traits pleins illustrent la relation entre la tension de la grille de commande, les courbes en pointillés la relation entre le courant de grille écran et la tension de la grille de commande.

Un courant d'anode donné circule pour une tension négative donnée de la grille de commande (partie gauche du réseau de courbes). Quand la tension de commande diminue, le courant d'anode augmente, d'abord faiblement, ensuite plus fortement. L'augmentation du courant de grille écran est beaucoup plus faible.

Dans la partie droite du réseau, la tension de la grille écran est constante. Les courbes représentent le rapport entre le courant d'anode et la tension d'anode pour différentes valeurs de la tension de la grille de commande. Le courant d'anode augmente relativement vite (voir la caractéristique), même pour une tension d'anode relativement faible. Après la montée rapide, la courbe s'aplatit tout aussi rapidement et la tension d'anode n'a plus guère d'influence sur le courant d'anode.

Nous pouvons maintenant déduire de ces courbes les caractéristiques essentielles des tubes. Il manque encore quelques valeurs statiques qui jouent un rôle décisif dans le calcul et la conception des schémas.

La **pente**, S, est une mesure de l'effet de commande de la grille. La pente est le quotient de la variation du courant d'anode par la variation de la tension de grille.

La **résistance interne**, R_i, est indispensable pour le calcul du gain. C'est le quotient de la variation de la tension d'anode par la variation du courant, pour une tension de grille constante.

L'**amplification à vide**, μ, est la valeur maximale du gain d'un tube. C'est le rapport entre la variation de la tension d'anode et la variation de la tension de grille.

La **conductance**, D, est l'inverse de l'amplification. Avec les caractéristiques de pente et de résistance interne, elle constitue l'équation de Barkhausen :

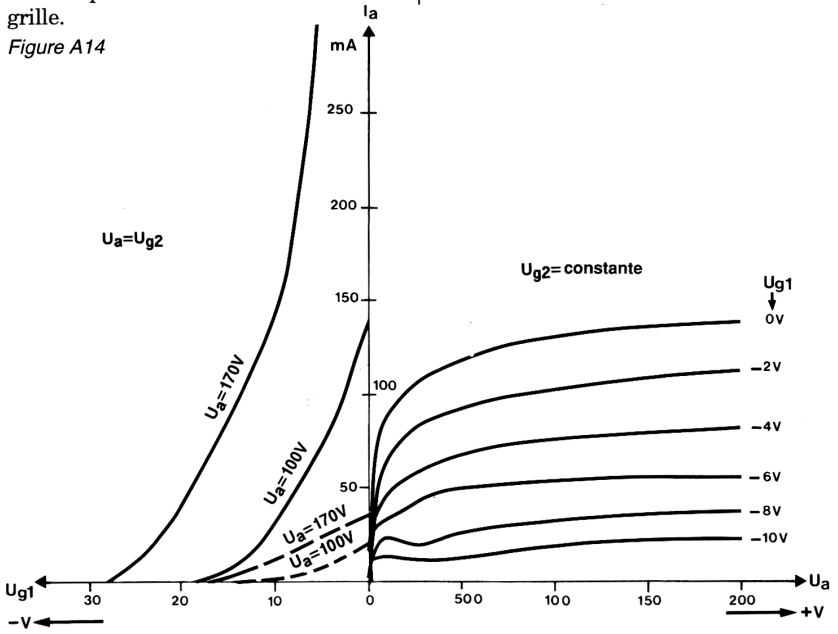
$$S \cdot D \cdot R_i = 1$$

Pour conclure, il reste à signaler qu'il existe, en plus des diodes, triodes, tétrodes et pentodes, d'autres sortes de tubes :

- hexode (six électrodes)
- heptode (sept électrodes)
- octode (huit électrodes)
- enneode (neuf électrodes)

Aucun de ces types n'est courant, mais il y a des applications dans lesquelles le courant d'anode doit être piloté par plusieurs tensions alternatives. Pour cela il faut des tubes avec plusieurs grilles de commande.

Figure A14



Appendice 3

Le transformateur de sortie

Le transformateur de sortie est un constituant essentiel de la plupart des étages de puissance à tubes. C'est pourtant un composant sur lequel on sait relativement peu de choses. Les lignes qui suivent tenteront de changer cet état de fait.

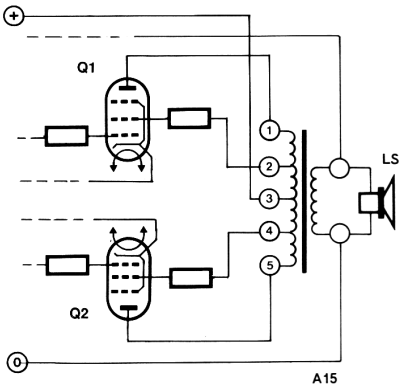


Figure A15

La figure A15 représente le schéma de principe d'un étage de sortie en *push-pull* typique, équipé de deux pentodes. L'anode de chaque tube est raccordée à une extrémité d'enroulement du transformateur de sortie, aux bornes 1 et 5. Le transformateur comporte en outre des prises spéciales pour les grilles écrans. Elles sont indispensables dans le cas d'un montage ultra-linéaire. Ces prises, aux bornes 2 et 4, sont raccordées aux grilles écrans par des résistances, comme sur le schéma de principe. La borne 3 du primaire est connectée à la source de tension d'alimentation à haute tension.

Du côté secondaire se trouvent les prises du haut-parleur et de la contre-réaction.

Voilà pour le décor dressé ; passons à l'acteur, le transformateur lui-même, tel qu'il est représenté à la figure A16. Tous ses enroulements sont calculés pour un étage de sortie d'une puissance de 20 W avec deux pentodes EL 34. Il est évident que les enroulements w1 à w5 et w6 à w10 sont connectés en série, le deuxième groupe est bobiné en sens inverse du premier. Les bornes du primaire, de 1 à 5, sont représentées aussi.

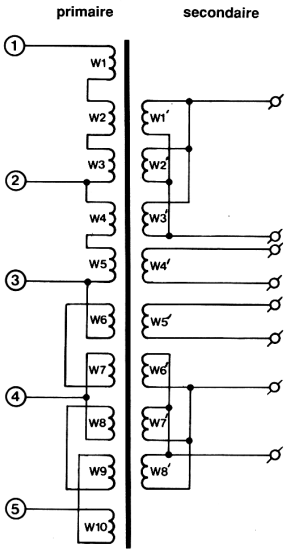


Figure A16

Le côté secondaire comporte huit enroulements ; w1' à w3' et w6' à w8' sont connectés en parallèle. Ces derniers enroulements sont bobinés en sens inverse des premiers. Les enroulements w4' et w5' sont totalement accessibles.

Si vous voulez construire un transformateur, il vous faut les caractéristiques détaillées ; les voici :

Impédances de sortie possibles :
6 à 8 W et 12 à 16 W.

Inductance du primaire :
72 H sous 5 V/50 Hz
120 H sous 10 V/50 Hz

Inductance parasite :
8 mH avec le secondaire en court-circuit
6 mH avec un demi-primaire en court-circuit

Résistance en courant continu :
310 Ω (primaire)
0,45 Ω (secondaire 12 à 16 Ω)
0,18 Ω (secondaire 6 à 8 Ω)

Les caractéristiques pratiques du

noyau et des bobinages sont les suivantes :

Noyau EI, tôle standard
Dimensions : 150 x 125 mm
(voir la figure A17)
Largeur de la jambe médiane : 50 mm
Assemblage sans entrefer
Épaisseur d'empilement : 50 mm
Section : 25 cm^2

La disposition des bobinages n'est pas indifférente. La carcasse comporte deux caniveaux. Chaque caniveau contiendra cinq enroulements primaires, w1 à w5 d'un côté, w2 à w6 de l'autre. Les enroulements secondaires seront imbriqués entre les enroulements primaires. Tous les enroulements commenceront du même côté, dans l'ordre et avec les nombres de spires indiqués à la figure A19, la colonne de gauche correspond à un caniveau, la colonne de droite à l'autre caniveau. Le tableau indique aussi le diamètre du fil et le nombre de couches. Les couches successives de fil de cuivre émaillé sont isolées par du papier ou du carton bakélisé.

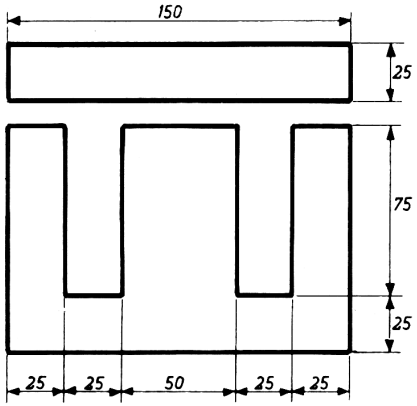


Figure A17

Il reste à examiner le raccordement des enroulements secondaires. Il se fera, suivant l'impédance du haut-parleur, selon la figure A18 ou selon la figure A19. Dans le premier cas, pour une impédance de sortie de 6 à 8 Ω, trois enroulements connectés en parallèle par construction sont mis en parallèle avec un des enroulements isolés : w1' à w3' en parallèle avec w4', w6' à w8' en parallèle avec w5'. L'un ou l'autre des groupes de quatre enroulements en parallèle peut alimenter un haut-parleur de 8 Ω d'impédance.

Dans le deuxième cas, pour un haut-parleur de 12 à 16 Ω, le câblage est celui de la figure A19. Les deux groupes de trois enroulements en parallèle sont connectés en série, les deux enroulements isolés, w4' et w5, sont mis en parallèle et connectés en série avec les deux autres groupes.

Naturellement, tous les transformateurs ne sont pas aussi compliqués, il en existe avec moins d'enroulements. Cependant il ne s'agit en aucun cas de transformateurs ordinaires.

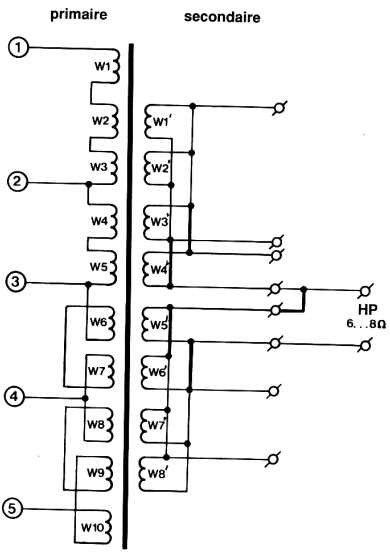


Figure A18

Enroulement	Nombre de spires	Diamètre du fil (mm)	Largeur de l'enroulement	Nombre de couches
w1, w10	380	0,28	32	4
w1', w8'	60	1,0	33	2
w2, w9	380	0,28	32	4
w2', w7'	60	1,0	33	2
w3, w8	380	0,28	32	4
w3', w6'	60	1,0	33	2
w4, w7	380	0,28	32	4
w4', w5'	60	1,0	33	2
w5, w6	380	0,28	32	4

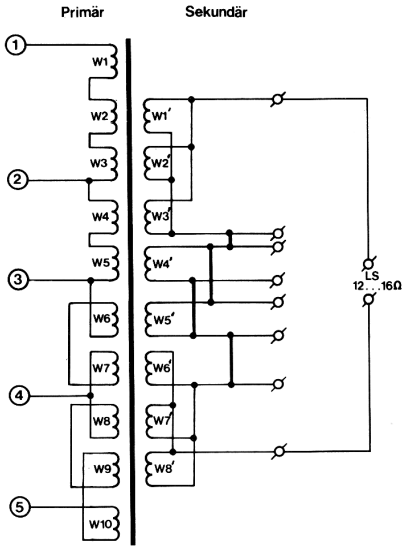


Figure A19

Appendice 4

Étages de sortie à tubes sans transformateur de sortie

Contrairement à l'idée reçue, les étages de sortie à tubes sans transformateur de sortie sont réalisables. Cependant, il comportent un inconvénient de taille : ils ne sont possibles qu'avec des haut-parleurs à forte impédance. Au nombre des avantages, il reste la réduction des coûts de fabrication et l'augmentation de la puissance de sortie, comparée au dispositif habituel en classe A.

La conception d'un étage de sortie sans transformateur est représentée par la figure A20. Les explications seront brèves. La double triode de l'étage d'entrée fonctionne en préamplificateur et en déphaseur. L'étage *push-pull* est équipé de deux pentodes. Le problème dans les étages sans transformateur de sortie est celui de l'alimentation de la grille écran. Cette tâche est confiée ici à la double bobine L1/L2. Pour éviter la magnétisation par un courant continu, les deux enroulements sont bobinés (ou connectés) en sens inverse. L'absence de transformateur impose la présence du condensateur C9 pour supprimer la composante continue de la tension appliquée au haut-parleur.

En-dehors de cela, l'étage de sortie sans transformateur ne se distingue guère des conceptions standard. La différence tient dans le montage du tube « inférieur ». La résistance de cathode R11 et celle de grille

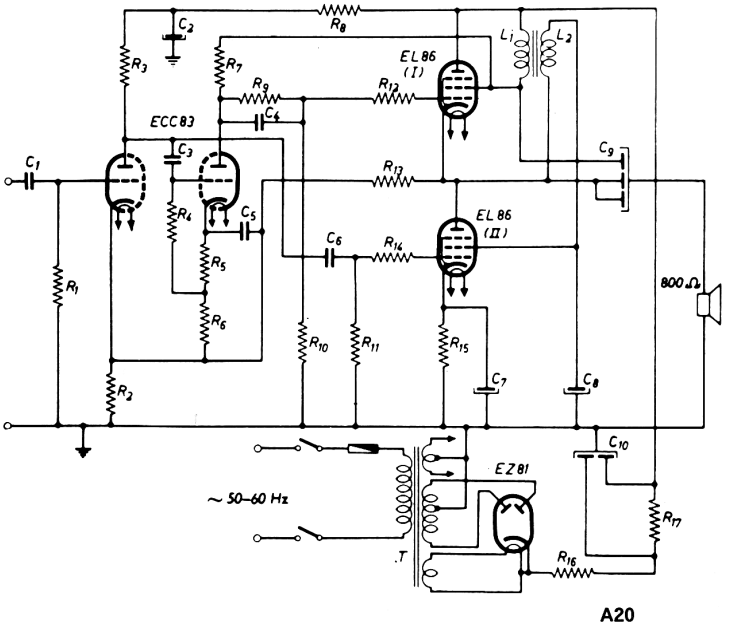


Figure A20

R15 produisent la tension de polarisation négative de la grille.

L'élaboration de la tension de grille écran est possible aussi suivant le principe de la figure A21. Ce montage se passe de la double bobine de la figure A20. La tension de la grille écran du tube Q1 est prélevée sur la résistance R41. La deuxième différence tient au condensateur de découplage en continu de la sortie. Dans le cas de la figure A20, il s'agit d'un condensateur triple C9, alors que le montage de la figure A20 se contente d'un condensateur double, plus facile à trouver dans le commerce. Le reste du montage est identique.

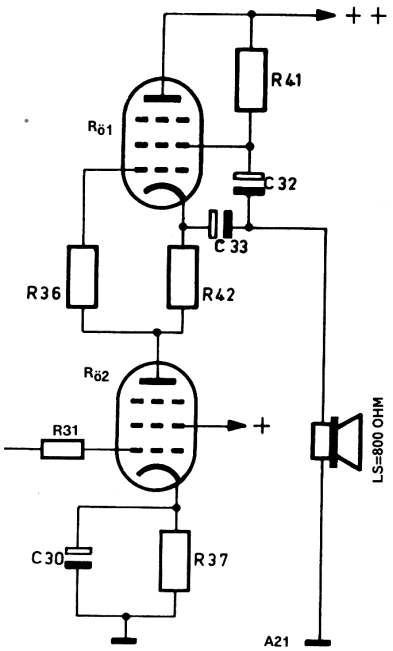


Figure A21

SW-05B x 12
SM-150A
SM-150C x 2
6267
12AU7
6BQ5 x 2
50H-B26 x 10
AC OUTLET
AC LINE
10A FUSE
BALANCE METER
FUSE 3A
OUT PUT
LOW CUT
FLAT

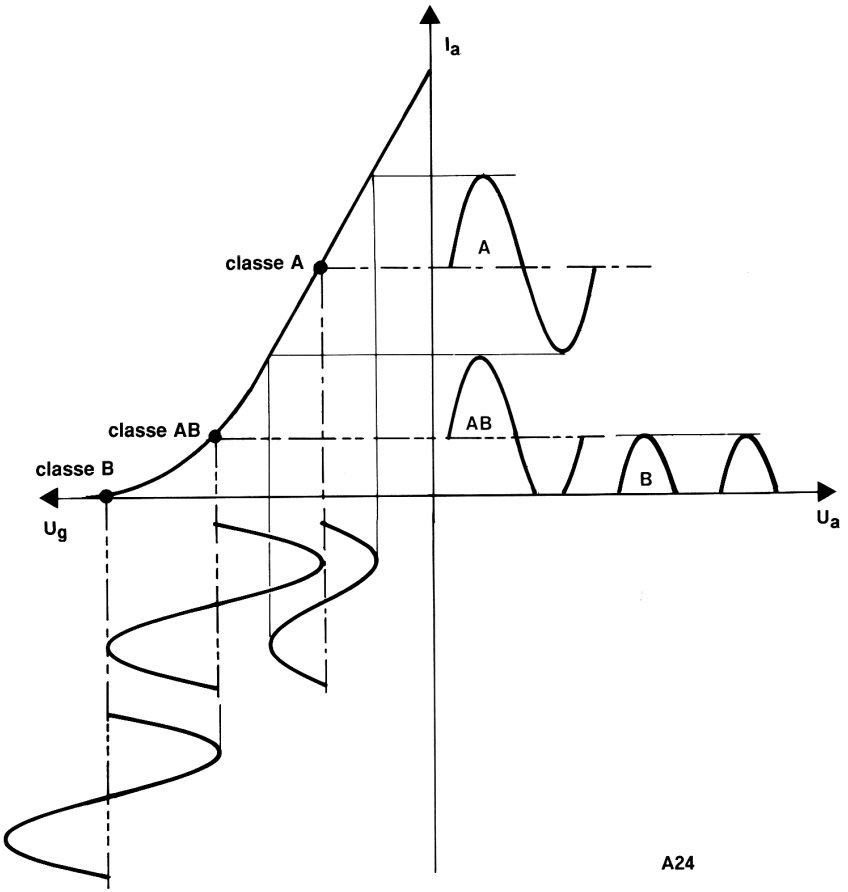
Figure A22

de puissance se fait au détriment de la qualité.

Les tubes AX 50, hachurés sur le schéma, sont des modèles à gaz, qui peuvent supporter des courants et des tensions élevés. Ils sont comparables aux diodes de redressement au silicium de type BY 127. Elles supportent une tension inverse de 1250 V, un courant permanent de 1 A, des pointes brèves de 40 A.

Quelques considérations comparatives sur le mode de fonctionnement des étages de sortie : les classes A, AB et B se distinguent par la tension de polarisation de la grille de commande, donc par le choix du point de fonctionnement. La figure A24 montre les courbes caractéristiques de I_a en fonction de U_g pour trois points de fonctionnement différents. Si le point de fonctionnement se trouve sur la partie rectiligne de la courbe caractéristique, à peu près au milieu, il s'agit du mode de fonctionnement en classe A. La puissance disponible n'est pas très importante, mais les distorsions sont minimales. On

Figure A24



obtient une puissance plus importante si l'amplificateur travaille en classe AB. Dans ce cas, le point de fonctionnement ne se trouve plus dans la partie linéaire de la courbe. L'excursion maximale augmente, de même que la puissance. En classe B, l'amplificateur travaille dans la partie la plus courbée de la caractéristique. La puissance augmente encore, puisque l'excursion est maximale, malheureusement les distorsions augmentent aussi.

Les deux pages qui suivent deux amplificateurs de puissance en classe AB. Celui de la figure A25 utilise quatre pentodes. Deux d'entre elles traitent les alternances positives, les deux autres l'alternance négative du signal. Le fonctionnement en classe AB limite la puissance, mais les pentodes en parallèle lui permettent tout de même d'atteindre 70 W. L'amplificateur de la figure A26, lui aussi en classe AB, n'utilise que deux pentodes, pour une puissance de 35 W. La qualité de ces deux amplificateurs, du fait de leur fonctionnement en classe AB, est supérieure à celle de l'amplificateur de 100 W en classe B de la figure A23.

Figure A25

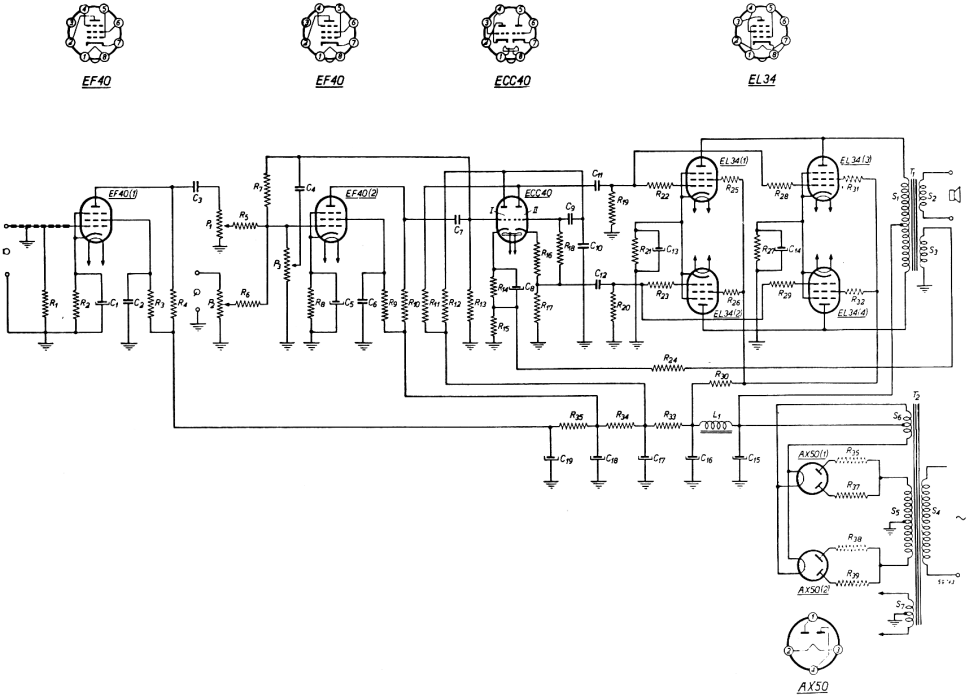
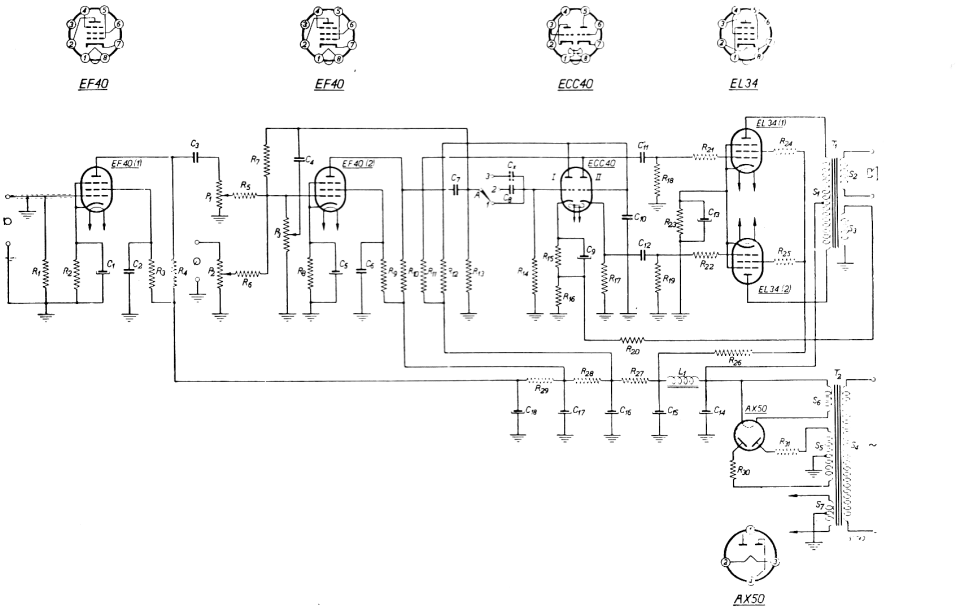



Figure A26