

TUBES POUR AMPLIFICATEURS B.F.

COMPORTANT
8 PROJETS
DÉTAILLÉS



par
E. RODENHUIS

SERIE DIVULGATION
BIBLIOTHEQUE TECHNIQUE PHILIPS



TUBES POUR
AMPLIFICATEURS B.F.

Dépositaire Général pour la France, l'Union Française
et les Territoires sous mandat français



92, Rue Bonaparte - Paris VI
Compte Courant Postal Paris 75-45

TUBES POUR AMPLIFICATEURS B.F.

C.D.U. 621.375.2.029.4

par

E. RODENHUIS

1955

BIBLIOTHÈQUE TECHNIQUE PHILIPS
SÉRIE VULGARISATION

Traduit par
G. de Brabander, Ing. E.S.E.P.
R. Aronssohn — Paris

Note de l'Éditeur:
Cet ouvrage a été publié en
français, anglais et néerlandais.
Une édition allemande est en préparation.

Tous droits réservés
Copyright N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
Eindhoven, Hollande

Les particularités et schémas figurant dans le présent ouvrage
sont donnés sans la moindre garantie quant aux droits de brevets.

Imprimé aux Pays-Bas

PRÉFACE

Les amplificateurs B.F. trouvent de jour en jour des applications plus nombreuses. On les emploie, non seulement en combinaison avec des pick-ups et des microphones, mais encore pour l'enregistrement sur bande ou sur fil, pour l'amplification d'instruments à cordes, et la modulation des émetteurs, etc.

On trouve dans le commerce des amplificateurs de qualité. Cependant, nombreux sont les amateurs qui désirent construire eux-mêmes leurs appareils. Ce livre a été rédigé à l'intention de cette catégorie de techniciens, soit qu'ils construisent des amplificateurs d'un point de vue plus ou moins professionnel, soit qu'ils s'occupent, en amateurs, de cette technique intéressante. Asses souvent, on suit pour la construction d'un amplificateur à basse fréquence la description du montage d'un certain modèle. Elle est parfois accompagnée d'un schéma de câblage assez exact. S'il est copié bien fidèlement, il permet d'obtenir un résultat suffisant dans la majorité des cas. Toutefois, si l'on pose des exigences plus sévères, le projet ne donne plus la même satisfaction et il faut savoir le modifier dans le sens convenable.

Le montage d'amplificateurs devient beaucoup plus instructif dès que l'on peut se passer du schéma de câblage et que l'on se sent capable de construire un amplificateur en partant, uniquement, de son schéma de principe. On n'est alors plus lié à une disposition déterminée des pièces constitutives et l'on peut, si cela devient nécessaire, modifier le schéma à volonté.

Si l'on dispose d'une certaine réserve de pièces détachées, on peut se proposer d'étudier le projet de l'amplificateur pour utiliser ces pièces au mieux. Il est parfois impératif de recourir à cette façon de procéder pour des raisons de pure économie.

Le montage, en partant d'un schéma de câblage, présente aussi un autre inconvénient: un tel schéma est dessiné sur un plan et ne présente que deux dimensions. Or, l'espace au-dessous du châssis a, en fait, trois dimensions. Par la représentation projective du châssis vu d'au dessous, il n'est pas possible de se rendre compte de la position exacte des connexions dans le sens de la hauteur. Or, dans certaines circonstances, la disposition relative des divers fils du câblage présente une importance particulière.

Le montage d'un amplificateur doit être rationnel et la construction faite en suivant un plan parfaitement délimité par avance n'est pas de nature à développer l'initiative du constructeur. Pour avoir des idées précises sur la construction des divers types d'amplificateurs, il convient d'acquérir une expérience personnelle. Il est très utile, pour cela, de bénéficier de l'expérience d'autrui.

Ce livre communique au lecteur tous ces résultats pratiques et le stimule dans son désir d'expérimentation. Il contient des notions générales relatives à la construction d'amplificateurs, et des instructions complètes pour l'interprétation des caractéris-

tiques techniques des tubes. Il décrit le fonctionnement des différents étages d'un appareil et, enfin, il présente huit descriptions détaillées d'amplificateurs qui pourront servir d'exemples pour la construction. Il met à la disposition du lecteur une grande somme de renseignements, de résultats d'expériences et de mesures et un grand nombre de nouveaux montages, parfaitement éprouvés. Les différents sujets ont été traités ici d'un point de vue essentiellement pratique.

Des considérations et des développements théoriques n'auraient pas trouvé place dans ce livre.

Le lecteur qui désirera augmenter par la suite ses connaissances théoriques dans ce domaine pourra consulter avec profit les ouvrages parus dans la Bibliothèque Technique Philips, e.a.:

Tome I. Bases de la technique des tubes de radio, par M. l'ingénieur Deketh; Tome V. La deuxième partie de la trilogie: Utilisation du tube Electronique dans les appareils récepteurs et amplificateurs (Amplification B.F., amplification de sortie et alimentation) par M. le Dr. B. G. Dammers; M. l'ingénieur J. Haantjes, M. J. Otto et M. l'ingénieur en chef H. van Suchtelen.

L'auteur a largement utilisé ces ouvrages pour sa part. Bien que ce livre ne soit pas écrit à son intention, le constructeur professionnel y trouvera des renseignements pratiques, parfois fort utiles, au cours de ses études de projets d'amplificateurs.

E. RODENHUIS

TABLE DES MATIÈRES

Préface	V
Chapitre I. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES AU SUJET DE LA CONSTRUCTION D'AMPLIFICATEURS B.F.	1
1. Disposition des pièces détachées sur le châssis	1
2. Montage et câblage	4
3. Résumé des recommandations générales	9
Chapitre II. LES TUBES UTILISÉS AUX DIFFÉRENTS ÉTAGES	10
1. Tubes préamplificateurs	11
2. Tubes inverseurs de phase	12
3. Tubes de puissance	13
4. Tubes redresseurs	14
Chapitre III. DESCRIPTION DES TUBES EF 40, EF 86, ECC 40, ECC 83, EL 34 et EL 84	16
Le tube EF 40, penthode pour basse fréquence, à faible niveau de bruit	16
Données techniques concernant la penthode B.F. EF 40	19
Le tube EF 86, penthode pour basse fréquence, à faible niveau de bruit	23
Données techniques concernant la penthode B.F. EF 86	23
La double triode ECC 40	25
Données techniques concernant la double triode ECC 40	26
La double triode ECC 83	35
Données techniques concernant la double triode ECC 83	36
La penthode de sortie EL 34	41
Données techniques concernant la penthode EL 34	43
La penthode de sortie EL 84	54
Données techniques concernant la penthode de sortie EL 84	54
Tube redresseur biplaque à vide GZ 32	64
Le tube redresseur à vide GZ 34	67
Chapitre IV. CONSEILS PRATIQUES RELATIFS À L'UTILISATION DES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES TUBES	71
Chapitre V. PIÈCES DÉTACHÉES ET MONTAGES UTILISÉS	74
1. Contre-réaction	74
2. Contre-réaction dont l'importance dépend de la fréquence	75
3. Réglages de tonalité	76
4. Le transformateur de sortie	76
5. L'entrée d'un amplificateur et le réglage de la puissance	78
6. Microphones, pick-ups et haut-parleurs	81

Chapitre VI. DESCRIPTIONS DE QUELQUES SCHÉMAS D'AMPLIFICATEURS	89
1. Un amplificateur de pick-up de 3 watts	89
2. Amplificateur à haute fidélité équipé de deux tubes EL 84 en push-pull	94
3. Un amplificateur de 10 watts comprenant un tube EL 34 fonctionnant en classe A	104
4. Un amplificateur de 15 watts, pour alimentation sur réseau continu ou alternatif, avec deux tubes PL 81 en push-pull, classe B	111
5. Un amplificateur de 35 watts avec deux tubes EL 34 en push-pull, classe AB	119
6. Un amplificateur de qualité de 35 watts, avec deux tubes EL 34 en push-pull, classe AB	127
7. Un amplificateur de qualité de 70 watts, utilisant 4 tubes EL 34 en push-pull classe AB	133
8. Un amplificateur de 100 watts avec deux tubes EL 34 en push-pull, classe B	138
Appendice: Principaux tubes susceptibles d'être utilisés dans les amplificateurs de basse fréquence	147

CHAPITRE I

CONSEILS GÉNÉRAUX POUR LA CONSTRUCTION D'AMPLIFICATEURS B.F.

1. Disposition des pièces détachées sur le châssis

Le ronflement est l'ennemi numéro 1 du constructeur d'amplificateurs B.F. L'amplification B.F. d'un amplificateur microphonique est souvent plusieurs centaines de fois supérieure à celle d'un appareil récepteur. L'influence du ronflement est donc autant de fois plus grande. Si les tubes ont été bien choisis, ils ne sont pas en cause, et l'on peut alors considérer que le ronflement provient, en général, d'un mauvais filtrage ou d'une induction entre circuits.

Pour avoir un minimum de ronflement dû aux inductions, il y a lieu de disposer les pièces détachées, les unes par rapport aux autres, d'une façon logique. En général, on place les pièces constituant d'un amplificateur B.F. dans l'ordre indiqué par le schéma de principe, et, en général, de gauche à droite. On utilisera de préférence un châssis long et étroit. Un exemple en est donné à la fig. 1. On y trouve l'entrée (1) et le tube préamplificateur (3), tout à fait à gauche. Le transformateur d'alimentation (11) se trouve à l'extrême droite. Si les dimensions de la self de filtrage le permettent, on la montera en général au-dessous du châssis et au voisinage du transformateur d'alimentation. Si cette disposition ne peut être réalisée, il faut monter la self au-dessus du châssis, son noyau étant alors, si possible, perpendiculaire à celui du transformateur d'alimentation.

Le transformateur de sortie (10) est le plus souvent monté sur le châssis. Son noyau doit être perpendiculaire à celui du transformateur d'alimentation. Quand le transformateur de sortie, la self de filtrage et le transformateur d'alimentation sont disposés tous les trois au-dessus du châssis, il est nécessaire, dans ce cas, de monter horizontalement le noyau d'une de ces pièces, afin d'avoir les trois noyaux perpendiculaires les uns aux autres. Il convient d'éloigner le transformateur de sortie des circuits d'entrée. On remarque que l'influence du ronflement induit dans ce transformateur est relativement minime, puisqu'il n'est suivi d'aucun étage d'amplification. Le transformateur de sortie peut donc être monté, sans inconvénient, dans le voisinage de celui qui sert à l'alimentation, pourvu que les deux noyaux soient perpendiculaires. Si le transformateur de sortie produit une induction sur le circuit d'entrée, elle peut donner lieu à des oscillations, l'amplification totale entre le circuit d'entrée et le circuit de sortie pouvant devenir très grande.

Nous allons illustrer cela à l'aide d'un exemple numérique:

Supposons que l'amplification du préamplificateur atteigne 200, et que celle de l'étage intermédiaire soit de 30, l'amplification de tension de l'étage de puissance atteignant 10. L'amplification de tension totale est alors de:
 $200 \times 30 \times 10 = 60\ 000.$

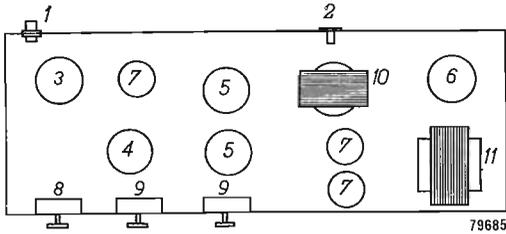


Fig. 1

Exemple de montage d'un amplificateur B.F.: 1 = entrée; 2 = sortie; 3 = tube préamplificateur; 4 = second tube préamplificateur; 5 = tubes de sortie; 6 = tube redresseur; 7 = condensateurs électrolytiques; 8 = commande de volume; 9 = réglage de tonalité; 10 = transformateur de sortie; 11 = transformateur d'alimentation.

diarres cela présentera moins d'importance, puisque l'amplification jusqu'à l'étage de sortie va en diminuant.

Ce qui vient d'être dit se rapporte et à la ronflement et à la microphonie, mais ne s'applique pas au couplage entre les circuits de sortie et les circuits d'entrée. Des connexions longues et peu soignées dans le circuit de sortie ou des connexions de haut-parleurs qui se promènent au voisinage des circuits microphoniques, peuvent entraîner des difficultés de fonctionnement, l'amplificateur pouvant se mettre à osciller sur une fréquence dite "fréquence de préférence". Un montage soigné et rationnel de toutes les parties d'un amplificateur est donc indispensable, et les circuits d'entrée considérés comme très sensibles, en raison de l'amplification appréciable qui les suit, doivent être étudiés très attentivement.

Quelles sont maintenant les autres conditions à réunir pour donner une bonne disposition aux circuits d'entrée et de sortie, ainsi qu'à l'alimentation?

Entre ces éléments, on trouve en général un second étage amplificateur. Dans le cas où la sortie se fait par un montage en push-pull, un tube inverseur de phase y est incorporé.

D'autre part, plusieurs possibilités de réglage sont indispensables: contrôle du volume, réglage de tonalité, etc.

En tenant compte de la règle énoncée précédemment, on aura intérêt à suivre, à peu de chose près, l'ordre du schéma de principe pour la détermination de la place de chaque élément, pour les pièces à disposer entre l'étage préamplificateur et la sortie vers le haut-parleur ou pour les autres utilisations.

Le réglage de tonalité est souvent placé dans le circuit de grille de l'étage amplificateur intermédiaire. Nous sommes donc amenés à placer ce tube au voisinage du panneau avant du châssis; les connexions vers les potentiomètres de réglage de tonalité seront ainsi plus courtes.

En effet, pour le montage de ces organes de contrôle, nous n'avons pas le

L'amplification entre l'anode du tube préamplificateur (ou la grille) de l'étage intermédiaire) et l'anode de l'étage de sortie est seulement de $30 \times 10 = 300$. L'influence d'un couplage accidentel entre ces deux points est donc très faible par rapport à celle qui pourrait exister entre l'entrée et la sortie de l'amplificateur. Il faut tenir compte de cette remarque lors de la disposition des pièces sur le châssis. Tout ce qui concerne le circuit d'entrée doit être monté avec le plus grand soin. Pour les étages intermé-

choix. Ils doivent être montés sur le panneau frontal de l'amplificateur. Dans des circonstances très particulières, nous pouvons disposer un potentiomètre à un endroit bien déterminé au-dessous du châssis et très près de la grille d'un tube monté également à l'arrière du châssis. On prolonge alors l'axe du potentiomètre par flector jusqu'au panneau avant où l'on place le bouton de réglage. Cette disposition est mécaniquement compliquée et l'on ne doit y recourir que dans le cas de nécessité extrême.

Dans notre exemple, le contrôle de volume est représenté par 8 et le réglage de tonalité par 9. L'amplificateur intermédiaire et le tube inverseur de phase sont en général réunis dans un tube double représenté par 4. Les tubes de sortie portent le numéro 5.

Les condensateurs électrolytiques servant au filtrage du courant redressé sont représentés par 7. Les places qu'occupent ces éléments ne sont pas très critiques. Du point de vue électrique, ces condensateurs se trouvent reliés à la terre. Il n'est pas utile de surveiller la longueur des fils de connexion de ces éléments. Nous pouvons choisir leur emplacement en tenant simplement compte des facilités de montage. Mais il faut éviter qu'ils chauffent (en général la température maximum admissible est imprimée sur les condensateurs). Il en est de même des tubes de puissance et des tubes redresseurs. En règle générale, nous pouvons admettre que la distance entre deux tubes voisins, ou entre un tube et un autre élément, doit être au moins égale à une fois le diamètre du tube. Cette disposition favorise le refroidissement.

Dans les appareils récepteurs, l'interrupteur de secteur alternatif et le contrôle de volume forment une même unité.

Cet arrangement est admissible, car l'amplification entre la diode et le tube de sortie est, en général, assez faible (20 fois est une valeur normale). Dans les amplificateurs plus puissants, pour pick-up, le gain est beaucoup plus élevé, et il est donc à conseiller, dans ce cas, de placer l'interrupteur de secteur plus près du transformateur d'alimentation et de ne pas le combiner avec un élément sensible au ronflement, tel que le potentiomètre de contrôle de volume. Un interrupteur séparé est préférable.

Il existe des cas où toute cause de ronflement doit être réduite au minimum. Il en est ainsi lorsqu'il s'agit d'un amplificateur d'enregistrement ou d'un équipement à haute fidélité. Mieux vaut alors monter l'alimentation sur un châssis séparé que l'on place à une certaine distance de l'amplificateur. Il arrive d'ailleurs, mais assez rarement, que le préamplificateur soit monté d'une façon analogue. On est parfois obligé de réduire l'encombrement de l'amplificateur.

Le châssis qu'on utilisera est alors forcément petit et le montage devient très serré. L'emploi d'une plaque de blindage en acier doux ou en mumétal, placée entre l'alimentation et l'amplificateur proprement dit, est alors tout indiqué.

Pour le reste, on observe les règles déjà mentionnées, mais il se peut qu'un blindage supplémentaire entre les différentes parties de l'amplificateur devienne absolument nécessaire. Il va de soi que l'exemple de montage illustré par la

fig. 1 n'est pas le seul possible. Il constitue l'une des bonnes méthodes de montage: nombreux sont les procédés de montage qui tiennent compte des directives énoncées et qui permettent d'obtenir un résultat satisfaisant. Nous admettons que les méthodes de montage sont maintenant suffisamment décrites. Nous allons considérer les différents problèmes que pose le câblage.

2. Montage et câblage

Ayant, après mûre réflexion, déterminé la place que doivent occuper les différents éléments, nous perçons et plions le châssis et nous commençons le montage mécanique des pièces, telles que les supports de lampes, les bornes de raccordement pour le pick-up (phonocapteur), pour les microphones, pour les haut-parleurs, etc.

Au-dessous du châssis, nous fixons les divers potentiomètres, les barrettes de connexion des résistances et des condensateurs, etc. Ensuite, nous commençons le câblage.

Il n'est pas à conseiller de monter, dès ce moment, les pièces qui dépassent le châssis. En effet, jusqu'ici notre châssis est facilement maniable et nous pouvons le déposer à plat sur l'établi. Le travail dans la partie intérieure du châssis s'en trouve facilité.

Si nous montions dès maintenant les transformateurs et les condensateurs électrolytiques, le châssis deviendrait pesant et peu maniable. Il ne se placerait que difficilement sur la table de travail, et, de plus, nous pourrions courir le risque d'endommager les condensateurs. Un amplificateur qui n'a qu'un nombre restreint de pièces à monter sur le châssis se prête particulièrement bien à cette méthode de travail. Nous commençons le câblage par les circuits de chauffage. Pour éliminer toute cause de ronflement, il faut procéder avec discernement. Pour réduire le champ extérieur au minimum, nous torsadons les fils et nous les montons tout contre le châssis.

Les parcours de ces connexions sont choisis de telle sorte qu'elles restent éloignées des circuits de grille et d'anode et qu'elles ne courent pas parallèlement à ceux-ci. Quand on utilise des tubes miniatures dans l'amplificateur, par ex. des tubes Rimlock, il est important de préparer les connexions à l'avance et de ne les souder qu'ensuite.

Les supports de lampes destinés à recevoir ces tubes sont pourvus de cosses de soudure très petites. Pour obtenir un contact franc avec les broches des tubes, les cosses sont faites en un alliage de bronze dur et élastique, qui ne s'accommode pas de pliages fréquents. Si l'on plie trop souvent les connexions après leur soudure aux cosses, on risque de les casser (c'est pour cette raison qu'il faut d'abord plier, puis souder). Le pliage des connexions déjà soudées pourrait entraîner une position oblique des douilles du support du tube, et il pourrait en résulter de mauvais contacts. Pour la soudure, on utilisera un fer à souder suffisamment chaud et de la soudure contenant exclusivement de la résine comme flux. Si l'on utilise dans l'amplificateur des pièces ayant déjà servi, les parties devant être soudées doivent, au préalable, avoir été

nettoyées et étamées. On élimine ainsi de mauvais contacts, sources de craquements.

Après avoir exécuté le câblage des circuits de chauffage, on monte les résistances et les condensateurs. Nous conseillons de terminer le montage tube par tube.

Le débutant qui monte un amplificateur fera bien d'établir un croquis pour chaque tube. Il y indiquera comment les pièces doivent être placées. Chaque fois qu'une pièce sera montée, il la rayera sur le croquis. Ce procédé de vérification est pratique lorsque le travail doit être interrompu de temps en temps. On aura ainsi la certitude qu'aucune pièce n'a été oubliée. Il en est de même en ce qui concerne les connexions. De cette façon on évitera beaucoup de recherches inutiles si, lors de l'essai, l'appareil terminé ne semble pas fonctionner.

Pour les techniciens expérimentés, ce conseil semblera sans doute superflu, mais le débutant en fera son profit.

Il est indispensable d'utiliser des pièces détachées ayant des valeurs électriques exactes, surtout si l'on utilise des pièces ayant déjà servi.

Très souvent l'inscription des valeurs de ces éléments est alors plus ou moins effacée. Il convient de les contrôler avant le montage à l'aide d'un ohmmètre ou d'un pont de mesure. Cette précaution demande moins de temps que la recherche d'une pièce défectueuse sur un amplificateur tout monté.

Les résultats que l'on peut obtenir dépendent en grande partie des condensateurs de couplage, c'est-à-dire des condensateurs qui sont branchés entre l'anode d'un tube et la grille du tube suivant. Les condensateurs se trouvent reliés, d'un côté, à un point dont le potentiel est élevé (l'anode) et, de l'autre côté, à un point qui est porté à une tension négative par rapport au châssis: la grille. Si l'on utilise, à cet effet, des condensateurs dont l'isolement laisse à désirer (la résistance d'isolement lorsque ces pièces présentent un défaut n'atteint parfois que 1 à 5 M Ω), la grille de commande reçoit par son intermédiaire une tension positive. À l'étage préamplificateur, cela provoque des distorsions importantes, et à l'étage de puissance, cette tension positive de grille a pour effet de surcharger le tube, ce qui exerce une influence tout à fait défavorable sur sa durée de vie.

Il est donc de la plus haute importance d'employer des condensateurs de couplage d'excellente qualité. Ici la meilleure qualité est à peine suffisante. Les condensateurs imprégnés Philips types 5326, 5328 et 5329 se prêtent admirablement à cet usage.

Pour les capacités comprises entre 22 000 pF et 47 000 pF, la résistance d'isolement est plus grande que 1850 M Ω . Pour celles comprises entre 47 000 pF et 0,1 μ F, la résistance d'isolement est supérieure à 15 000 M Ω .

Les condensateurs imprégnés peuvent également être employés en d'autres endroits dans les amplificateurs, notamment, pour le découplage des grilles-écrans, la correction de la tonalité, etc. Il est donc tout indiqué d'examiner de façon assez détaillée le montage de ces pièces.

En soudant, il faut éviter de faire fondre la masse d'imprégnation. Les con-

nexions des condensateurs doivent être suffisamment longues. On peut aussi, lors de la soudure du condensateur, le tenir en place à l'aide d'une pince à longs becs, afin d'éviter son échauffement.

En général, les moins lourds peuvent être soudés sans support dans les fils de connexion. Il n'est donc pas indispensable de les fixer à l'aide d'étriers. Ce dernier moyen de montage est uniquement à conseiller pour les exemplaires les plus grands, notamment ceux de $0,5 \mu\text{F}$ à $0,1 \mu\text{F}$, à tension d'essai élevée. Si l'on fixe ces condensateurs à l'aide d'une attache demi-cylindrique, il faut les enrouler au préalable dans un morceau de carton, de carte de Lyon ou de bande collante. Par ce dernier procédé, on évite que les condensateurs soient endommagés, subissent une compression, ou puissent se déplacer au-dessous de l'attache. Les condensateurs électrochimiques peuvent être montés de la même façon. Quand on utilise des condensateurs imprégnés, pour les circuits de découplage, il est préférable de relier l'armature extérieure du condensateur au châssis. De cette façon, le condensateur se trouve blindé.

On reconnaît l'armature extérieure d'un condensateur imprégné Philips aux fils de connexion. D'un côté, ces fils ont une longueur de 32 mm, de l'autre ils ont une longueur de 40 mm. L'armature extérieure est reliée au fil le plus long. Il arrive parfois qu'un amplificateur ronfle et que la cause ne peut en être localisée facilement. Dans un cas pareil, il est utile de rechercher si le ronflement est dû à une induction dans les condensateurs de découplage. Les condensateurs au papier et les électrochimiques comportent de longues bandes d'aluminium, isolées par un diélectrique.

Ils ont une induction relativement élevée, et il est possible que le champ de dispersion du transformateur d'alimentation y induise un ronflement. Si tel est le cas, le ronflement peut être éliminé, ou réduit, en déplaçant la capacité sur le châssis.

Les résistances et les condensateurs sont très souvent fixés sur des barrettes en matière isolante, portant des cosses à souder. Cela renforce la rigidité mécanique du câblage.

En déterminant la place qu'occuperont les différentes parties de l'amplificateur, on tiendra compte de l'encombrement des barrettes de connexion. En montant les résistances et les condensateurs, on aura soin de les fixer de façon à pouvoir lire leur valeur, ce qui est utile en cas de panne et lors des mesures ultérieures. De même, si l'on désire modifier un peu le schéma ou si l'on procède à des expériences, il sera toujours utile de savoir en présence de quelle résistance ou de quel condensateur on se trouve. Il reste peu de chose à dire au sujet du montage des résistances. Un seul point doit encore retenir notre attention. Certaines résistances doivent dissiper une énergie assez grande; elles chauffent très fort. Très souvent on place de telles résistances au-dessus du châssis. En tout cas, il faut éviter qu'elles se trouvent à proximité d'autres éléments susceptibles d'être endommagés par la chaleur qu'elles dégagent (condensateurs imprégnés ou électrochimiques, par exemple).

En déterminant la place qu'occuperont les résistances, on tiendra compte des règles suivantes:

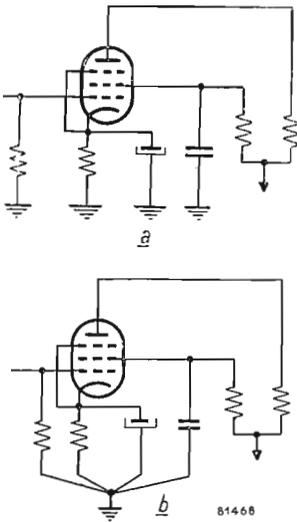


Fig. 2

Il arrive souvent qu'on relie à différents points du châssis les connexions à la masse appartenant aux circuits d'un même tube. Pour éviter le ronflement, il vaut mieux relier ces connexions en un seul point du châssis.

- a) Ce qu'il faut éviter
b) Câblage correct

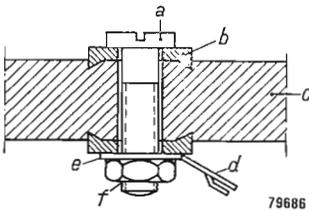


Fig. 3

Le moyen de réaliser une bonne prise de masse sur un châssis en aluminium: *a* = vis, *b* = rondelle élastique, *c* = châssis, *d* = cosse à souder, *e* = rondelle, *f* = écrou.

les résistances de grille et d'anode seront placées aussi près que possible des supports de tube, leurs connexions à la grille et à l'anode devant être très courtes. Quand les résistances servent à réduire une tension ou sont utilisées dans un découplage, le choix de leur emplacement est moins critique.

Il arrive fréquemment que l'on fasse la mise à la masse de chaque connexion en un point arbitraire du châssis. Ce dernier constitue alors une connexion et fait partie intégrante du circuit. Cette méthode est à déconseiller, car, lorsque le châssis est parcouru par un certain nombre de courants alternatifs de différentes espèces, des tensions alternatives parasites de faible amplitude peuvent être ainsi appliquées à la grille du tube préamplificateur.

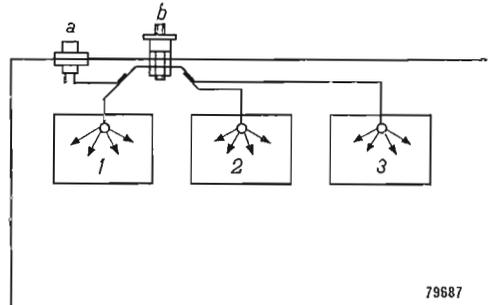
Ce tube est, comme on l'a déjà dit, très sensible, et l'on peut se trouver en présence de toutes sortes de difficultés dont l'élimination semble, à première vue, plutôt difficile (ronflement, par ex.). Il faut donner la préférence à la solution suivante: réunir tous les points de masse qui appartiennent à un tube en un seul point du châssis situé près du support du tube.

La fig. 2 illustre schématiquement ce principe (*a* solution à rejeter, *b* solution à adopter). En reliant un circuit au point de masse du châssis, il faut encore tenir compte de la matière dont il est fait. S'il est construit en aluminium, on se rappellera qu'il n'est pas possible de souder sur cette matière selon les procédés normalement employés pour le câblage. De plus, l'aluminium exposé à l'air se couvre d'une pellicule d'oxyde transparent et *isolant*. Un écran, serré sur un tel châssis, fait en général mauvais contact avec l'aluminium. On pourra s'inspirer du montage représenté à la fig. 3. Au-dessous de la tête du boulon (*a*) on met une rondelle dentelée en acier (*b*); on introduit alors le boulon dans le trou du châssis (*c*). A la partie inférieure, on prévoit successivement une autre rondelle dentelée, une cosse à souder (*d*), une rondelle plate (*e*) et, enfin, l'écrou (*f*).

De cette façon, on obtient une bonne prise de

masse. Les dents des rondelles (*b*) s'introduisent par pression dans l'aluminium, qui est une matière plus tendre que l'acier. La surface de contact est ainsi singulièrement augmentée.

Ce mode de montage permet également de réunir tous les points de masse en un seul. Ce point sera alors, en même temps, la borne "terre" de l'amplificateur. Sa place est tout indiquée auprès des bornes de raccordement du microphone. Les points de masse des différents tubes seront reliés à la borne de terre par des fils de cuivre isolés, de section relativement forte. La fig. 4 l'indique schématiquement. La signification des lettres et des chiffres est la suivante:



79687

Fig. 4

Les connexions de masse des divers étages sont parfois reliées en un point commun du châssis. Ce point est alors en même temps la borne de terre de l'amplificateur. *a* = entrée, *b* = borne de terre commune, 1 = barrette isolante pour les pièces appartenant au circuit préamplificateur, 2 = idem, pour le second tube préamplificateur, 3 = idem, pour l'étage de sortie.

- (a) borne d'entrée,
- (b) borne de terre,
- 1. plaquette de connexion des résistances du premier tube,
- 2. plaquette de connexion des résistances du tube intermédiaire,
- 3. barrette de connexion de l'étage de puissance.

Toutes les masses communes des différents étages sont reliées à la borne de terre par de gros fils de cuivre isolés. Il n'y a plus alors qu'un seul point de connexion entre les différents circuits et le châssis. Ce dernier ne peut donc être le siège de courants vagabonds. Il faut suivre scrupuleusement ce mode de montage lorsque l'amplificateur à construire doit avoir une grande sensibilité, une bonne qualité et être exempt de ronflement.

Pour percer une tôle d'aluminium, on utilisera de l'alcool à brûler comme lubrifiant. La mèche coupe mieux ainsi et l'on évite les bavures. En forant les trous sans lubrifiant, la mèche se coince dans le métal. Si le châssis est fait en tôle d'acier peinte, il faut enlever la peinture à l'endroit où viendra la borne de terre. En montant des condensateurs électrolytiques sur le châssis, on évitera d'employer celui-ci comme connexion à la masse: il vaut mieux employer une rondelle et une cosse à souder de format approprié.

Quand le châssis est exécuté en tôle d'acier, on évitera, dans l'étage préamplificateur, la présence de boucles comprenant une partie en acier. Cette portion du circuit provoquerait irrémédiablement l'induction d'un ronflement. Les connexions aux potentiomètres de volume et de tonalité dont l'une des bornes est normalement mise à la masse, sont généralement exécutées en fils blindés.

Ce blindage extérieur peut être utilisé comme connexion vers le point de masse. Il faut observer que ce fil blindé a trop souvent une capacité propre appréciable, qui, étant placée en parallèle entre la cathode et la grille, est susceptible d'affaiblir les fréquences élevées. Il faut choisir un fil blindé à faible capacité et ne pas en utiliser des longueurs excessives.

Il va de soi que ces connexions doivent être très courtes, et le choix de la place de ces potentiomètres peut s'en trouver influencé. Quelques centimètres en plus ou en moins sont toutefois sans influence. Il n'en est pas de même si ces connexions s'allongent de quelques décimètres.

3. Résumé des recommandations générales

1. Ecartez autant que possible tout ce qui se rapproche de l'alimentation, de l'entrée et du préamplificateur.
2. Disposez les différents étages dans leur suite logique: l'étage de puissance au voisinage de l'alimentation.
3. Les connexions de chauffage seront torsadées. Placez-les très près du châssis et écartez-les des circuits de grille et d'anode.
4. Les connexions d'anode et de grille ne doivent jamais être parallèles aux fils de chauffage.
5. Le circuit de grille de l'étage préamplificateur ne doit pas présenter de boucles contenant du fer.
6. Un fil blindé sera utilisé pour les connexions d'entrée, de contrôle de volume, de réglage de tonalité et de grille dans les étages préamplificateur et intermédiaire.
Le blindage extérieur peut servir comme connexion de mise à la masse.
7. Les fils blindés doivent être très courts. Il en est de même des connexions de grille et d'anode.
8. Toutes les connexions de masse se réunissent en un même point du châssis.
9. Le châssis ne doit pas être utilisé comme connexion.
10. Câblez étage par étage.

CHAPITRE II

LES TUBES UTILISÉS AUX DIFFÉRENTS ÉTAGES

Les principales pièces d'un amplificateur sont les tubes. Sans leur intervention, on ne peut obtenir une amplification de tension ou d'énergie importante. C'est pour cette raison que les différentes pièces d'un amplificateur doivent être nécessairement bien adaptées aux tubes. Aux divers rôles qu'ils doivent remplir correspondent des types bien déterminés.

Il y a quelques années, on utilisait dans les amplificateurs les tubes qui étaient développés pour les besoins de la technique de la réception ou de l'émission. Le progrès des amplificateurs a pris pour point de départ la technique des récepteurs. Avec de tels tubes, on peut obtenir des résultats corrects, mais pas les meilleurs possibles. Comme les exigences formulées au sujet des amplificateurs sont devenues de plus en plus impérieuses, on a été amené à développer une série de tubes spéciaux, adaptés à l'amplification B.F.

Nous ne nous attarderons ni à décrire l'évolution des tubes employés en amplification B.F., ni à comparer les qualités des tubes récepteurs et émetteurs à celles des tubes amplificateurs. Nous allons rappeler quelques points importants qui pourraient, en général, n'avoir pas mérité jusqu'ici assez d'attention. Dans un amplificateur B.F., le tube de puissance doit fournir de l'énergie à un circuit qui est, le plus souvent, apériodique. Le spectre des fréquences ainsi couvert est relativement étendu. Dès lors, le tube doit répondre à des exigences très différentes de celles que l'on admet lorsqu'il s'agit d'un tube de puissance qui, utilisé sur un émetteur fonctionnant en classe C, fournit de l'énergie par l'intermédiaire d'un circuit accordé.

En observant les caractéristiques techniques de certains tubes récepteurs, et notamment leurs coefficients d'amplification, on peut croire, à première vue, qu'ils sont tout indiqués pour être employés dans un étage de préamplification. Parfois, les données relatives à la microphonie et au ronflement n'ont même pas été mentionnées. Si nous utilisons néanmoins ces tubes comme préamplificateurs, il s'avèrera nécessaire de prendre des mesures efficaces contre ces deux phénomènes. Si l'on veut combattre le ronflement, on sera obligé de recourir à des circuits de compensation compliqués.

Il est donc préférable d'utiliser dans un amplificateur des tubes spécialement étudiés pour cet emploi. La conception de l'amplificateur sera plus simple, et les artifices qui n'auraient pour objet que de corriger les résultats pour les rendre satisfaisants seront éliminés.

Au chapitre "Descriptions de quelques schémas d'amplificateurs", nous trouverons des appareils équipés de tubes de réception et de télévision, et une annexe de ce livre donnera un aperçu de tous les tubes de réception, de télévision et d'émission, susceptibles d'être employés en amplification B.F.

Dans le présent chapitre, nous nous bornons à décrire les tubes qui ont été

étudiés et construits récemment en vue de leur emploi dans des amplificateurs B.F.

Ces tubes peuvent être classés en quatre catégories:

1. les tubes préamplificateurs,
2. les tubes inverseurs de phase,
3. les tubes de puissance,
4. les tubes redresseurs.

Nous considérerons successivement les conditions que doivent remplir ces différentes sortes de tubes.

1. Les tubes préamplificateurs

Les microphones et les pick-ups à haute fidélité ne fournissent en général qu'une faible tension. Suivant les types, ces tensions varient entre quelques millivolts et un volt.

Les tubes de puissance exigent en général une tension d'entrée de l'ordre de 6 à 30 volts. Entre le pick-up (capteur) et le tube de sortie, il est nécessaire d'avoir une amplification de tension considérable. Cette amplification doit être encore plus forte si l'on part de la tension fournie par un microphone. Il est intéressant de ne pas augmenter outre mesure le nombre de tubes qui équipent un amplificateur. Dès lors, il est impératif de choisir pour l'étage préamplificateur des tubes susceptibles de fournir une amplification de tension très élevée. Ces tubes ne doivent introduire ni ronflement, ni bruit, ni microphonie. Une grande amplification est également indispensable en ce point, afin de limiter l'amplification de tension dans les étages suivants, où les précautions contre le ronflement et la microphonie pourront alors être moins sévères. Il suffira donc de soigner particulièrement un seul étage pour éviter ces deux inconvénients.

Des tubes spéciaux préamplificateurs ont été développés; ce sont les pentodes EF 40 et EF 86 et les doubles triodes ECC 40 et ECC 83. Les pentodes sont les tubes les plus employés dans l'amplification et surtout dans les amplificateurs microphoniques. Avec les pentodes, les montages obtenus sont plus simples qu'avec des triodes doubles dont les deux sections sont branchées en cascade. Dans un étage préamplificateur, le premier tube est souvent utilisé, spécialement si l'on doit utiliser un microphone à l'entrée. Avec le tube ECC 40, les circuits deviennent plus compliqués et demandent plus de soin, les deux triodes étant branchées en cascade et les risques de réaction étant alors plus importants.

Un microphone de qualité fournit en général une tension très faible. Pour que le niveau de ronflement de l'amplificateur soit insignifiant, le ronflement qui prend naissance dans le tube même doit être extrêmement faible. Ce ronflement peut être provoqué, soit par le champ magnétique du filament, soit par des courants de fuite entre le filament et d'autres électrodes, soit par l'émission des extrémités du filament, soit encore par des couplages capacitifs entre le filament et les autres électrodes.

On peut éliminer ces sources de ronflement si l'on prend les mesures suivantes:

- a. utiliser un filament bifilaire, son champ magnétique devenant alors très faible,
- b. ne tolérer qu'un courant de chauffage peu intense, pour que le champ de dispersion soit réduit,
- c. disposer un blindage entre le filament et les autres électrodes, afin de diminuer l'influence de l'émission des extrémités du filament, ainsi que celle du couplage capacitif entre le filament et les autres électrodes.

Enfin, l'on doit rechercher une orientation des broches des tubes telle que les courants de fuite deviennent négligeables.

Extérieurement au tube, on s'efforce d'éliminer le plus possible les couplages intempestifs entre les diverses portions du câblage. Les courants de fuite provoquent une grande partie du bruit de fond. Il est évident que le niveau du bruit dans un tube préamplificateur doit être très bas.

La disposition des broches du contact du tube doit être déterminée judicieusement. Enfin, on peut diminuer les courants de fuite en disposant, à l'intérieur d'un support isolant de tube, plusieurs bandes conductrices reliées à la broche de la cathode.

Les autres électrodes sont alors blindées vis-à-vis de la broche de raccordement de la grille.

Les courants de fuite gênants se trouvent ainsi drainés vers la cathode et ne peuvent atteindre la grille (négative).

Une grande amplification entraîne toujours un danger de microphonie. Pour la combattre, on étudie tout spécialement les tubes préamplificateurs. La construction du système d'électrodes est rendue très robuste grâce au soutien apporté par des rondelles isolantes de mica. Ces plaquettes s'opposent à la vibration de certaines parties du tube. Si l'on veut amplifier de très faibles tensions, ces précautions ne sont pas toujours suffisantes et il convient d'employer des supports de tube antivibratoires. Il peut également devenir indispensable de couvrir le tube d'un blindage, pour l'isoler des effets du son utile et des vibrations.

Il est recommandé de prendre tous ces soins si l'amplificateur est soumis à des vibrations mécaniques, p. ex. s'il est installé dans un camion, à bord de bateaux ou d'avions, etc.

2. Tubes inverseurs de phase

Un amplificateur dont la puissance nominale de sortie est supérieure à 10 watts, comporte en général un montage en push-pull. Dans de tels appareils, les tensions alternatives appliquées aux grilles des tubes de puissance doivent être de même grandeur, mais opposées en phase. On peut obtenir ce résultat en intercalant entre le tube amplificateur et les tubes de sortie un transformateur d'entrée push-pull. Ce système présente quelques inconvénients, dont les principaux sont:

- a. Les transformateurs peuvent provoquer des différences de phase appré-

ciales. Si l'on applique une contre-réaction partant de la sortie de l'amplificateur et allant à l'entrée, passant par le transformateur d'entrée push-pull, il existe un très grand risque d'oscillations spontanées.

b. Les possibilités d'un ronflement provoqué par l'induction du transformateur d'alimentation, augmentent. Un plus grand soin dans le montage et un blindage plus complet s'imposent.

c. Un transformateur d'entrée push-pull présentant une bonne caractéristique de fréquence est une pièce relativement coûteuse.

C'est pour toutes ces raisons que, dans les amplificateurs modernes, on préfère utiliser des couplages par résistances.

Seulement, pour obtenir dans ce cas deux tensions alternatives de même valeur, mais en opposition de phase, il faut employer un tube supplémentaire. Ce tube est exclusivement utilisé pour obtenir la tension déphasée. Une solution économique consiste à employer un tube double, dont les deux groupes d'électrodes sont bien séparés: une double triode par exemple. On utilise également des triodes-heptodes.

Les tubes inverseurs de phase, et ceux utilisés dans les étages amplificateurs intermédiaires, ne doivent pas répondre aux mêmes exigences, en ce qui concerne le ronflement et la microphonie, que les tubes préamplificateurs, étant donné que ces tubes fournissent une amplification plus faible.

3. Tubes de puissance

Pour obtenir des puissances de sortie allant de 10 à 100 watts, on utilise de nos jours presque exclusivement des pentodes à haut rendement. Normalement, ces tubes sont réglés pour fonctionner sans courant de grille.

L'étage précédent ne doit alors fournir que peu d'énergie, et la distorsion reste très faible.

Suivant de type d'amplificateur et le rendement désiré, on peut choisir parmi les trois régimes principaux suivants:

La classe A: C'est le régime le plus usuel; il est presque exclusivement utilisé dans des étages de sortie simples. Le rendement est faible (40 à 50 %) et la distorsion est assez grande à la puissance nominale. Ce montage présente un avantage: le courant que doit fournir l'alimentation est pratiquement indépendant de la puissance de sortie. Un montage push-pull en classe A a pratiquement les mêmes propriétés en ce qui concerne le rendement et la puissance exigée de l'alimentation; seulement, la distorsion est beaucoup plus faible.

La classe AB: Ce régime donne un rendement beaucoup plus grand, sans accuser une plus grande distorsion. La charge de l'alimentation augmente avec la puissance fournie par l'amplificateur. Il n'est cependant pas nécessaire de prendre des dispositions spéciales à ce sujet. Il suffit que la résistance interne de la partie alimentation soit très faible. Ce régime permet l'obtention d'un rendement de 50 à 60 %.

La classe B: Ce régime se caractérise par un rendement très élevé (75 %), la distorsion est plus grande, et les courants d'anode et de grille varient avec la

puissance de sortie. Il s'ensuit que la partie alimentation doit répondre à des exigences très sévères. La résistance interne doit être très faible. Un redresseur spécial pour la tension négative de grille est indispensable.

Le régime B n'est applicable que dans le cas où une très grande puissance doit être obtenue ou bien si l'alimentation se fait par batteries avec ou sans intervention d'un convertisseur (p. ex. camions équipés d'une installation d'amplification).

4. Tubes redresseurs

Dans la partie alimentation des amplificateurs, on utilise des tubes redresseurs à vide ou à remplissage gazeux. Ces deux types de tubes conviennent pour obtenir des tensions continues de 400 volts environ et un débit de plusieurs centaines de milliampères. Quand une faible résistance interne est de rigueur, on donne la préférence à un tube redresseur à remplissage gazeux. Ces tubes présentent, vis-à-vis des tubes redresseurs à vide poussé, l'avantage considérable de fournir, sous un rendement élevé, une tension continue assez stable, même si la charge varie.

Le bon fonctionnement des tubes à remplissage gazeux requiert une température ambiante comprise entre 10 °C et 40 °C; la durée de vie de ces tubes en dépend. Il faut, en outre, que les filaments soient en circuit pendant quelque temps (1 à 3 minutes) avant d'appliquer la tension aux anodes. Si cette précaution n'est pas observée, la pression de la vapeur de mercure est insuffisante et la durée de vie des tubes s'en ressent.

Les tubes redresseurs à vapeur de mercure durent très longtemps quand ils débitent de façon continue et s'ils ne sont pas branchés et débranchés trop souvent. Les tubes à vide doivent encore être utilisés chaque fois que les amplificateurs travaillent en régime discontinu ou qu'ils doivent être fréquemment mis en marche et arrêtés.

Les avantages des tubes redresseurs à vapeur de mercure et des tubes à vide sont réunis dans le nouveau tube à vide type GZ 34. Grâce au nouveau mélange qui recouvre la cathode émissive, la distance entre celle-ci et l'anode du tube a pu être réduite, ce qui produit une diminution intéressante de la résistance interne.

De plus, la valeur minimum admissible de la résistance apparente du transformateur est considérablement plus faible qu'avec d'autres tubes redresseurs. La résistance interne totale de la source de haute tension est du même ordre de grandeur que celle obtenue avec un tube redresseur à gaz.

Le courant de sortie d'un redresseur passe en général à travers un filtre, qui sert à aplanir les ondulations du courant redressé et à obtenir un courant continu suffisamment constant. On distingue deux genres de filtres: ceux où l'on trouve un condensateur en parallèle avec la sortie du redresseur, et ceux où le redresseur débite directement dans une self de filtrage. Le montage utilisant cette deuxième sorte de filtre présente l'avantage d'une meilleure

utilisation des tubes et des transformateurs. Il est donc tout indiqué de l'utiliser si l'on exige une grande puissance de l'amplificateur.

Il présente également une plus grande constance de la tension. Il est utilisé de préférence avec des amplificateurs dont la charge de l'alimentation varie entre de larges limites (amplificateurs en classe B, p. ex.)

Ce montage offre toutefois un inconvénient: pour obtenir une certaine tension après le filtre, la tension du transformateur doit être de beaucoup supérieure à celle nécessaire dans le cas où un condensateur est monté en parallèle sur le redresseur. Les condensateurs de filtrage doivent être prévus pour pouvoir tenir en l'absence de courant extérieur. Leur tension de claquage doit donc être plus élevée. Il s'ensuit que les condensateurs et les transformateurs deviennent plus coûteux. On ne fait intervenir ce montage que dans le cas de la classe B. Pour les amplificateurs fonctionnant en classe A ou en classe AB, on emploie le montage plus économique, faisant usage du condensateur en parallèle.

L'utilisation de montages doubleurs de tension est tout indiquée si l'on veut disposer de tensions continues sensiblement plus élevées que la valeur de crête de la tension alternative appliquée aux anodes du tube redresseur. Les transformateurs à tension secondaire élevée ne sont alors plus nécessaires. On peut également adopter cette disposition pour l'alimentation par courant alternatif direct, c'est-à-dire dans les montages sans transformateur.

CHAPITRE III

DESCRIPTION DES TUBES EF 40, EF 86, ECC 40, ECC 83, EL 34 ET EL 84

Avec ces six types de tubes: EF 40, ou EF 86, ECC 40 ou ECC 83 et EL 34 ou EL 84, on peut construire des amplificateurs B.F. de tous genres, leurs puissances variant de 10 à 100 watts.

Ce sont six tubes modernes, spécialement développés pour l'amplification B.F. Les tubes EF 40 et EF 86 sont des tubes préamplificateurs. Les tubes ECC 40 et ECC 83 peuvent être utilisés soit comme préamplificateurs, soit comme inverseurs de phase. Ils peuvent également servir au mélange des tensions fournies par un microphone avec celles provenant d'un pick-up (capteur). Leur domaine d'application est donc fort étendu. Le tube EL 34 est un tube d'utilisation très souple, qui convient pour des puissances très variées. Enfin, le tube EL 84 est un tube de puissance étudié pour des puissances moindres. Ces tubes ont toutes leurs broches de raccordement à la base. Cela donne aux amplificateurs qu'ils équipent un aspect moderne et simplifie le montage.

Voici la description détaillée de ces tubes:

PENTHODE EF 40 À FAIBLE NIVEAU DE BRUIT

Le tube EF 40 est une penthode à chauffage indirect à faible recul de grille. Son embase est du type Rimlock.

Le courant de chauffage est de 200 mA sous une tension de 6,3 V. Ce tube peut être chauffé en série ou en parallèle. Sa pente est de 1,85 mA/V. Cette penthode est étudiée pour l'emploi dans des montages à grande sensibilité (par ex. des amplificateurs pour microphones).

L'effet microphonique est réduit à l'extrême par l'utilisation de deux fois plus de supports en mica que ne nécessite le montage d'un tube normal de mêmes dimensions.

Il est toujours très difficile d'exprimer par un chiffre une propriété telle que la microphonie. Aussi a-t-on recours au procédé suivant: le tube à essayer est monté comme

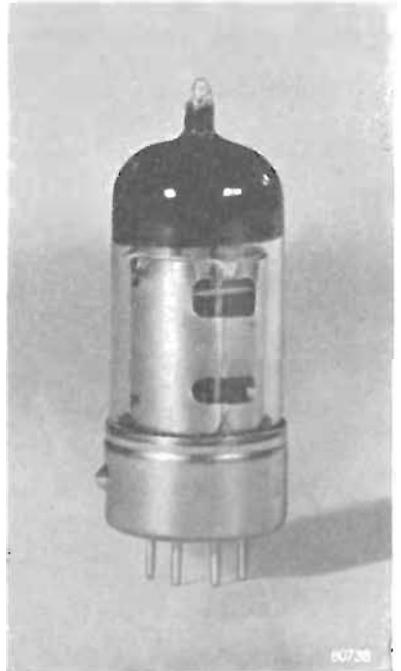


Fig. 5. La penthode B.F. EF 40.

premier tube amplificateur à 10 cm de distance d'un haut-parleur branché sur le même amplificateur. Le haut-parleur choisi a un rendement acoustique de 5 %. La sensibilité de l'amplificateur est réglable. Ce réglage est étalonné. On frappe le tube à l'aide d'un petit marteau en caoutchouc, en augmentant en même temps la sensibilité de l'amplificateur.

Pour une sensibilité donnée, le son produit par le haut-parleur sera suffisamment fort pour entretenir les vibrations, sans avoir de choc à donner sur l'ampoule.

Nous nous trouvons alors en présence d'un couplage acoustique suffisamment fort pour faire hurler l'ensemble.

Pour ce réglage de la sensibilité, la valeur du signal d'entrée qu'il est nécessaire d'appliquer au tube à essayer pour que le H.P. fournisse une puissance de 5 watts, est une mesure des caractéristiques du tube, du point de vue de la microphonie.

Mais, en pratique, on ne peut employer le tube à cette sensibilité et dans les conditions décrites ci-dessus. Pour éviter la microphonie, il est indispensable de prévoir une marge de sécurité assez large. Les chiffres publiés tiennent compte des conditions de fonctionnement pratiques. Pour le tube EF 40, la règle est la suivante: il peut être utilisé dans un amplificateur B.F. sans précautions spéciales du point de vue de la microphonie, si la sensibilité est telle que, pour le maximum de puissance de sortie, la tension du signal d'entrée soit supérieure à 5 mV. On suppose que les vibrations sonores qui peuvent atteindre le tube ne dépassent pas en puissance celles produites par un haut-parleur placé à 10 cm du tube, absorbant une puissance de 5 watts et procurant un rendement acoustique de 5 %. Cette dernière condition n'est pratiquement jamais réalisée.

Dans les installations d'amplification importantes, les haut-parleurs se trouvent, en général, à une grande distance de l'amplificateur.

Dans tous les cas où le tube EF 40 se trouve utilisé dans les conditions décrites ci-dessus, ou dans des conditions plus favorables, il n'est pas nécessaire de prendre des précautions spéciales contre la microphonie. Si la sensibilité exigée est plus grande, il faut adopter certaines dispositions particulières (support de tube antivibratoire, et blindage acoustique du tube).

Dans le tube EF 40, certaines dispositions contre le ronflement ont également été prises afin de réduire la tension de ronflement équivalente, rapportée à la grille de commande, à moins de 5 μ V, l'impédance dans le circuit de la grille étant de 1 M Ω et l'alimentation du filament se faisant avec du courant alternatif 50 Hz. Mais qu'entend-on par tension de ronflement équivalente? Supposons que le tube soit chauffé par du courant continu. Il n'y aura pas de ronflement. Si le chauffage est fait par un courant alternatif, un ronflement devient perceptible. On peut le mesurer à l'anode du tube. Il se traduit par une faible tension alternative. Pour pouvoir mesurer la même tension de ronflement à l'anode du tube alimenté avec du courant continu, il faut appliquer à la grille de commande une très faible tension alternative. Pour le tube EF 40, cette tension est inférieure à 5 μ V. Pour faire cette mesure, on a soin

de mettre à la masse le milieu de l'enroulement de chauffage du transformateur d'alimentation.

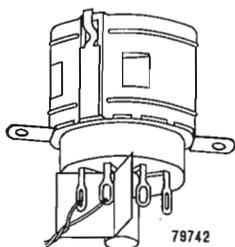


Fig. 6
Les contacts du filament sont électriquement blindés à l'aide d'une petite plaque métallique soudée au contact central.

Pour réduire le ronflement au minimum, il faut torsader les fils de connexion des filaments. De plus, il est nécessaire de prévoir un blindage efficace. A cet effet, on soude, sur la borne centrale du support du tube, une plaquette de blindage comme il est indiqué à la fig. 6. Les broches du filament sont alors statiquement blindées vis-à-vis des autres broches.

Pour éviter les courants de fuite, il faut utiliser un support de tube de toute première qualité: le support PHILIPS type 5904/03, par exemple.

En général, le montage où la tension négative de grille est obtenue à l'aide d'une résistance de fuite très élevée et sans résistance de cathode sera moins sujet au ronflement que le montage qui en utilise une.

Il résulte de ce qui précède que le tube EF 40 convient parfaitement pour la construction du préamplificateur microphonique. Dans un chapitre suivant, nous décrivons plusieurs schémas d'amplificateurs dans lesquels ce tube est employé.

Voici les caractéristiques statiques, les caractéristiques de réglage et les courbes se rapportant au tube EF 40.

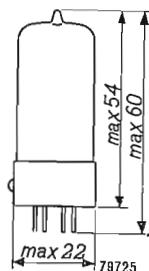
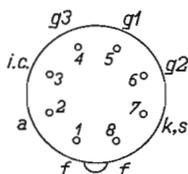
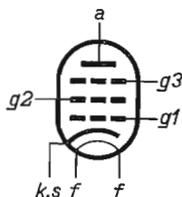


Fig. 7

Disposition des électrodes et encombrement en mm du tube EF 40.

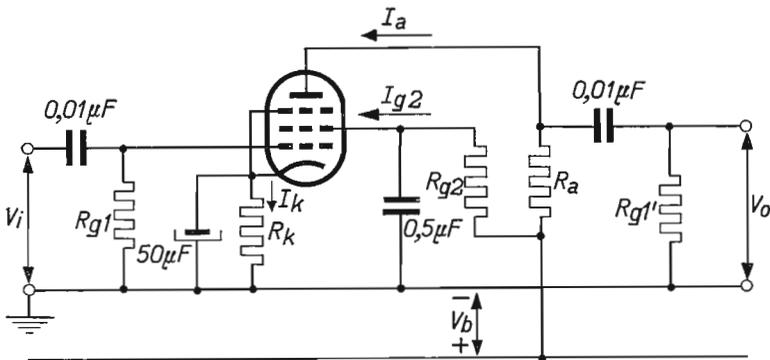
DONNÉES TECHNIQUES CONCERNANT LA PENTHODE B.F. EF 40

Chauffage: indirect, par courant continu ou alternatif, en série ou en parallèle

Tension de chauffage	V_f	=	6,3 V
Courant de chauffage	I_f	=	0,2 A
Capacités (mesurées à froid)			
Capacité de la grille 1	C_{g1}	=	4,5 pF
Capacité de l'anode	C_a	=	5,2 pF
Capacité entre l'anode et la grille de commande	C_{ag1}	<	0,04 pF
Capacité entre la grille de com- mande et le filament	C_{gf}	<	0,002 pF

Caractéristiques nominales

Tension de l'anode	V_a	=	250 V
Tension de la troisième grille . .	V_{g3}	=	0 V
Tension de la grille-écran	V_{g2}	=	140 V
Tension de la grille de commande	V_{g1}	=	-2 V
Courant anodique	I_a	=	3,0 mA
Courant de grille-écran	I_{g2}	=	0,55 mA
Pente	S	=	1,85 mA/V
Résistance interne	R_i	=	2,5 M Ω
Coefficient d'amplification de la deuxième grille par rapport à la première	μ_{0201}	=	38
Résistance équivalente de bruit (B.F.)	R_{eq} B.F.	=	35 k Ω



79749

Fig. 8

RÉGLAGE DU TUBE EMPLOYÉ COMME AMPLIFICATEUR B.F. (voir fig. 8)

Tension d'alimentation	V_b	=	250	250	250	100	V
Résistance d'anode	R_a	=	0,1	0,22	0,22	0,22	M Ω
Résistance de grille-écran	R_{g2}	=	0,39	1,0	1,2	1,2	M Ω
Résistance de fuite de la grille de commande	R_{g1}	=	1	1	10	10	M Ω
Résistance de fuite de la grille du tube suivant	R_{g1}'	=	0,33	0,68	0,68	0,68	M Ω
Résistance de cathode	R_k	=	1	2,2	0	0	k Ω
Courant de cathode	I_k	=	2,05	0,95	0,26	0,36	mA
Amplification	V_o/V_i	=	112	180	200	130	
Distorsion	$\left\{ \begin{array}{l} d_{tot} (V_o = 4 V_{eff}) \\ d_{tot} (V_o = 8 V_{eff}) \\ d_{tot} (V_o = 12 V_{eff}) \end{array} \right.$	=	0,3	0,5	< 1	1,2	%
		=	0,9	0,7	< 1	1,8	%
		=	1,2	1,0	< 1	3,0	%

En ce qui concerne le dernier ensemble de conditions indiqué, la tension de polarisation de la grille de commande est obtenue à l'aide de la tension de fuite de la grille (il n'y a pas de résistance de cathode). Ces données sont valables pour autant que la résistance interne de la source de tension de commande soit nulle. Si cette résistance interne atteint 2 M Ω , les données restent valables, sauf en ce qui concerne la distorsion, dont les chiffres doivent être augmentés de 1 %.

Pour pouvoir calculer la tension d'entrée dans ce montage, si la source de tension d'entrée présente une résistance interne, il est nécessaire de se rappeler que l'amortissement produit par le tube EF 40 est de l'ordre de 6 M Ω .

CONDITIONS D'EMPLOI DU TUBE EF 40 BRANCHÉ EN TRIODE, EMPLOYÉ COMME AMPLIFICATEUR B.F.

Résistance d'anode	R_a	=		0,047			M Ω
Résistance de fuite de la grille de commande du tube suivant	R_g'	=		0,15			M Ω
Résistance de cathode	R_k	=		1200			Ω
Tension d'alimentation	V_b	=	400	350	300	250	200 V
Courant d'anode	I_a	=	3,7	3,2	2,7	2,3	1,85 mA
Amplification	V_o/V_i	=	24,5	24,5	24	23,5	23,5
Tension de sortie alternative à la naissance du courant de grille	V_o	=	64	53	43	32	22 V _{eff}
Distorsion	d_{tot}	=	4,5	4,0	3,8	3,5	3,1 %
Résistance d'anode	R_a	=		0,1			M Ω
Résistance de fuite de la grille de commande du tube suivant	R_g'	=		0,33			M Ω
Résistance de cathode	R_k	=		2200			Ω
Tension d'alimentation	V_b	=	400	350	300	250	200 V
Courant d'anode	I_a	=	2,0	1,7	1,5	1,25	1,0 mA
Amplification	V_o/V_i	=	28,5	28,5	28,5	28	27,5

Le tube EF 40 branché en triode, employé comme amplificateur B.F.

Tension de sortie alternative à la naissance du courant de grille	V_o	=	73	62	50	39	27,5	V_{eff}
Distorsion	d_{tot}	=	4,0	4,0	3,8	3,7	3,3	%
Résistance d'anode	R_a	=			0,22			MΩ
Résistance de fuite de la grille de commande du tube suivant	$R_{g'}$				0,68			MΩ
Résistance de cathode	R_k	=			3900			Ω
Tension d'alimentation	V_b	=	400	350	300	250	200	V
Courant d'anode	I_a	=	1,05	0,9	0,8	0,65	0,5	mA
Amplification	V_o/V_i	=	32	31,5	31	30,5	30,5	
Tension de sortie alternative à la naissance du courant de grille	V_o	=	74	62	51	39	28	V_{eff}
Distorsion	d_{tot}	=	3,8	3,7	3,7	3,5	3,1	%

Valeurs à ne pas dépasser

Tension de l'anode à l'état bloqué	V_{a0}	= max.	550	V
Tension de l'anode	V_a	= max.	300	V
Puissance dissipée sur l'anode	W_a	= max.	1	W
Tension de la grille-écran à l'état bloqué	V_{g20}	= max.	550	V
Tension de grille-écran	V_{g2}	= max.	200	V
Puissance dissipée sur la grille-écran	W_{g2}	= max.	0,2	W
Courant anodique	I_k	= max.	6	mA
Tension de la grille de commande à la naissance du courant de grille	$V_{g1}(i_{g1} = +0,3\mu\text{A})$	= max.	—1,3	V
Résistance du circuit extérieur entre la grille de commande et la cathode	$R_{g1}(W_{a2} 0,2)$	= max.	10	MΩ
Résistance du circuit extérieur entre le filament et la cathode	$R_{fk} R_{g1}(W_{a'} 0,2\text{W})$	= max.	3	MΩ ¹⁾
Tension entre le filament et la cathode	V_{fk}	= max.	100	V

¹⁾ Si la tension de polarisation de la grille de commande est obtenue par la résistance de fuite de la grille uniquement, R_{g1} peut atteindre, au maximum, 22 MΩ.

79688

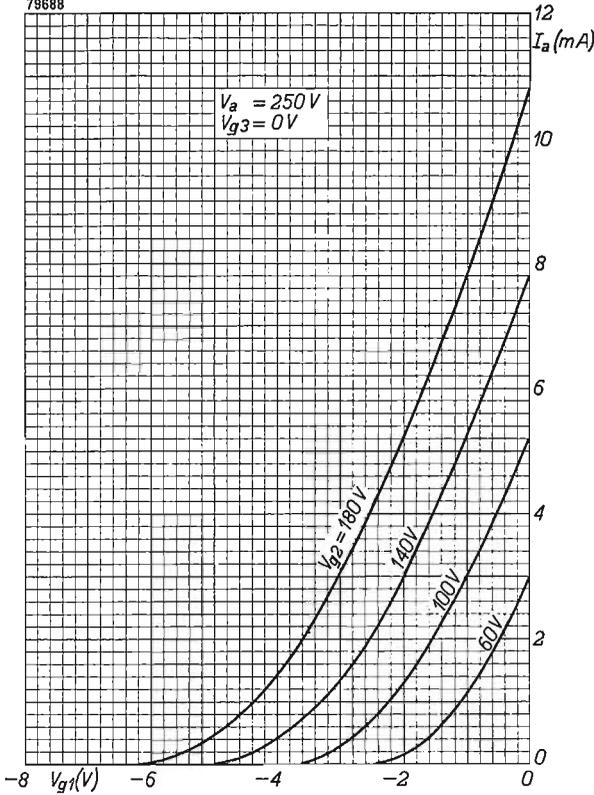
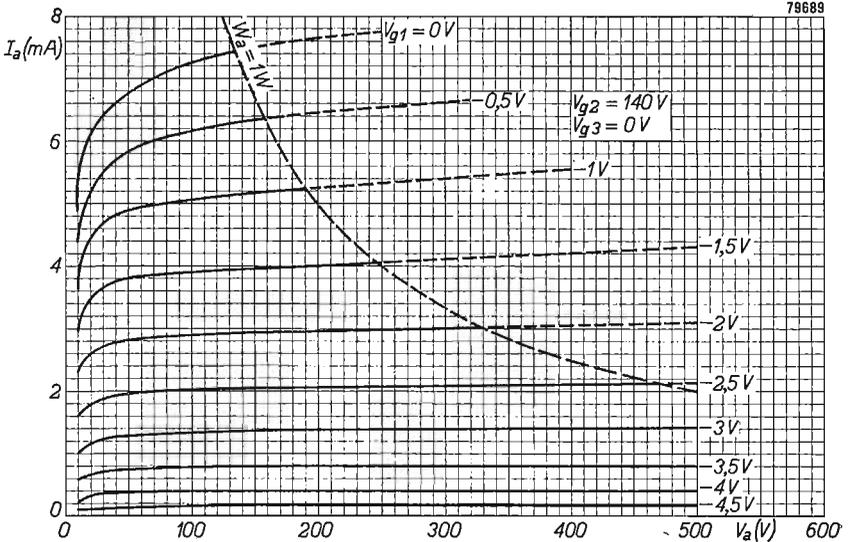


Fig. 9

Courant anodique (I_a) en fonction de la tension négative de la grille de commande (V_{g1}) pour différentes tensions de grille-écran (V_{g2}). Tension d'anode (V_a) = 250 V.

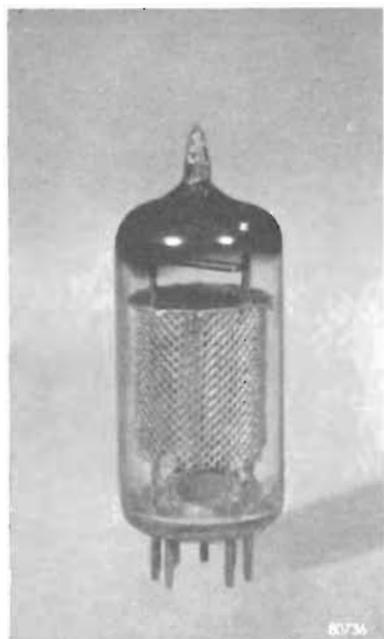
Fig. 10

Courant anodique (I_a) en fonction de la tension d'anode (V_a) pour différentes tensions négatives de la grille de commande (V_{g1}). Tension de grille-écran (V_{g2}) = 140 V. La courbe en pointillé indique la dissipation anodique maximum ($W_a = 1 W$).



79689

PENTHODE EF 86 A FAIBLE NIVEAU DE BRUIT



Cette penthode à faible recul de grille ressemble beaucoup à la penthode EF 40, mais s'en distingue par le support. Pour le tube EF 86, le support est du type *Noval*. Il en résulte quelques différences faibles en ce qui concerne les capacités entre électrodes. Mais les limites de fonctionnement des deux tubes ne sont pas identiques. Les valeurs du courant de chauffage, des capacités, ainsi que les données techniques particulières et les conditions limites de fonctionnement, sont données dans les tableaux suivants. Toutes les autres conditions de réglage et de fonctionnement sont identiques à celles du tube EF 40.

Fig. 11. La penthode EF 86.

DONNÉES TECHNIQUES CONCERNANT LA PENTHODE EF 86

Chauffage: indirect en courant continu ou alternatif, en série ou en parallèle

Tension de chauffage	V_f	=	6,3 V
Courant de chauffage	I_f	=	0,2 A
Capacités (mesurées à froid)			
Capacité de la grille 1	C_{g1}	=	4,0 pF
Capacité de l'anode	C_a	=	5,5 pF
Capacité entre l'anode et la grille de commande	C_{ag1}	=	0,025 pF

Caractéristiques nominales

Tension de l'anode	V_a	=	250 V
Tension de la grille de suppression	V_{g3}	=	0 V
Tension de la grille-écran	V_{g2}	=	140 V
Tension de la grille de commande	V_{g1}	=	-2 V
Courant anodique	I_a	=	3,0 mA

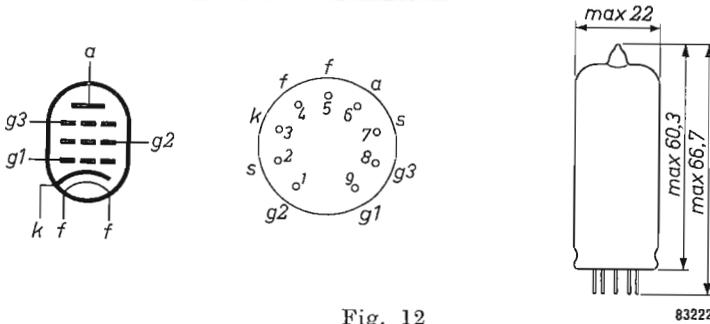


Fig. 12

Disposition des électrodes et encombrement maximum en mm du tube EF 86.

Courant de la grille-écran	I_{g2}	=	0,55 mA
Pente	S	=	1,85 mA/V
Résistance interne	R_i	=	2,5 MΩ
Coefficient d'amplification de la grille-écran par rapport à la première grille	μ_{g2g1}	=	38

Valeurs à ne pas dépasser (limites d'emploi)

Tension de l'anode à l'état bloqué	V_{a0}	= max.	550 V
Tension de l'anode	V_a	= max.	300 V
Puissance dissipée sur l'anode	W_a	= max.	1 W
Tension de la grille-écran à l'état bloqué	V_{g20}	= max.	550 V
Tension de la grille-écran	V_{g2}	= max.	200 V
Puissance dissipée sur la grille-écran	W_{g2}	= max.	0,2 W
Courant cathodique	I_k	= max.	6 mA
Tension de la grille de commande à la naissance du courant de grille ($I_{g1} = +0,3 \mu A$)	V_{g1}	= max.	-1,3 V
Résistance externe entre la grille de commande et la cathode	$\begin{cases} W_a < 0,2 \text{ W} \\ W_a > 0,2 \text{ W} \end{cases} R_{g1}$	= max.	$\begin{cases} 10 \text{ M}\Omega^1 \\ 3 \text{ M}\Omega^1 \end{cases}$
Résistance du circuit extérieur entre le filament et la cathode	R_{fk}	= max.	20 kΩ
Tension entre filament et cathode	V_{fk}	= max.	50 V

¹⁾ Si la tension de polarisation de la grille de commande est obtenue par la résistance de fuite de la grille uniquement, R_{g1} peut atteindre au maximum 22 MΩ. Les caractéristiques de fonctionnement et les courbes se rapportant au tube EF 86 sont les mêmes que celles indiquées ici pour le tube EF 40.

ECC 40 — DOUBLE TRIODE

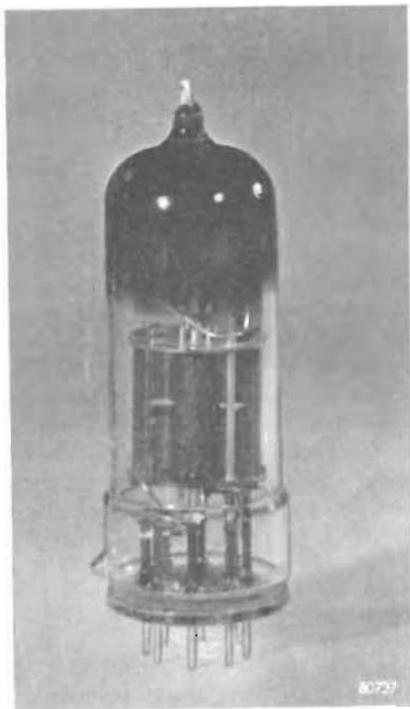


Fig. 13
La double triode ECC 40.

sortie demandée étant assez faible.

L'emploi du tube ECC 40 dans des appareils de mesure, des appareils de télévision, des compteurs, etc. ne sera pas décrit dans ce livre. La pente de chaque triode est de 2,9 mA/V. Le coefficient d'amplification est 32. Les capacités entre les deux triodes sont réduites. Cela est important à considérer lorsque les deux triodes sont branchées en cascade. On peut obtenir de cette manière une amplification considérable: 780 fois. Mais, dans ces conditions, des oscillations spontanées peuvent prendre naissance. Le câblage doit donc être exécuté avec le plus grand soin, et il faut faire usage d'une plaquette de blindage soudée à la borne centrale du support du tube pour séparer les connexions des deux moitiés du tube. Si, en dépit de ces précautions, le circuit se met encore à osciller, il faut introduire un condensateur de neutralisation entre la grille et l'anode de la première triode.

La valeur de ce condensateur doit être de 4 pF environ. Il peut être constitué

Le tube ECC 40 est une double triode, à chauffage indirect, possédant deux cathodes séparées, mais un seul filament. La tension de chauffage est de 6,3 volts. Le courant de chauffage atteint 0,6 ampère. Ce tube sert pour l'amplification B.F. Ses deux sections triodes peuvent être branchées en cascade. On peut aussi utiliser la première triode comme tube déphaseur, et il se prête également à d'autres catégories d'applications. On peut, par exemple, relier en parallèle les deux anodes pour obtenir un étage mélangeur permettant de doser les tensions d'entrée provenant séparément d'un microphone et d'un capteur (pick-up).

Le tube ECC 40 peut également être utilisé comme tube de sortie de faible puissance.

Utilisé en classe A, la puissance de sortie utile est de 280 mW par triode, la distorsion étant de 8,5 %. Utilisé dans un montage push-pull fonctionnant en classe AB, la puissance de sortie est de 520 mW avec 1 % de distorsion. Ainsi le tube ECC 40 peut être utilisé comme tube de sortie dans un appareil d'enregistrement sur bande, la puissance de

de deux bouts de fil de câblage isolé, torsadés ensemble. En ce qui concerne le ronflement, il faut faire une distinction entre les deux systèmes de triodes. Le choix d'une des deux moitiés comme premier tube n'est pas indifférent. Dans le schéma des connexions, les électrodes marquées d'un accent appartiennent à la seconde triode. C'est cette triode qui devra être employée de préférence comme second tube dans un montage en cascade, ou comme tube inverseur de phase. Elle peut aussi servir comme tube redresseur pour fournir la tension de polarisation de grille dans un amplificateur fonctionnant en classe B, etc.

La sensibilité admissible en vue de la microphonie (mesurée comme il a été indiqué pour le tube EF 40) atteint 50 mV. Si une plus grande sensibilité est désirée (signal d'entrée plus faible pour le maximum de puissance de sortie ou montage moins favorable du tube), il faut utiliser un support de tube antivibratoire et un blindage acoustique du tube.

Pour combattre le ronflement, il peut être nécessaire de brancher en parallèle, sur les connexions du filament, un potentiomètre bobiné dont le curseur réglable est mis à la masse. Cette mesure peut, en général, trouver son application dans tous les étages préamplificateurs. Il est à conseiller de n'utiliser, dans le circuit de grille, qu'une impédance aussi faible que possible. Si cette impédance ne dépasse pas 0,3 M Ω , le ronflement ne sera guère gênant.

Voici maintenant les caractéristiques, les données de réglage et les courbes se rapportant au tube ECC 40.

CARACTÉRISTIQUES DE LA DOUBLE TRIODE ECC 40

Chauffage par courant continu ou alternatif. Alimentation en parallèle. Les filaments des deux triodes sont branchés en parallèle intérieurement.

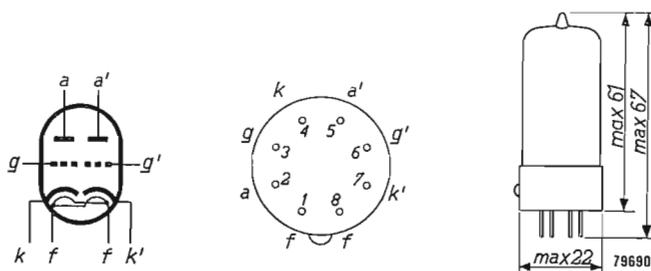


Fig. 14

Disposition des électrodes et encombrement maximum en mm du tube ECC 40.

Tension de chauffage	V_f	=	6,3 V
Courant de chauffage	I_f	=	0,6 A

Capacités (mesurées à froid)

Première triode

Capacité de la grille	C_g	=	2,8 pF
Capacité de l'anode A	C_a	=	1,1 pF
Capacité entre grille et anode .	C_{ag}	=	2,7 pF
Capacité entre grille et filament	C_{gf}	<	0,1 pF
Capacité entre cathode et fila- ment	C_{kf}	=	3,0 pF

Deuxième triode

Capacité de la grille	C_g'	=	2,6 pF
Capacité de l'anode A'	C_a'	=	0,55 pF
Capacité entre grille et anode .	$C_{a'g'}$	=	2,8 pF
Capacité entre grille et filament	$C_{g'f}$	<	0,1 pF
Capacité entre cathode et fila- ment	$C_{k'f}$	=	3,0 pF

Entre les deux triodes

Capacités entre les deux anodes	$C_{aa'}$	<	0,8 pF
Capacités entre les deux grilles	$C_{gg'}$	<	0,1 pF
Capacité entre l'anode du 1er système et la grille du 2ème système	$C_{ag'}$	<	0,1 pF
Capacité entre l'anode du 2ème système et la grille du 1er système	$C_{a'g}$	<	0,1 pF

Caractéristiques nominales d'emploi du tube ECC 40 (une seule triode)

Tension de l'anode	V_a	=	250 V
Résistance de cathode	R_g	=	930 Ω
Courant anodique	I_a	=	6 mA
Pente	S	=	2,9 mA/V
Résistance interne	R_i	=	11 k Ω
Coefficient d'amplification . . .	μ	=	32

Valeurs à ne pas dépasser (par triode)

Tension de l'anode à l'état blo- qué	V_{ao}	= max.	550 V
Tension de l'anode	V_a	= max.	300 V
Puissance dissipée sur l'anode .	W_a	= max.	1,5 W
Puissance dissipée sur la grille.	W_g	= max.	0,1 W
Courant cathodique	I_k	= max.	10 mA

Tension de la grille à l'état bloqué	$V_g(I_g = +0,3 \mu A) = \text{max.}$	-1,3 V
Résistance externe dans le circuit de grille	$R_g = \text{max.}$	1 M Ω
Résistance externe entre le filament et la cathode	$R_{fk} = \text{max.}$	0,15 M Ω
Tension entre le filament et la cathode.	$V_{fk} (k \text{ pos., } f \text{ nég.}) = \text{max.}$	175 V
	$V_{fk} (k \text{ neg., } f \text{ pos.}) = \text{max.}$	100 V

Le tube ECC 40 comme amplificateur B.F.

A. Données de réglage (une triode — voir fig. 15)

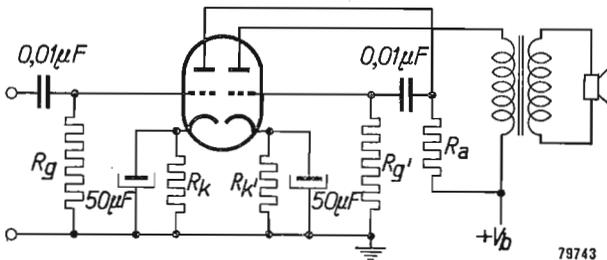


Fig. 15

Tension d'alimentation	$V_b = 250$	250 V
Résistance de charge d'anode	$R_a = 0,1$	0,22 M Ω
Résistance de cathode	$R_k = 2,2$	2,2 k Ω
Résistance de grille	$R_g = 1$	1 M Ω
Résistance de grille (2)	$R_{g'} = 0,33$	0,68 M Ω
Courant d'anode	$I_a = 1,4$	0,9 mA
Tension de sortie alternative	$V_o = 24$	18 V _{eff}
Amplification	$V_o/V_i = 30$	25
Distorsion	$d_{tot} = 2,2$	3,7 %

B. Données de réglage comme amplificateur (les deux triodes sont branchées en cascade — voir fig. 16)

Tension d'alimentation	$V_b = 250$	250 V
Résistance de charge d'anode du premier système.	$R_a = 0,22$	0,22 M Ω
Résistance de charge d'anode du second système	$R_{a'} = 0,1$	0,22 M Ω
Courant anodique total	$I_{tot} = 2,5$	2,0 mA
Tension de sortie alternative	$V_o = 30$	18 V _{eff}
Amplification	$V_o/V_i = 740$	780
Distorsion pour $V_o = 30 \text{ V}_{eff}$	$d_{tot}(V_o = 30 \text{ V}_{eff}) = 1,9$	1,2 %

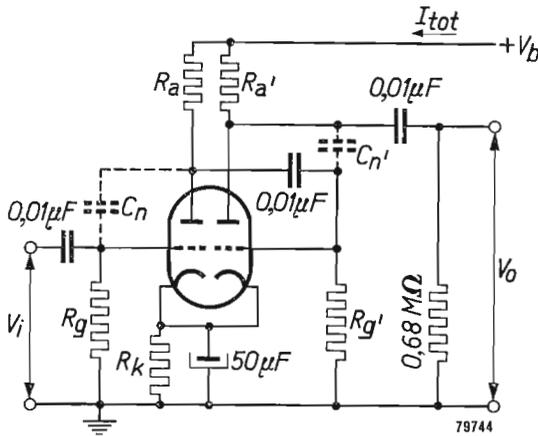


Fig. 16

Si le câblage est exécuté avec le plus grand soin, il est possible de construire un amplificateur stable, et dont l'amplification est très grande. En cas de difficultés, il faut prévoir un condensateur de neutralisation entre l'anode et la grille d'une des triodes (C_n ou C_n'). La valeur de ce condensateur est de l'ordre de 4 pF, quelle que soit la fréquence.

Le tube ECC 40 comme tube amplificateur de sortie

A. Conditions d'emploi en classe A — Amplificateur de sortie (une triode — voir fig. 15)

Tension de l'anode	V_a	=	250 V
Résistance de cathode	R_k	=	920 Ω
Courant anodique	I_a	=	6,0 mA
Pente	S	=	2,9 mA/V
Résistance interne	R_i	=	11 kΩ
Coefficient d'amplification . . .	μ	=	32
Résistance de charge	R_a	=	15 kΩ
Puissance de sortie	W_o	=	280 mW
Tension alternative d'entrée re-			
quise	V_i	=	3,9 V_{eff}
Distorsion	d_{tot}	=	8,5 %

B. Conditions d'emploi en classe A (amplificateur push-pull à triodes — voir fig. 17)

Tension de l'anode	V_a	=	250 V
Résistance de cathode	R_k	=	560 Ω

Résistance de charge	R_{aa}'	=	30	k Ω
Tension alternative d'entrée . .	V_i	=	0	4,0 V _{eff}
Courant anodique	I_a	=	2 × 5,2	2 × 5,6 mA
Puissance de sortie	W_o	=	0	520 mW
Distorsion	d_{tot}	=	—	1,0 %

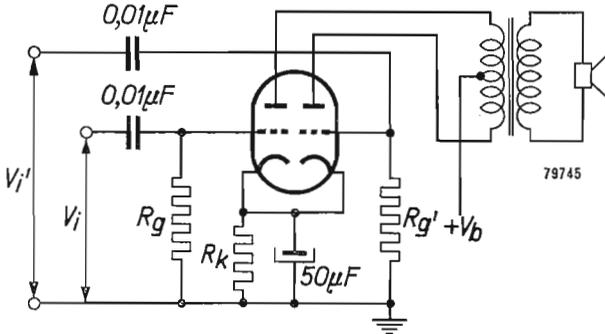


Fig. 17

Le tube ECC 40 employé comme amplificateur et inverseur de phase

On sait généralement que le bon fonctionnement d'un montage push-pull de sortie, dans un amplificateur ou un récepteur, exige que les deux grilles de commande des tubes de sortie soient commandées par des tensions alternatives égales, mais de phases opposées. Pour l'obtention de ces deux tensions, on utilise actuellement, dans les appareils fonctionnant sur le réseau, un montage équipé de deux triodes et comportant les résistances et condensateurs nécessaires.

Le tube ECC 40 contient, dans une même ampoule, les deux triodes utilisées, et il convient donc parfaitement pour cette application. Dans les descriptions qui vont suivre, on va montrer l'emploi du tube ECC 40 comme amplificateur et inverseur de phase (voir fig. 18).

Tension d'alimentation	V_b	=	250	350 V
Courant anodique du premier système	I_a	=	1,12	1,57 mA
Courant anodique du second système	I_a'	=	0,55	0,78 mA
Amplification	V_o/V_i	=	27	27
Distorsion	d_{tot}	=	1,0	1,0 %
Tension de sortie	V_o	=	18	30 V _{eff}

La fig. 18 représente un montage dans lequel la première triode est utilisée comme amplificateur B.F. La tension amplifiée est appliquée à la grille de

la deuxième triode, dont les résistances de cathode et d'anode sont identiques. Ces résistances ne sont pas shuntées par des condensateurs. Aux bornes de ces deux résistances on obtient des tensions identiques mais opposées, qui commandent les grilles de l'étage de sortie, après transmission par les condensateurs de $0,01 \mu\text{F}$.

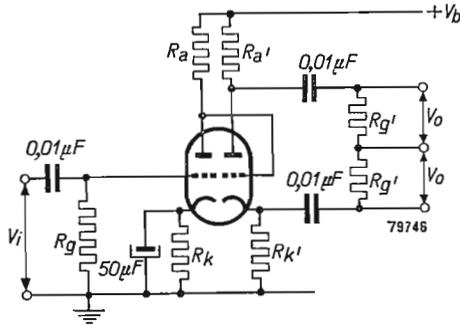


Fig. 18

Dans ce montage, la grille de la seconde triode a tendance à devenir fortement négative en raison de la présence d'une grande résistance de cathode. C'est pour cette raison que cette grille a été directement reliée à l'anode de la première triode.

La tension de cette anode est réglée par le choix de la valeur de la résistance d'anode; la tension de la grille de la seconde triode par rapport à sa cathode s'en trouve influencée. Par le choix judicieux de la résistance R_a , on obtient la tension qui convient à la grille de la seconde triode.

La fig. 19 montre un autre montage d'inversion de phase. La première triode est encore employée comme amplificateur normal. La tension amplifiée recueillie à l'anode est appliquée, par l'intermédiaire du condensateur C_1 et du potentiomètre R_1, R_g' , à la grille de commande du second système. Les tensions amplifiées V_o et V_o' , disponibles aux anodes des deux systèmes, sont appliquées, en passant par les condensateurs (C_1 et C_2), aux grilles de commande de l'étage de sortie (push-pull).

Pour que les tensions V_o et V_o' soient les mêmes, il est nécessaire que le rapport $(R_1 + R_g')/R_g'$ soit égal à l'amplification du second système. Cela constitue un inconvénient, propre à ce montage. Si, pour une raison quelconque, l'amplification de la seconde triode vient à se modifier, les deux tensions V_o et V_o' ne seront plus les mêmes.

Mais ce montage présente un avantage par rapport à celui de la fig. 18. La résistance de cathode ne doit pas être shuntée. Les courants alternatifs dans les deux systèmes sont égaux et en opposition. Le courant alternatif résultant est nul.

Pour éviter l'inconvénient propre au circuit de la fig. 16, on peut utiliser celui de la fig. 20. Ici l'on fait usage, sur la seconde triode, du principe de la contre-réaction. On relie, notamment, l'anode à la grille en passant par un condensateur et une résistance. Cette contre-réaction réduit les effets dus à une modification des valeurs des tensions d'alimentation ou des caractéristiques du tube.

Tension d'alimentation	V_b	= 250	350 V
Résistance commune aux cathodes	R_k	= 1,0	0,75 k Ω
R_g, R_1, R_2 (voir fig. 17)	$R_g = R_1 = R_2$	= 0,7	0,7 M Ω
Résistance sur la grille de la seconde triode	R_g'	= 27,3	26,6 k Ω
Résistance d'anode	$R_a = R'$	= 0,1	0,1 M Ω
Condensateurs de couplage	$C_1 = C_2$	= 0,01	0,01 μ F
Courant total	I_{tot}	= 3,0	4,3 mA
Amplification	V_o/V_i	= 26	27,5
Tension de sortie	V_o	= 30	30 V _{eff}
Distorsion dans le premier système	d_{tot}	= 1,5	1,1 %
Distorsion dans le second système	d'_{tot}	= 0,5	0,3 %

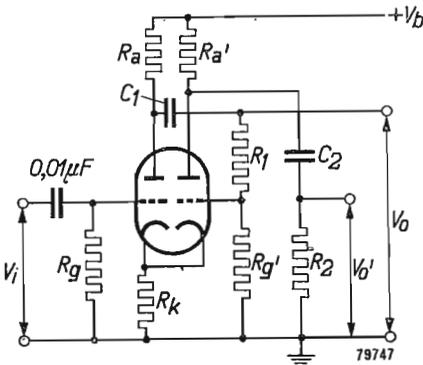


Fig. 19

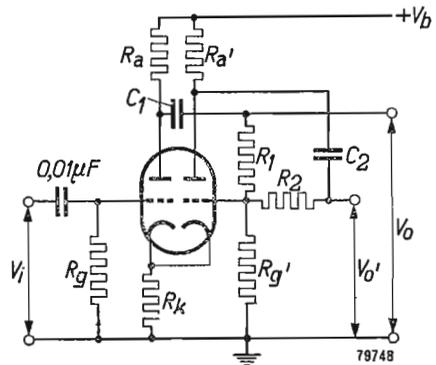


Fig. 20

Résistance de fuite de grille	R_g	= 0,7 M Ω
Résistance de fuite de grille 2e étage	R_g'	= 0,22 M Ω
Résistance d'anode	$R_g = R_a'$	= 0,15 M Ω
Résistance de cathode	R_k	= 1,1 k Ω
R_1 (voir fig. 20)		= 0,41 M Ω
R_2		= 0,47 M Ω
Condensateurs de couplage	$C_1 = C_2$	= 0,02 μ F

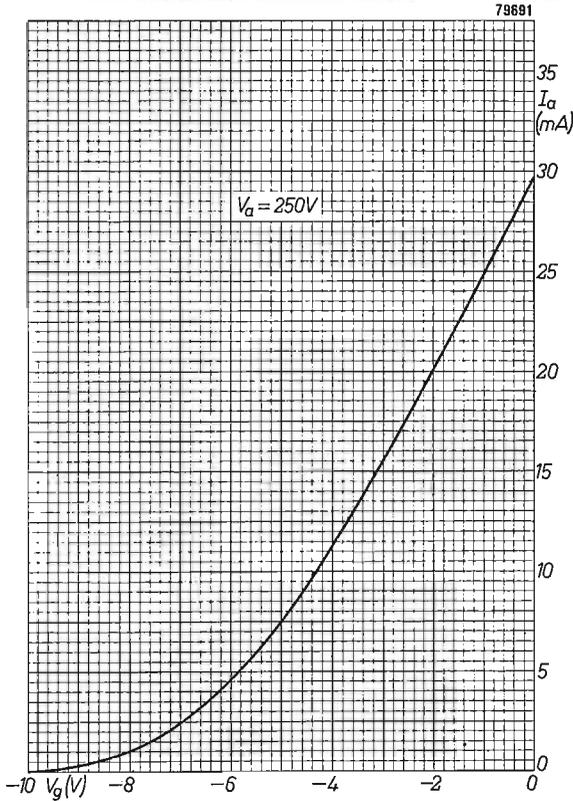


Fig. 21
 Courant anodique (I_a) en fonction de la tension négative de grille (V_g) pour une tension d'anode $V_a = 250 V$.

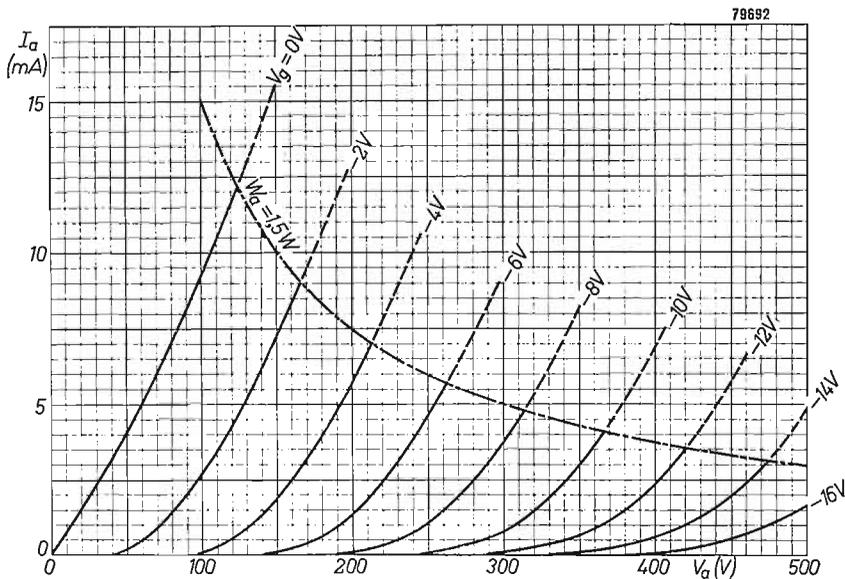


Fig. 22
 Courant anodique (I_a) en fonction de la tension d'anode (V_a) pour différentes tensions négatives de la grille (V_g). La courbe en pointillé indique la dissipation anodique maximum admissible: $W_a = 1,5 W$.

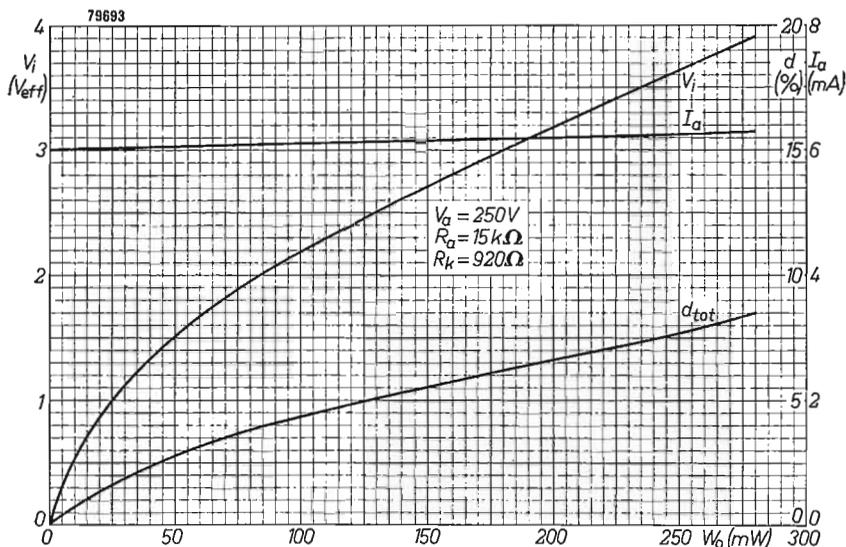


Fig. 23

Courant anodique (I_a), tension alternative de grille (V_i) et distorsion (d_{tot}) en fonction de la puissance de sortie (W_o) en classe A d'une triode de l'ECC 40, utilisée dans un amplificateur de sortie pour une tension d'anode $V_a = 250$ V, une résistance de charge $R_a = 15$ k Ω et une résistance cathodique $R_k = 870$ Ω .

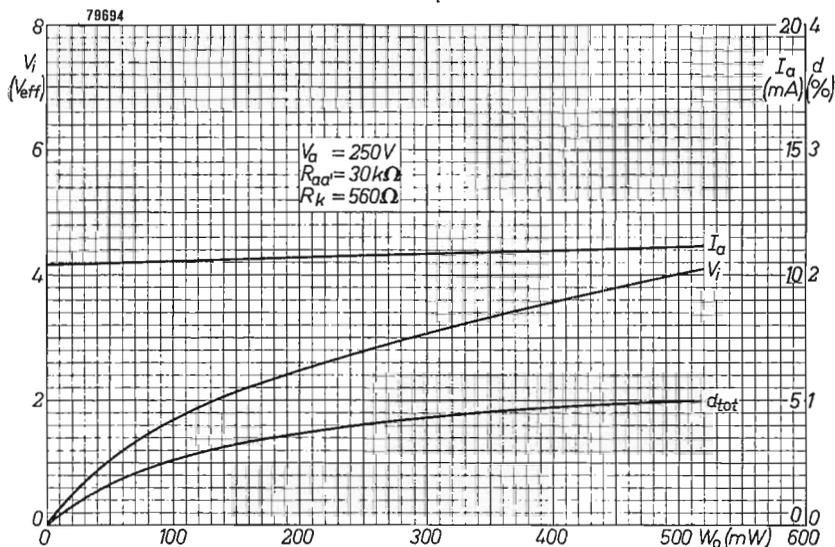


Fig. 24

34 Comme ci-dessus, mais pour les deux triodes de l'ECC 40 en push-pull, fonctionnant en classe AB, pour une tension anodique $V_a = 250$, V, une résistance de charge $R_{aa} = 30$ k Ω et une résistance cathodique commune $R_k = 550$ Ω .

LE TUBE ECC 83, DOUBLE TRIODE À COEFFICIENT D'AMPLIFICATION ÉLEVÉ

Le tube ECC 83 est une double triode à coefficient d'amplification élevé. Les deux cathodes sont séparées. Le filament est commun et peut être alimenté par du courant continu ou du courant alternatif. On peut le chauffer en série ou en parallèle. Le tube ECC 83 est pourvu d'un filament à prise médiane, dont les extrémités aboutissent aux broches 4 et 5 et la prise médiane à la borne 9 du support du tube. Quand le filament est alimenté par les broches 4 et 5, le courant de chauffage est de 0,15 A, la tension de chauffage étant 12,6 V. Si les contacts 4 et 5 sont reliés ensemble et si l'autre broche d'alimentation est au contact 9, le courant de filament est de 0,3 A, la tension appliquée étant de 6,3 V. Lorsque le tube ECC 83 se trouve inséré dans une chaîne de chauffage comprenant d'autres tubes, un dispositif de limitation de courant doit être prévu afin que l'intensité ne dépasse pas une certaine valeur au moment de la mise sous tension du montage.

La pente de chaque triode est de 1,6 mA/V, la tension d'anode étant 250 V. Le coefficient d'amplification atteint 100; une amplification très élevée peut donc être obtenue.

Les capacités entre électrodes sont relativement faibles. Il est donc possible de construire, en utilisant ce tube, des amplificateurs B.F. ayant une excellente courbe de reproduction.

Les capacités entre les deux triodes de ce tube sont cependant plus élevées que celles du tube ECC 40. Il en résulte que le tube ECC 83 ne se prête guère, en raison de son grand coefficient d'amplification, à un montage en cascade des deux triodes. De tels montages nécessiteraient en effet des précautions trop nombreuses en vue d'éliminer les auto-oscillations spontanées, et ils ne peuvent être recommandés.

Le tube ECC 83 est parfaitement utilisable comme préamplificateur et inverseur de phase.

Étant donné son coefficient d'amplification élevé, ce tube peut être employé avec succès dans un montage à couplage par la cathode, lorsqu'une reproduction fidèle paraît plus désirable que la recherche d'une amplification importante. Un exemple d'un tel montage est donné au Chapitre VI, page 89. Le tube ECC 83 peut également être utilisé pour le mélange des signaux d'un pick-up (capteur) et d'un microphone.

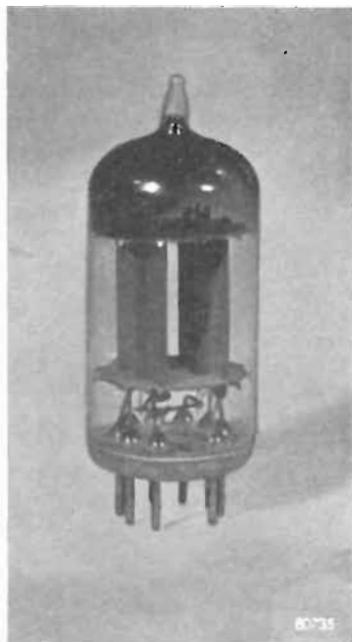


Fig. 25
La double triode ECC 83.

Le support du tube recommandé porte le numéro de type 5908/03 Voici les caractéristiques nominales et les courbes relatives au tube ECC 83.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA DOUBLE TRIODE ECC 83

Chauffage du filament: alimentation par courant continu ou par courant alternatif. Chauffage en série ou en parallèle.

Les filaments des deux triodes peuvent être montés en série ou en parallèle.

Tension de chauffage	V_f	= 6,3 V	12,6 V
Courant de chauffage	I_f	= 0,3 A ¹⁾	0,15 A ¹⁾
	broches	9—(4+5)	4—5

Capacités

Capacité de la grille	C_g	= 1,7 pF	$C_{g'}$	= 1,7 pF
Capacité de l'anode	C_a	= 0,4 pF	$C_{a'}$	= 0,3 pF
Capacité entre grille et anode .	C_{ag}	= 1,8 pF	$C_{a'g'}$	= 1,8 pF
Capacité entre grille et filament	C_{gf}	< 0,15 pF	$C_{g'f'}$	< 0,15 pF
Capacité entre les deux anodes des triodes	$C_{aa'}$	< 1,2 pF		
Capacité entre l'anode d'une section et la grille de l'autre.	$C_{a'g}$	< 0,1 pF		
	$C_{ag'}$	< 0,1 pF		
Entre les grilles	$C_{gg'}$	< 0,01 pF		

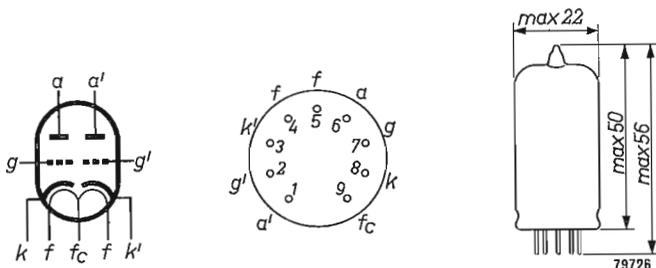


Fig. 26

Disposition des électrodes et encombrement maximum en mm du tube ECC 83.

¹⁾ Dans le cas du chauffage en série des filaments, on doit prévoir un dispositif limitant le courant au moment de la mise en service (résistance CTN).

Caractéristiques nominales d'emploi

Tension de l'anode	V_a	= 100	250 V
Tension de la grille de commande	V_g	= -1,0	-2,0 V
Courant anodique	I_a	= 0,5	1,2 mA
Pente	S	= 1,25	1,6 mA/V
Coefficient d'amplification	μ	= 100	100
Résistance	R_i	= 80	6,25 k Ω

Conditions de fonctionnement comme amplificateur B.F. à couplage par résistances et capacité (une seule triode)

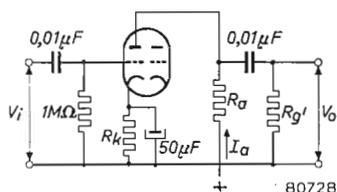


Fig. 27

A. $R_a = 0,047 \text{ M}\Omega$; $R_g' = 0,15 \text{ M}\Omega$ (voir le montage de la fig. 27)

(V_b) V	R_k (Ω)	I_a (mA)	V_o (V_{eff}^1)	V_o/V_i	d_{tot} ($\%$) ²
250	1200	1,18	23	37	7,0
300	1000	1,55	26	40	5,0
350	820	1,98	33	42	4,4
400	680	2,45	37	44	3,6

B. $R_a = 0,1 \text{ M}\Omega$; $R_g' = 0,33 \text{ M}\Omega$

V_b (V)	R_k (Ω)	I_a (mA)	V_o (V_{eff}^1)	V_o/V_i	d_{tot} ($\%$) ²
250	1500	0,86	26	54	3,9
300	1200	1,11	30	57	2,7
350	1000	1,40	36	61	2,2
400	820	1,72	38	63	1,7

C. $R_a = 0,22 \text{ M}\Omega$; $R_g' = 0,68 \text{ M}\Omega$

V_b (V)	R_k (Ω)	I_a (mA)	V_o (V_{eff}) ¹⁾	V_o/V_i	d_{tot} (%) ²⁾
250	2700	0,48	28	66	3,4
300	2200	0,63	36	72	2,6
350	1500	0,85	37	75	1,6
400	1200	1,02	38	76	1,1

Valeurs à ne pas dépasser (par triode)

Tension de l'anode, pour courant anodique nul	V_{ao}	= max.	500 V
Tension de l'anode	V_a	= max.	300 V
Puissance dissipée sur l'anode	W_a	= max.	1 W
Courant cathodique	I_k	= max.	5 mA
Tension négative de la grille de commande	$-V_g$	= max.	50 V
Tension de la grille de commande, à la naissance du courant de grille = ($I_g = +0,3 \mu\text{A}$)	V_g	= max.	-1,3 V
Résistance du circuit de grille	R_g	= max.	2 $\text{M}\Omega$ ³⁾
Tension entre la cathode et le filament	V_{kf}	= max.	130 V
Résistance entre la cathode et le filament	R_{kf}	= max.	20 k Ω

¹⁾ Tension de sortie (V_o) au point de naissance du courant de grille.

²⁾ La distorsion harmonique totale est sensiblement proportionnelle à la tension de sortie.

³⁾ Avec tension de polarisation de la grille automatique.

Fig. 28
 Courant anodique (I_a)
 en fonction de la tension
 négative de grille (V_g)
 pour des tensions d'ano-
 de V_a de 250 V ou 100 V.

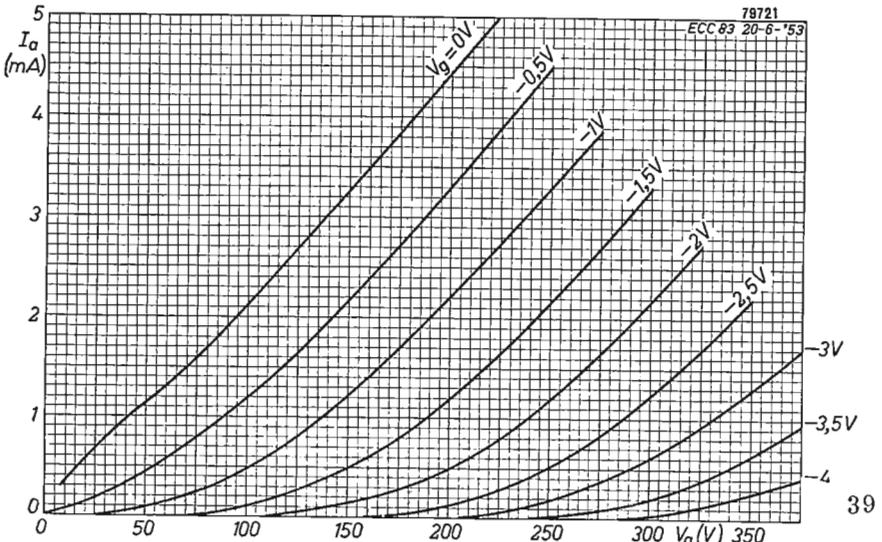
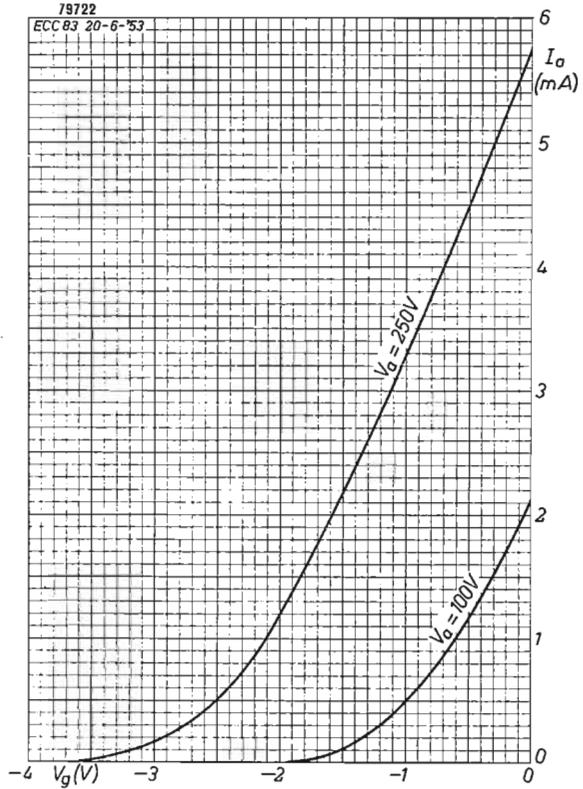


Fig. 29. Caractéristiques I_a/V_g du tube ECC 83

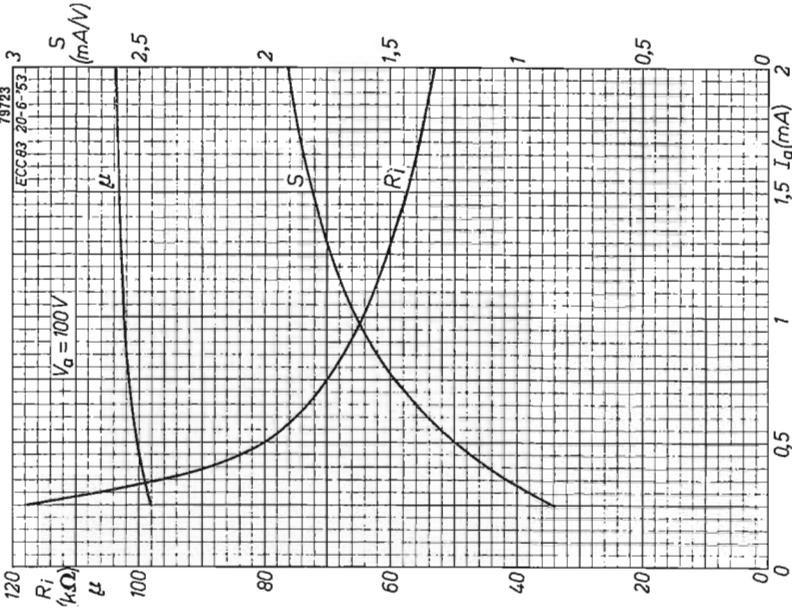


Fig. 31
Coefficient d'amplification (μ), pente (S) et résistance interne (R_i) du tube ECC 83 en fonction du courant anodique (I_a), $V_a = 100 V$.

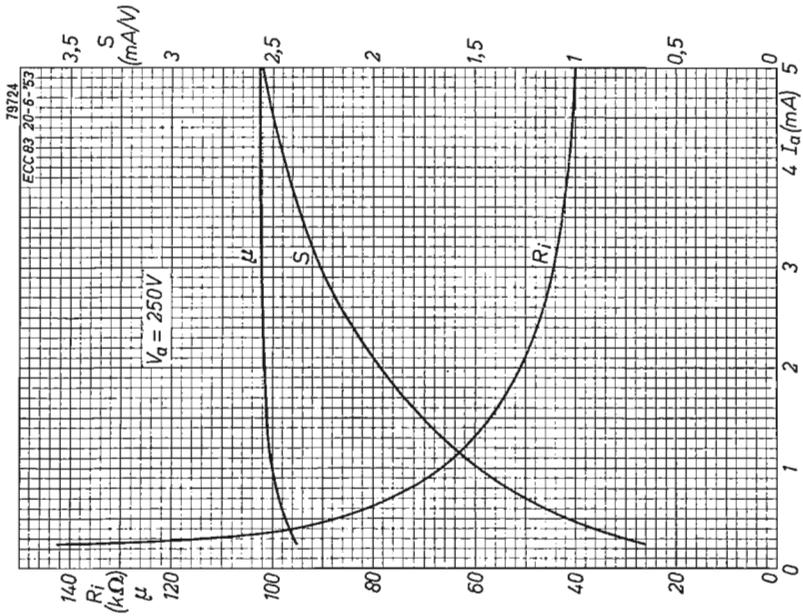


Fig. 30
Coefficient d'amplification (μ), pente (S) et résistance interne (R_i) du tube ECC 83 en fonction du courant anodique (I_a), $V_a = 250 V$.

LA PENTHODE DE PUISSANCE EL 34

Le tube EL 34 est une penthode de puissance à chauffage indirect. Sa pente est élevée: 11 mA/V. Sa dissipation anodique maximum admissible est de 25 W. Il peut être considéré comme une penthode de puissance universelle, puisqu'on peut l'utiliser en régime A dans des amplificateurs de faible puissance ou dans des récepteurs de luxe, ainsi que dans des amplificateurs de grande puissance, où il est employé en push-pull, classe AB ou B. Deux tubes EL 34 peuvent alors fournir une puissance de sortie de 35 ou de 100 W. Des puissances plus considérables encore peuvent être fournies, si quatre tubes utilisés en push-pull sont branchés, deux à deux, en parallèle.

Pour obtenir une puissance de sortie faible (8-35 W), les tensions de l'anode usuelles, relativement basses, suffisent. Pour des puissances élevées, la haute tension peut atteindre 800 V. La conception spéciale du support du tube a permis d'y disposer *toutes les électrodes*. On utilise le support de tube PHILIPS type 5903/12, qui peut admettre des tensions élevées. Dans le paragraphe "Valeurs à ne pas dépasser", on indique comme puissance maximum dissippable sur l'anode: 25 W; cela veut dire que, pour un tube normal fonctionnant aux tensions nominales, et avec des pièces dont les valeurs nominales sont respectées, la dissipation d'anode de 25 W ne peut être dépassée.

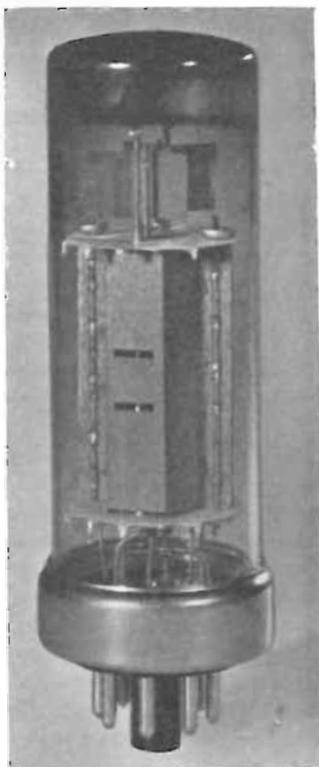


Fig. 32
La penthode de puissance
EL 34.

En pratique, ces conditions ne sont pas toujours réunies, car il faut tenir compte des tolérances de fabrication sur les pièces détachées. De plus, la tension du réseau n'est pas toujours constante. On en a tenu compte, et l'on peut, sur les conditions précitées, accepter quelques tolérances supplémentaires.

La puissance dissipée sur l'anode ne doit pas, en raison des tolérances sur les pièces détachées, être dépassée de plus de 15 %. En ce qui concerne la tension du réseau, des variations de 10 % sont admises. La dissipation maximum admissible de 25 W doit être respectée en toute rigueur, s'il n'y a pas de tension alternative d'entrée à la grille du tube. Cela n'a de l'importance que pour le fonctionnement en classe A et en classe AB. Dans le cas du fonctionnement en classe B, la puissance anodique dissipée, sans tension alternative à l'entrée du tube, sera toujours bien inférieure à 25 W, et la dissipation anodique maximum se trouvera théoriquement atteinte lorsque la tension alternative d'entrée vaut deux fois la valeur de la tension d'entrée nécessaire pour charger le tube au

maximum. Dans les amplificateurs pour sonorisation, cette condition d'utilisation ne se présente que rarement. Une dissipation anodique maximum de 27,5 W peut être tolérée.

Si l'amplificateur fonctionnant en classe B est utilisé avec une tension d'entrée alternative constante, comme c'est le cas dans certains appareils de mesure, il faut respecter en toute rigueur la dissipation de 25 W. La dissipation sur la grille-écran peut atteindre, sans tension alternative d'entrée, 6 W.

Si le tube fonctionne à sa puissance maximum, cette dissipation peut atteindre 12 W. Les mêmes restrictions que pour la dissipation anodique sont applicables à la dissipation de l'écran. Le tube EL 34 est d'un format relativement réduit: les puissances dans le circuit d'anode et dans le circuit de grille-écran y sont relativement élevées. La chaleur dégagée doit être dissipée au moyen d'une bonne ventilation du tube. Ce tube doit être monté verticalement, et l'air doit pouvoir circuler librement le long de l'ampoule. La distance entre 2 tubes EL 34 doit, au minimum, égaler le diamètre du tube. La distance entre le tube et les parois du boîtier ou d'autres pièces doit être d'au moins $\frac{3}{4}$ fois le diamètre du tube.

Le transformateur d'alimentation et les tubes redresseurs doivent être suffisamment éloignés des tubes de puissance. Il en est de même des résistances qui dissipent une puissance appréciable. Pour déterminer le réglage exact d'un montage push-pull fonctionnant en classe AB, on peut faire usage du graphique de la fig. 30. Ce graphique montre comment la résistance de charge, la puissance maximum de sortie et la résistance de cathode varient avec la tension d'alimentation. On suppose que, dans le circuit de la grille-écran des deux tubes EL 34, une résistance commune de 500 Ω a été intercalée. On admet également que, si la puissance fournie est maximum, la chute de tension continue dans le transformateur de sortie atteint 25 V.

Si les tensions d'alimentation dépassent 400 V, le fonctionnement en classe AB n'est pas à conseiller.

Il est en effet impossible de réduire la résistance de cathode en dessous de la valeur qui correspond à la dissipation anodique maximum admise, en l'absence de signal d'entrée.

La puissance de sortie maximum n'augmente que très faiblement lorsque les tensions augmentent; le fonctionnement en classe B sera atteint en effet bien avant que le tube fournisse sa puissance maximum. Les frais engagés pour l'obtention d'une tension d'anode plus élevée, ne sont donc pas justifiés. Si le tube fonctionne en classe A, ou en classe AB, la tension négative de grille est normalement obtenue à l'aide d'une résistance de cathode. Dans ces conditions, la résistance de fuite de grille ne peut dépasser 0,7 M Ω . Si le tube fonctionne en classe B, ou si la tension négative de grille est constante, cette résistance ne peut dépasser 0,5 M Ω . Pour éviter la production d'oscillations parasites, il est indispensable, en raison de la pente élevée du tube EL 34, de faire des connexions vers les différentes électrodes aussi courtes que possible. Si, pour une raison quelconque, les connexions doivent être plus longues (ce qui arrive assez souvent), il faut intercaler dans la connexion de la grille de

commande, et aussi près que possible du support du tube, une résistance, non shuntée, de 1000 Ω. Dans le circuit de la grille-écran, on intercalera une résistance de 100 Ω.

CARACTÉRISTIQUES DE LA PENTHODE DE PUISSANCE EL 34

Caractéristiques de chauffage

Chauffage indirect par courant continu ou alternatif; alimentation en parallèle

Tension de chauffage	V_j	=	6,3 V
Courant de chauffage	I_j	=	1,5 A

Capacités (mesurées à froid)

Capacité de la grille 1	C_{g1}	=	15,5 pF
Capacité de l'anode	C_a	=	7,2 pF
Capacité entre la grille de commande et l'anode	C_{ag1}	<	1,0 pF
Capacité entre la grille de commande et le filament	C_{gf1}	<	1,0 pF
Capacité entre la cathode et le filament	C_{kf}	=	11 pF

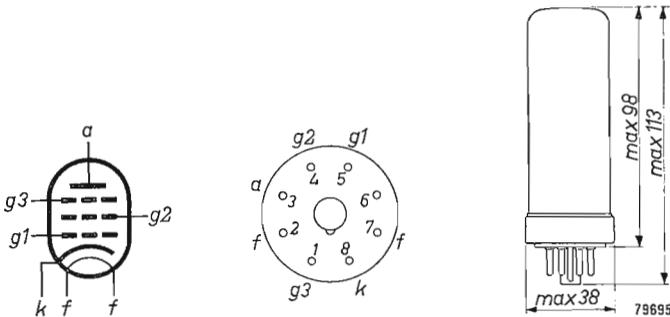


Fig. 33
Disposition des électrodes et encombrement maximum en mm.

Conditions nominales d'emploi d'un seul tube fonctionnant en amplification B.F., classe A

Tension d'alimentation	V_b	=	265	265 V
Tension de l'anode	V_a	=	250	250 V
Résistance du circuit de la grille 2	R_{g2}	=	2	0 kΩ

Tension sur la grille 3	V_{g3}	= 0	0 V
Tension de la grille de commande	V_{g1}	= -14,5	-13,5 V
Courant anodique	I_a	= 70	100 mA
Courant de la grille 2	I_{g2}	= 10	14,9 mA
Pente	S	= 9	11 mA/V
Coefficient d'amplification de la 2ème grille, par rapport à la première	μ_{g2g1}	= 11	11
Résistance interne	R_i	= 18	15 k Ω
Résistance de charge d'anode .	R_a	= 3	2 k Ω
Puissance de sortie à la naissance du courant de grille	$W_o(I_{g1} = +0,3 \mu A)$	= 8	11 W
Tension alternative d'entrée re- quisie pour la puissance de sor- tie précitée	$V_1(I_{g1} = +0,3 \mu A)$	= 9.3	8,7 V _{eff}
Distorsion à la puissance de sor- tie précitée	$d_{tot}(I_{g1} = +0,3 \mu A)$	= 10	10 %
Sensibilité	$V_i(W_o = 50 \text{ mW})$	= 0,65	0,5 V _{eff}

Conditions nominales d'emploi de deux tubes montés en push-pull et fonctionnant en classe AB

Résistance de charge (entre A et A')	R_{aa}	=	3,4	k Ω
Résistance de grille-écran (com- mune)	R_{g2}	=	470	Ω
Résistance de cathode	R_k	=	130	Ω
Tension de la grille 3	V_{g3}	=	0	V
Tension alternative d'entrée . .	V_i	= 0	21 V _{eff}	
Tension d'alimentation	V_b	= 375	375 V	
Tension d'anode + tension aux bornes de la résistance de ca- thode	$V_a + V_{rk}$	= 355	350	V
Courant anodique	I_a	= 2 x 75	2 x 95 mA	
Courant de la grille-écran	I_{g2}	= 2 x 11,5	2 x 22,5 mA	
Puissance de sortie	W_o	= 0	35 W	
Distorsion	d_{tot}	= —	5 %	

Conditions nominales d'emploi de deux tubes montés en push-pull et fonctionnant en classe B

A. Tension d'alimentation $V_b = 375 \text{ V}$

Résistance de grille-écran (résis- tance-série commune)	R_{g2}	=	470	Ω
Tension de la grille de commande	V_{g1}	=	-32	V

Tension de la grille 3	V_{g3}	=	0 V		
Tension alternative d'entrée . .	V_i	=	0	22,7	$22, V_{\text{eff}}$
Résistance de charge (entre A et A')	R_{aa}	=	—	2,8	3,8 k Ω
Tension d'alimentation	V_b	=	375	375	350 V
Tension de l'anode	V_a	=	350	350	325 V
Courant anodique	I_a	=	2×35	2×120	2×93 mA
Courant de la grille 2	I_{g2}	=	$2 \times 4,7$	2×25	2×25 mA
Puissance de sortie	W_o	=	0	44	36 W
Distorsion	d_{tot}	=	—	5	6 %

B. Tension d'alimentation $V_b = 425$ V

Résistance de grille-écran (résistance-série commune) . . .	R_{g2}	=	1000 Ω		
Tension de la grille de commande	V_{g1}	=	—38 V		
Tension de la grille 3	V_{g3}	=	0 V		
Tension alternative d'entrée . .	V_i	=	0	27	$27 V_{\text{eff}}$
Résistance de charge (entre A et A')	R_{aa}	=	—	3,4	4 k Ω
Tension d'alimentation	V_b	=	425	425	400 V
Tension de l'anode	V_a	=	420	400	375 V
Courant anodique	I_a	=	2×30	2×120	2×100 mA
Courant de la grille 2	I_{g2}	=	$2 \times 4,4$	2×25	2×25 mA
Puissance de sortie	W_o	=	0	55	45 W
Distorsion	d_{tot}	=	—	5	6 %

C. Tension d'alimentation $V_b = 800$ V

Résistance de grille-écran (résistance-série commune)	R_{g2}	=	750 Ω		
Tension de la grille de commande	V_{g1}	=	—39 V		
Tension de la grille 3	V_{g3}	=	0 V		
Tension alternative d'entrée . .	V_i	=	0	23,4	$23,4 V_{\text{eff}}$
Résistance de charge (entre A et A')	R_{aa}	=	11 11 k Ω		
Tension d'alimentation d'anode.	V_{ba}	=	800	800	750 V
Tension de l'anode	V_a	=	795	775	725 V
Tension d'alimentation de la grille 2	V_{bg2}	=	400	400	375 V
Courant anodique	I_a	=	2×25	2×91	2×84 mA
Courant de la grille 2	I_{g2}	=	2×3	2×19	2×19 mA
Puissance de sortie	W_o	=	0	100	90 W
Distorsion	d_{tot}	=	—	5	6 %

Conditions nominales d'emploi d'un seul tube monté en triode (grille 2 reliée à l'anode)

Tension d'alimentation	V_b	=	375 V
Tension de la grille 3	V_{g3}	=	0 V
Résistance de cathode	R_k	=	370 Ω
Résistance de charge d'anode	R_a	=	3 k Ω
Courant anodique	I_a	=	70 mA
Puissance de sortie	W_o	=	6 W
Tension alternative d'entrée	V_i	=	18,9 V _{eff}
Distorsion.	d_{tot}	=	8 %

Conditions nominales d'emploi de deux tubes montés en triode push-pull fonctionnant en classe AB (la grille 2 de chaque tube est reliée à l'anode)

Tension d'alimentation	V_b	=	400 V
Tension de la grille 3	V_{g3}	=	0 V
Résistance de cathode	R_k	=	220 Ω
Résistance de charge (entre A et A')	R_{aa}	=	5 k Ω
Tension alternative d'entrée	V_i	= 0	22 V _{eff}
Courant anodique	I_a	= 2 x 65	2 x 71 mA
Puissance de sortie	W_o	= 0	16,5 W
Distorsion.	d_{tot}	= —	3 %

Valeurs à ne pas dépasser

Tension de l'anode pour courant anodique nul	V_{ao}	= max.	2000 V
Tension de l'anode	V_a	= max.	800 V
Puissance dissipée sur l'anode, sans signal à l'entrée	$W_a (V_i = 0)$	= max.	25 W
Puissance dissipée sur l'anode, avec signal d'entrée	$W_a (V_i > 0)$	= max.	27,5 W
Tension de la grille 2 pour courant nul de la grille 2	V_{g2o}	= max.	800 V
Dissipation de la grille 2, sans signal à l'entrée	V_{g2}	= max.	425 V
Tension de la grille 2	$W_{g2} (V_i = 0)$	= max.	6 W
Dissipation de la grille 2 pour la puissance de sortie maximum	$W_{g2} (W_o = \text{max.})$	= max.	12 W
Courant cathodique	I_k	= max.	150 mA

Tension de la grille 1 au point de naissance du courant de grille	$V_{g1}(I_{g1} = +0.3 \mu\text{A}) = \text{max.}$	-1,3 V
Résistance du circuit extérieur entre la grille de commande et la cathode, en classe A ou en classe AB	$R_{g1}(A, AB)$	= max. 0,7 M Ω
Résistance du circuit extérieur entre la grille de commande et la cathode, en classe B . .	$R_{g1}(B)$	= max. 0,5 M Ω
Résistance du circuit extérieur entre le filament et la cathode	R_{fk}	= max. 20 k Ω
Tension entre le filament et la cathode	V_{fk}	= max. 100 V

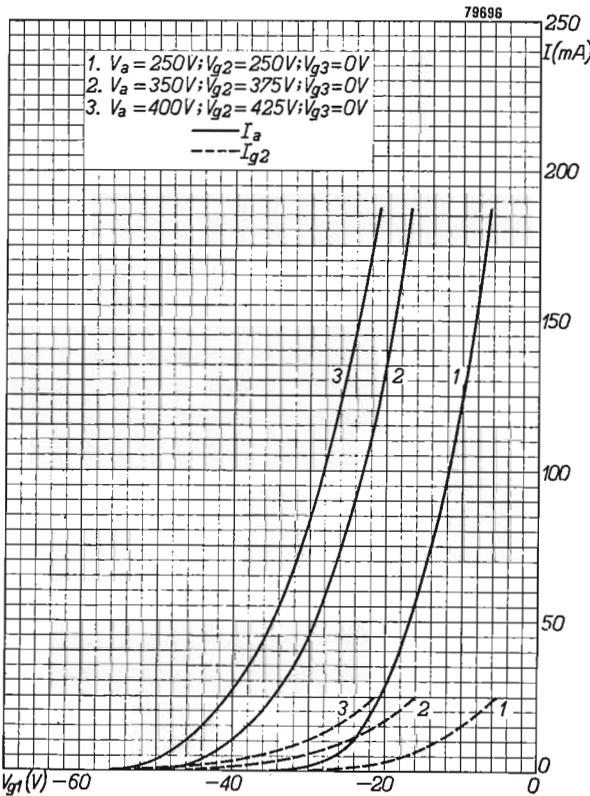


Fig. 34
 Courant anodique (I_a) et courant de grille-écran (I_{g2}) de l'EL 34, en fonction de la tension négative de grille de commande (V_{g1}), pour différentes tensions d'anode et de grille-écran.

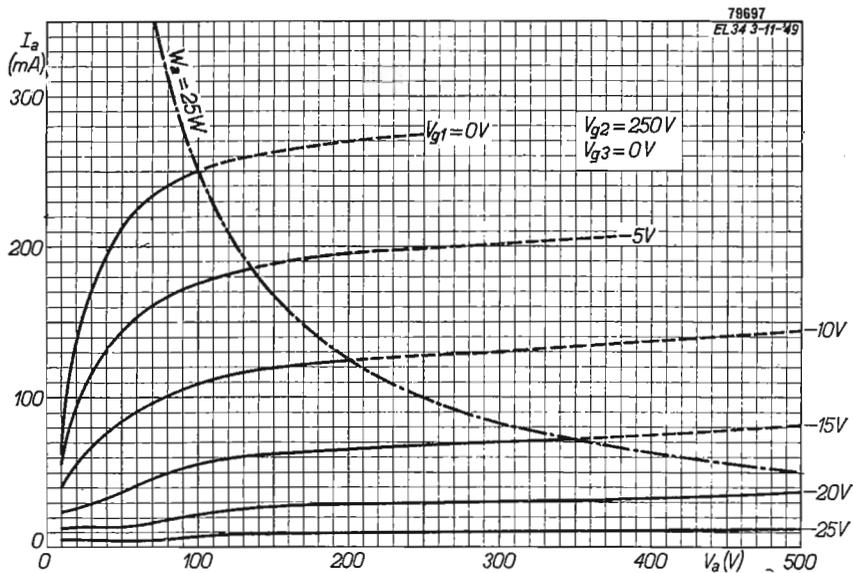


Fig. 35
Caractéristiques I_a/V_a de l'EL 34 pour $V_{g2} = 250 V$.

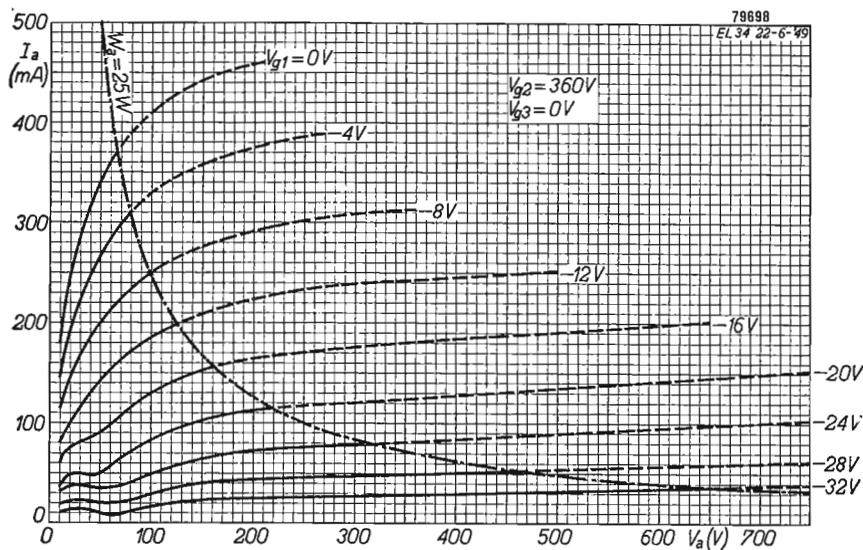


Fig. 36
Caractéristiques I_a/V_a de l'EL 34 pour $V_{g2} = 360 V$.

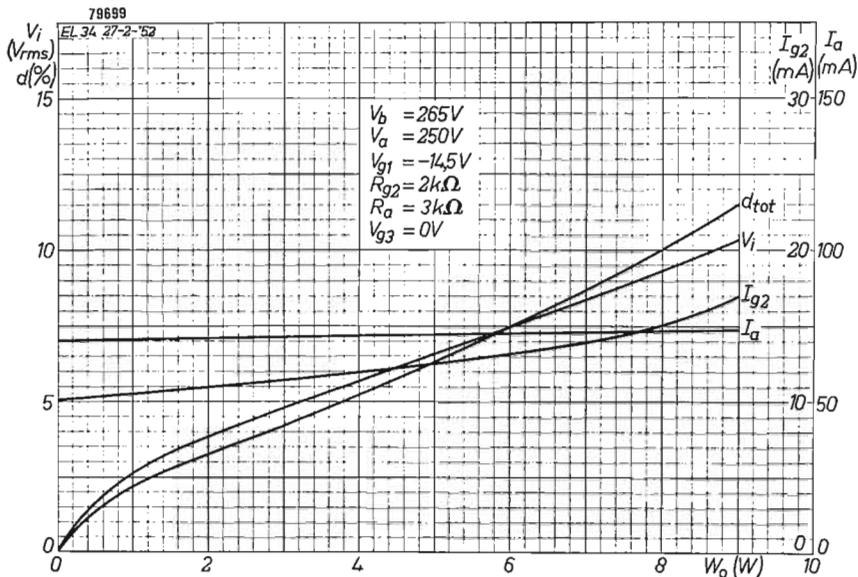


Fig. 37

Courant anodique (I_a), courant de grille-écran (I_{g2}), tension alternative de sortie (V_i) et distorsion (d_{tot}) en fonction de la puissance de sortie (W_o) pour $V_b = 265$ V, $V_a = 250$ V, $R_{g2} = 2$ k Ω (réglage pour $W_o = 8$ W). Le tube fonctionne en régime A.

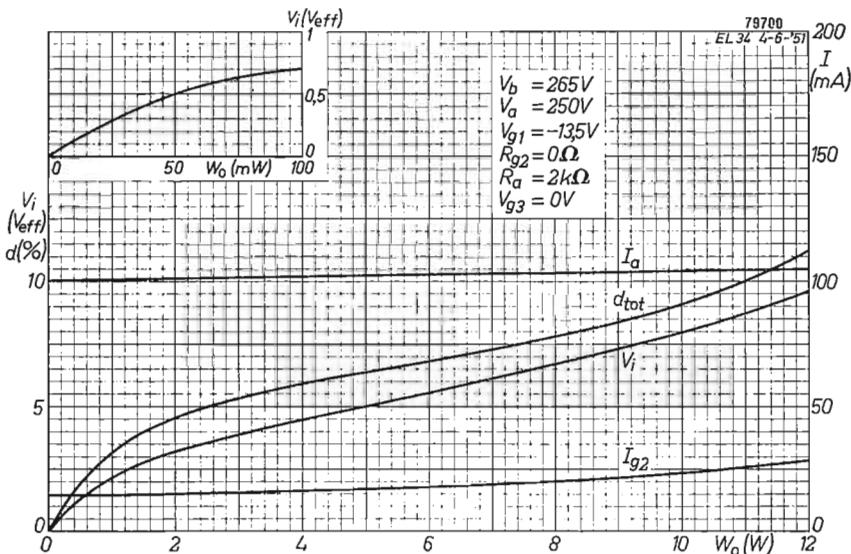


Fig. 38

Comme à la fig. 37, mais pour 12 W. En haut à gauche, la tension alternative d'entrée nécessaire pour les faibles puissances de sortie.

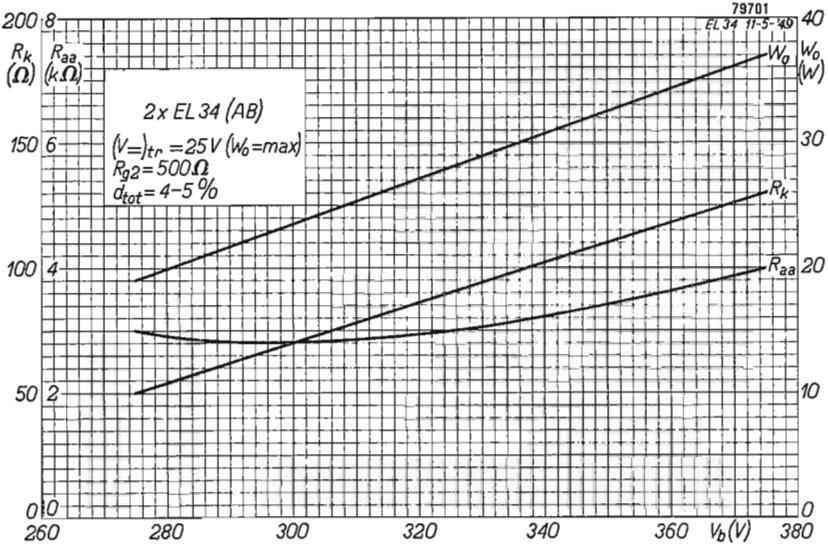


Fig. 39

Puissance de sortie (W_o), résistance cathodique (R_k) et résistance de charge (R_{aa}) d'anode à anode, en fonction de la tension d'alimentation V_b des tubes EL 34 fonctionnant en classe AB. On a supposé que la chute de tension aux bornes du transformateur de sortie pour le maximum de puissance s'élève à 25 V; résistance de grille-écran $R_{g2} = 500 \Omega$.

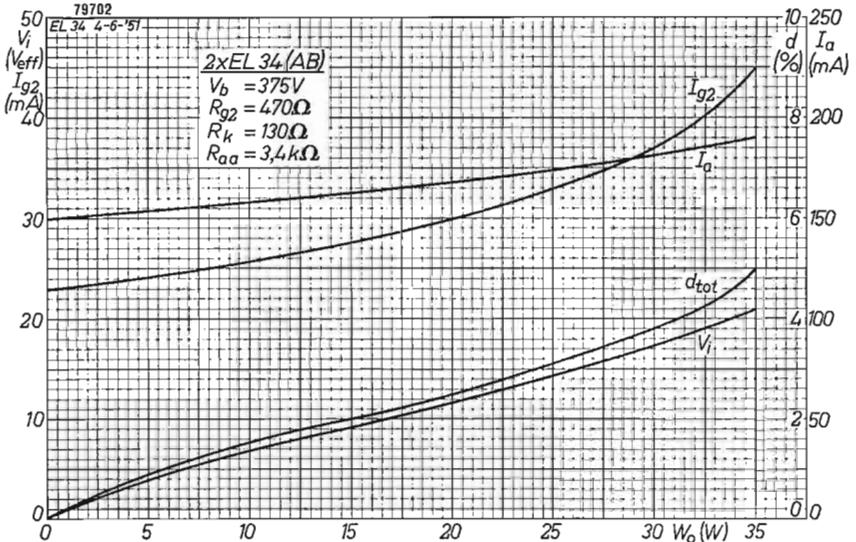


Fig. 40

Comme à la fig. 37, mais pour fonctionnement en classe AB, avec une tension d'alimentation de 375 V.

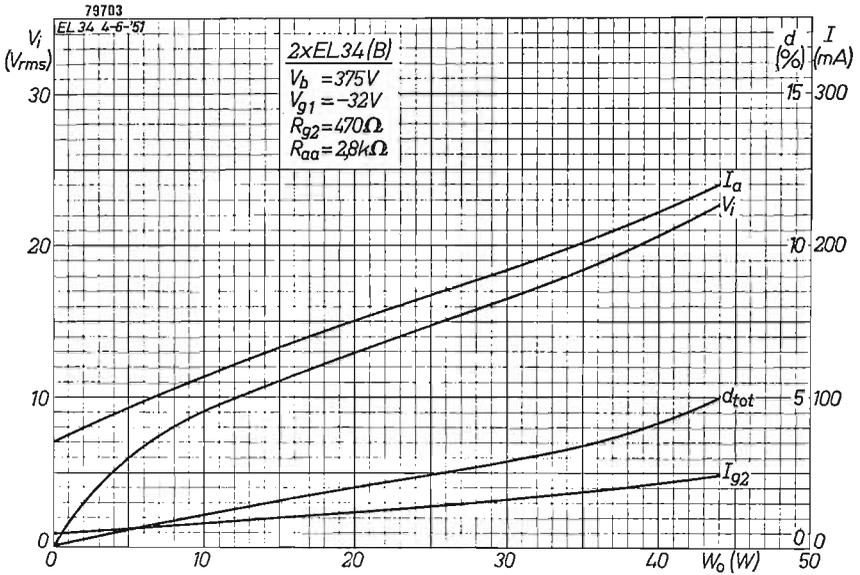


Fig. 41

Comme à la fig. 37, mais pour fonctionnement en classe B, avec une tension d'alimentation de 375 V.

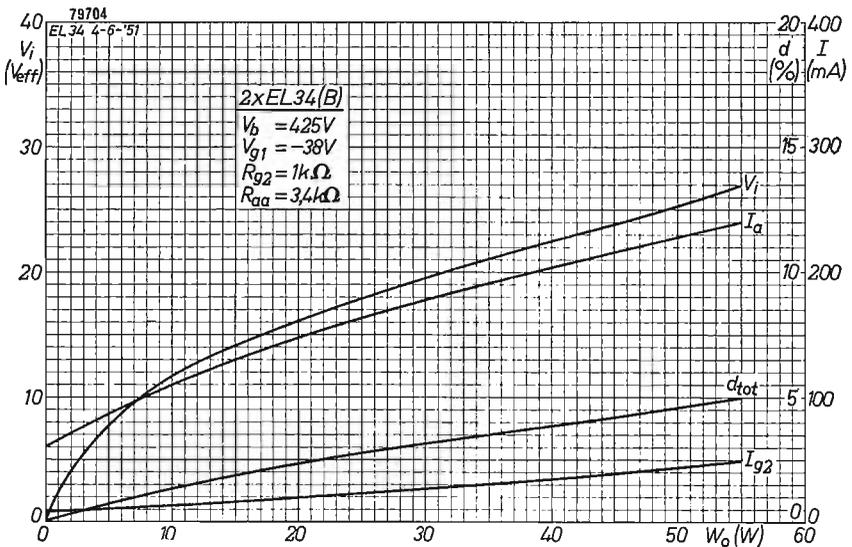


Fig. 42

Comme à la fig. 37, mais pour fonctionnement en classe B, la tension d'alimentation étant de 425 V.

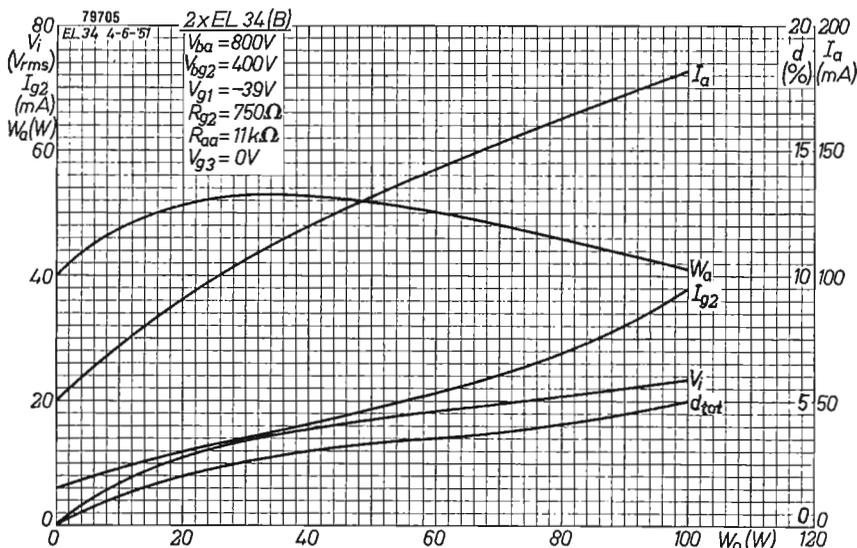


Fig. 43

Comme à la fig. 37, mais pour fonctionnement en classe B, la tension d'alimentation étant de 800 V à l'anode et de 400 V à la grille-écran. La puissance dissipée sur l'anode (W_a) est donnée en fonction de la puissance de sortie.

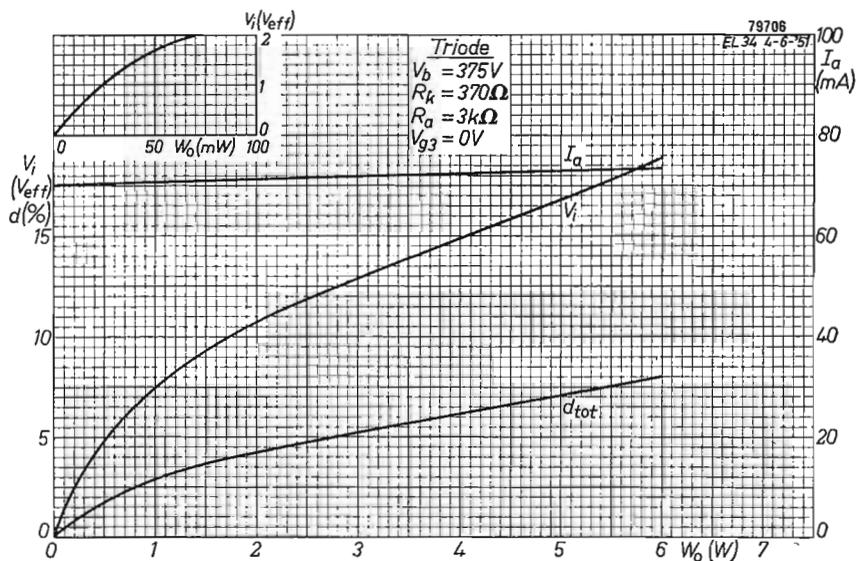


Fig. 44

Comme à la fig. 37, mais pour fonctionnement en classe A, le tube étant branché en triode (tension d'alimentation 375 V).

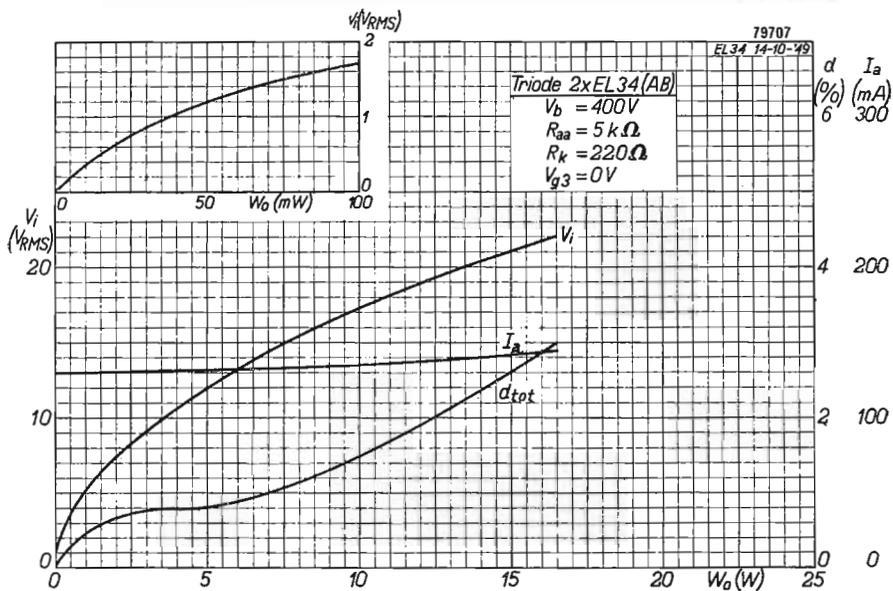


Fig. 45

Comme à la fig. 37, mais pour deux tubes branchés en triodes et fonctionnant en classe AB.

LA PENTHODE DE PUISSANCE EL 84

Le tube EL 84 est une penthode de puissance à chauffage indirect avec support Noval. La puissance dissipable sur l'anode est de 12 W. Le courant de chauffage est de 0,76 A sous 6,3 V. Sa pente est extrêmement élevée: 11,3 mA/V, le courant anodique étant de 48 mA, avec 250 V à la grille 2.

Une tension de commande très faible est suffisante pour moduler complètement ce tube. La puissance de sortie maximum est obtenue pour un signal de commande de 5 V_{eff}. Le tube EL 84 convient spécialement dans les récepteurs prévus pour la réception de la modulation de fréquence où l'on exige une puissance de sortie plus grande que celle fournie par une penthode de sortie dont la dissipation anodique est de 9 W seulement. Le tube EL 84 n'est cependant pas prévu uniquement pour les récepteurs où l'on exige une puissance de 12 W à l'étage de sortie.

Même dans le cas où la dissipation anodique est limitée à 9 W, les résultats obtenus avec le tube EL 84 sont supérieurs à ceux propres au tube EL 41. Deux tubes EL 84 fonctionnant en classe AB ou B (push-pull) peuvent fournir une puissance de sortie pouvant atteindre 17 W, les tensions d'anode et de la grille 2 étant de 300 V seulement. Le tube EL 84 peut donc être considéré comme un tube de puissance universel, convenant pour toutes les puissances de sortie inférieures à 20 W.

Le support recommandé pour ce tube est le type 5908/03.

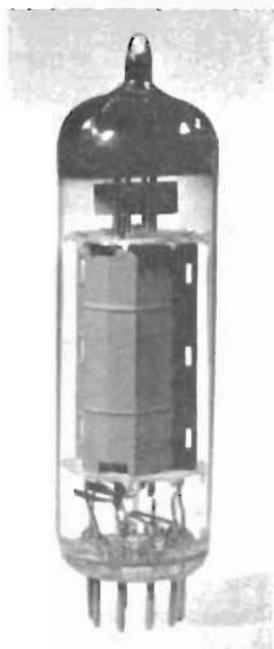


Fig. 46
La penthode de sortie EL 84.

CARACTÉRISTIQUES DE LA PENTHODE DE PUISSANCE EL 84

Chauffage: indirect, par courant continu ou alternatif; alimentation en parallèle

Tension de chauffage	V_f	=	6,3 V
Courant de chauffage	I_f	=	0,76 A
Capacités (mesurées à froid)			
Capacité de la grille 1	C_{g1}	=	11 pF
Capacité de l'anode	C_a	=	6 pF
Capacité entre la grille de commande et l'anode	C_{ag1}	<	0,5 pF
Capacité entre la grille de commande et le filament	C_{g1f}	<	0,25 pF

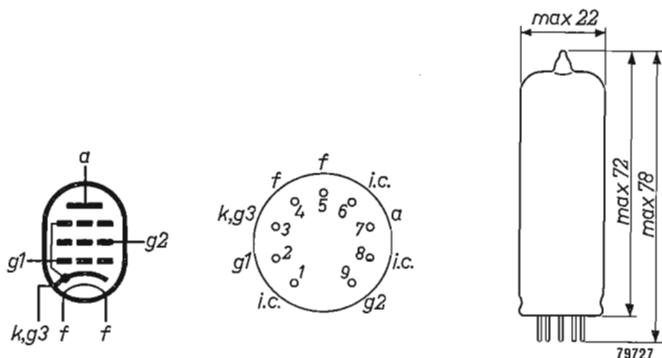


Fig. 47

Disposition des électrodes et encombrement maximum en mm de la penthode EL 84.

Conditions nominales d'emploi d'un tube fonctionnant en classe A

Tension de l'anode . . .	V_a	=		250		V		
Tension de la grille 2 .	V_{g2}	=		250		V		
Tension de la grille de commande	V_{g1}	=		-7,3		V		
Résistance de cathode.	R_k	=		135		Ω		
Résistance de charge .	R_a	=		5,2		k Ω		
Tension d'entrée	V_i	=	0	0,3	3,4	4,3	4,7 ²⁾	V_{eff}
Courant anodique . . .	I_a	=	48	—	—	49,5	49,2	mA
Courant de la grille 2.	I_{g2}	=	5,5	—	—	10,8	11,6	mA
Pente	S	=	11,3	—	—	—	—	mA/V
Résistance interne . . .	R_i	=	38	—	—	—	—	k Ω
Coefficient d'amplification de g_2 par rapport à g_1	μ_{g1g2}	=	19	—	—	—	—	
Puissance de sortie ¹⁾ .	W_o	=	0	0,05	4,5	5,7	6,0	W
Distorsion totale ¹⁾ . .	d_{tot}	=	—	—	6,8	10	11,7	%
Distorsion par l'harmonique 2	d_2	=	—	—	3,0	2,0	1,8	%
Distorsion par l'harmonique 3	d_3	=	—	—	5,8	9,5	10,5	%
Tension de l'anode . . .	V_a	=		250				V
Tension de la grille 2 .	V_{g2}	=		250				V

¹⁾ Mesurée à la tension de grille de commande indiquée.

²⁾ Courant de grille de commande $I_{g1} = +0,3 \mu\text{A}$.

Tension de la grille de commande	V_{g1}	=							V
Résistance de cathode.	R_k	=							Ω
Résistance de charge .	R_a	=							k Ω
Tension d'entrée	V_i	=	0 0,3 3,5 4,4 4,8 ²⁾					V_{eff}	
Courant anodique	I_a	=	48	—	—	50,6	50,5		mA
Courant de la grille 2.	I_{g2}	=	5,5	—	—	10	11		mA
Résistance interne	R_i	=	38	—	—	—	—		k Ω
Pente	S	=	11,3	—	—	—	—		mA/V
Coefficient d'amplification de g_2 par rapport à g_1	μ_{g1g2}	=	19	—	—	—	—		
Puissance de sortie ¹⁾ .	W_o	=	0	0,05	4,5	5,7	6,0		W
Distorsion totale ¹⁾ . .	d_{tot}	=	—	—	7,5	10	11,5		%
Distorsion par l'harmonique 2	d_2	=	—	—	5,7	5,0	4,8		%
Distorsion par l'harmonique 3	d_3	=	—	—	4,5	8,0	9,5		%
Tension de l'anode	V_a	=							V
Tension de la grille 2.	V_{g2}	=							V
Tension de la grille de commande	V_{g1}	=							V
Résistance de cathode.	R_k	=							Ω
Résistance de charge .	R_a	=							k Ω
Tension d'entrée	V_i	=	0 0,3 3,5 5,5 ²⁾					V_{eff}	
Courant anodique	I_a	=	36	—	—	36,8	36		mA
Courant de la grille 2.	I_{g2}	=	4,1	—	—	8,5	14,6		mA
Résistance interne	R_i	=	40	—	—	—	—		k Ω
Pente	S	=	10	—	—	—	—		mA/V
Coefficient d'amplification de g_2 par rapport à g_1	μ_{g1g2}	=	19	—	—	—	—		
Puissance de sortie ¹⁾ .	W_o	=	0	0,05	4,2	5,6			W
Distorsion totale ¹⁾ . .	d_{tot}	=	—	—	10	—			%
Distorsion par l'harmonique 2	d_2	=	—	—	1,7	—			%
Distorsion par l'harmonique 3	d_3	=	—	—	8,7	—			%
Tension de l'anode	V_a	=							V

¹⁾ Mesurée à la tension de grille de commande indiquée.

²⁾ Courant de grille de commande $I_{g1} = + 0,3 \mu\text{A}$.

Tension de la grille 2 .	V_{g2}	=	210		V		
Tension de la grille de commande	V_{g1}	=	-6,4		V		
Résistance de cathode.	R_k	=	160		Ω		
Résistance de charge .	R_a	=	7		k Ω		
Tension d'entrée	V_i	=	0	0,3	3,4	3,8 ²⁾	V_{eff}
Courant anodique	I_a	=	36	—	36,6	36,5	mA
Courant de la grille 2.	I_{g2}	=	3,9	—	7,3	8,0	mA
Résistance interne . . .	R_i	=	40	—	—	—	k Ω
Pente	S	=	10,4	—	—	—	mA/V
Coefficient d'amplification de g_2 par rapport à g_1	μ_{g1g2}	=	19	—	—	—	
Puissance de sortie ¹⁾ .	W_o	=	0	0,05	4,3	4,7	W
Distorsion totale ¹⁾ .	d_{tot}	=	—	—	10	—	%
Distorsion par l'harmonique 2	d_2	=	—	—	1,8	—	%
Distorsion par l'harmonique 3	d_3	=	—	—	9,3	—	%

Conditions nominales d'emploi de deux tubes montés en push-pull et fonctionnant en classe AB

Tension de l'anode . . .	V_a	=	250		300		V
Tension de la grille 2 .	V_{g2}	=	250		300		V
Résistance de cathode.	R_k	=	130		130		Ω
Résistance de charge .	R_{aa}	=	8		8		k Ω
Tension d'entrée	V_i	=	0	2×8	0	2×10	V_{eff}
Courant anodique	I_a	=	2×31	$2 \times 37,5$	2×36	2×46	mA
Courant de la grille 2.	I_{g2}	=	$2 \times 3,5$	$2 \times 7,5$	2×4	2×11	mA
Puissance de sortie . . .	W_o	=	0	11	0	17	W
Distorsion totale	d_{tot}	=	—	3	—	4	%

Conditions nominales d'emploi de deux tubes montés en push-pull et fonctionnant en classe B

Tension de l'anode . . .	V_a	=	250		300		V
Tension de la grille 2 .	V_{g2}	=	250		300		V
Tension de la grille de commande	V_{g1}	=	-11,6		-14,7		V
Résistance de charge .	R_{aa}	=	8		8		k Ω
Tension d'entrée	V_i	=	0	2×8	0	2×10	V_{eff}
Courant anodique	I_a	=	$2 \times 10,2$	$2 \times 37,5$	$2 \times 7,5$	2×46	mA
Courant de la grille 2.	I_{g2}	=	$2 \times 1,1$	$2 \times 7,5$	$2 \times 0,8$	2×11	mA
Puissance de sortie . . .	W_o	=	0	11	0	17	W
Distorsion totale	d_{tot}	=	—	3	—	4	%

¹⁾ Mesurée à la tension de grille de commande indiquée.

²⁾ Courant de grille de commande $I_{g1} = 0,3 \mu\text{A}$.

Valeurs à ne pas dépasser

Tension de l'anode pour courant anodique nul	V_{a0}	= max. 550 V
Tension de l'anode	V_a	= max. 300 V ¹⁾
Puissance dissipée sur l'anode	W_a	= max. 12 W ¹⁾
Tension de la grille 2 pour $I_{g2} = 0$	V_{g20}	= max. 550 V
Tension de la grille 2	V_{g2}	= max. 300 V ¹⁾
Puissance dissipée sur la grille 2	W_{g2}	= max. 2 W
Puissance dissipée sur la grille 2 (valeur de crête)	W_{g2p}	= max. 4 W
Tension de la grille 1	V_{g1}	= max. 100 V
Tension de la grille 1 pour $I_{g1} = +0,3 \mu A$	V_{g1}'	= max. 1,3 V
Courant cathodique	I_k	= max. 65 mA
Résistance de fuite de grille (polarisation automatique)	R_{g1}	= max. 1 M Ω
Résistance de fuite de grille (polarisation fixe)	R_{g1}'	= max. 0,3 M Ω
Tension entre cathode et filament	V_{kf}	= max. 100 V

¹⁾ Lorsqu'on prend les tensions de chauffage et d'alimentation à partir d'une batterie d'accumulateurs, à l'aide d'un vibreur, il ne faut pas dépasser 250 V pour V_a et V_{g2} , et il faut limiter W_a à 9 W.

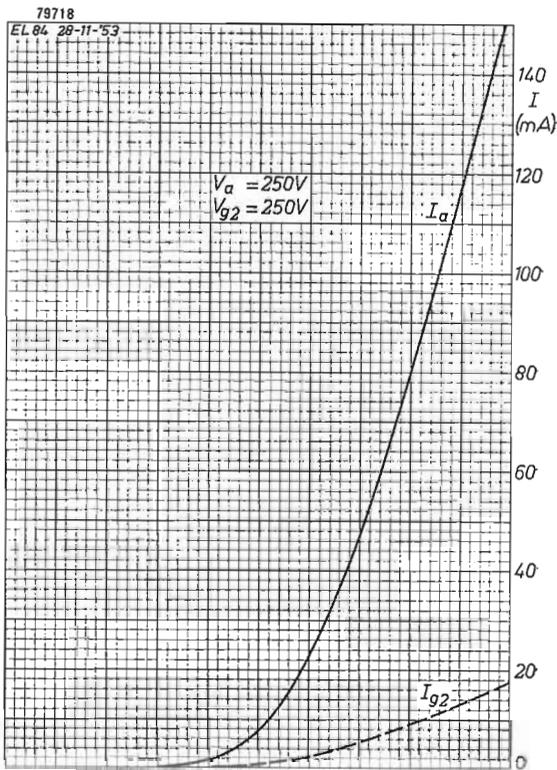


Fig. 48
Courant anodique (I_a)
et courant de grille-écran
(I_{g2}) en fonction de la
tension négative de grille
(V_{g1}).

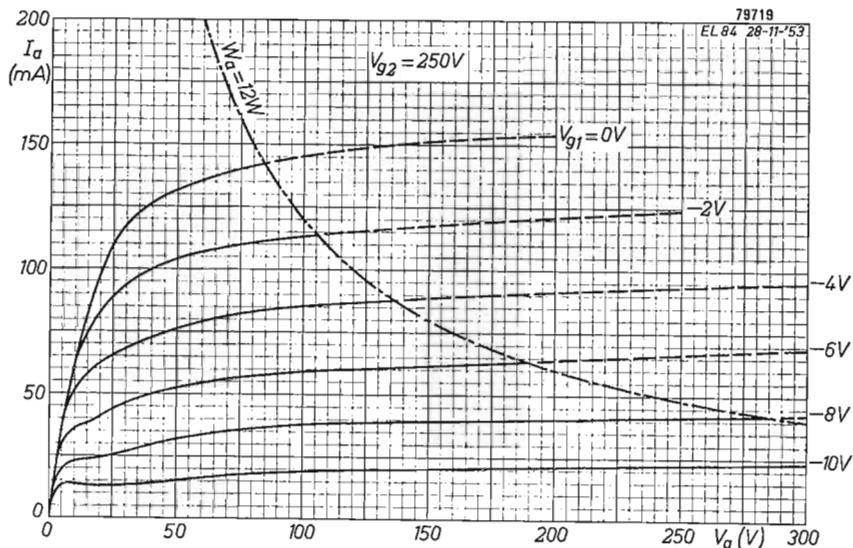


Fig. 49

Courant anodique (I_a) en fonction de la tension d'anode (V_a) pour une tension de grille-écran (V_{g2}) de 250 V. La tension de polarisation (V_{g1}) est prise comme paramètre.

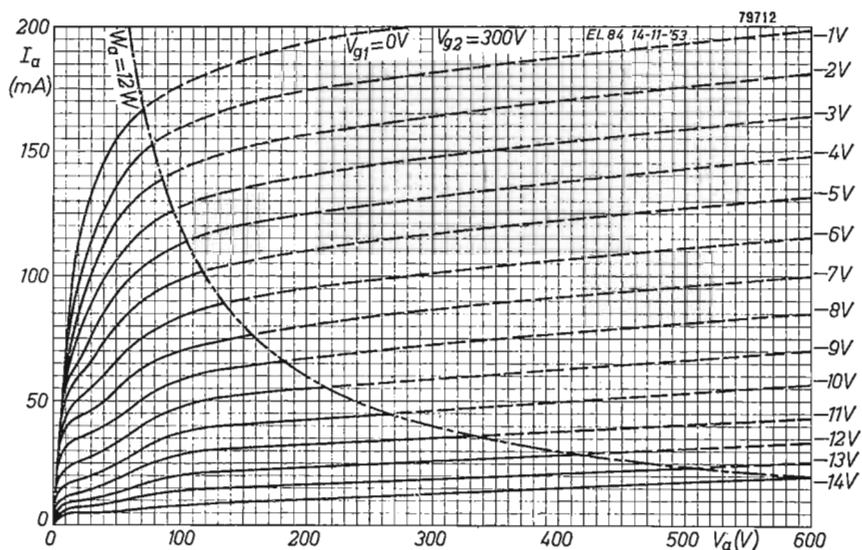


Fig. 50

Comme à la fig. 49, mais pour une tension de grille-écran (V_{g2}) de 300 V.

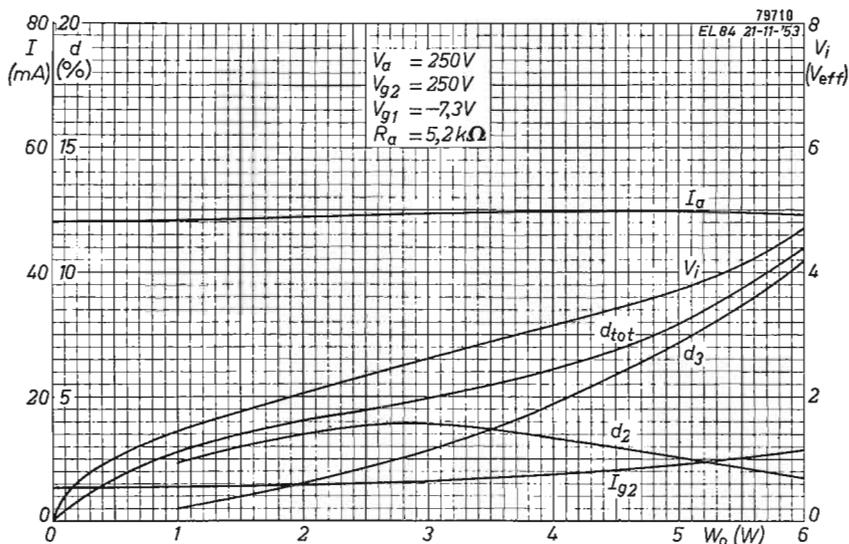


Fig. 51

Courant anodique (I_a), courant de grille-écran (I_{g2}), tension d'entrée (V_o), taux d'harmonique 2 (d_2), d'harmonique 3 (d_3) et distorsion totale (d_{tot}), en fonction de la puissance de sortie (W_a) pour une tension de polarisation (V_{g1}) = -7,3 V et pour une charge d'anode (R_a) de 5,2 kΩ.

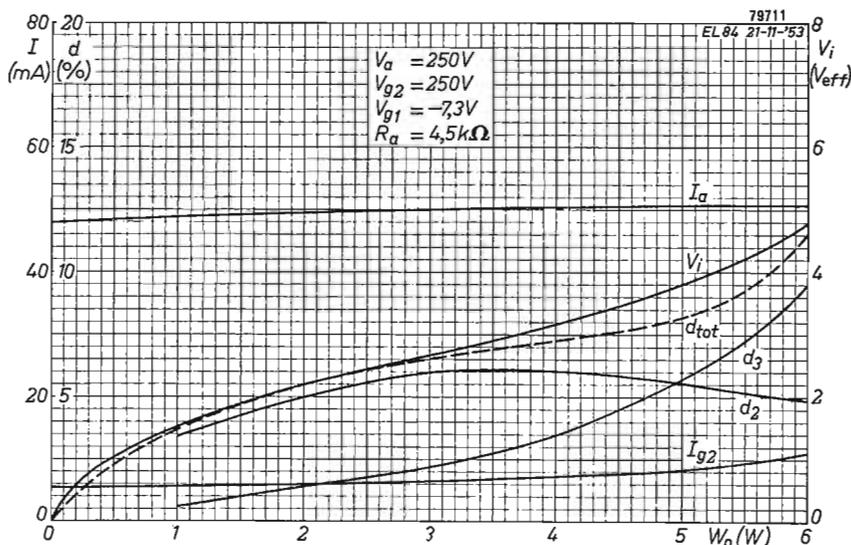


Fig. 52

Comme à la fig. 51, mais pour une charge d'anode (R_a) de 4,5 kΩ.

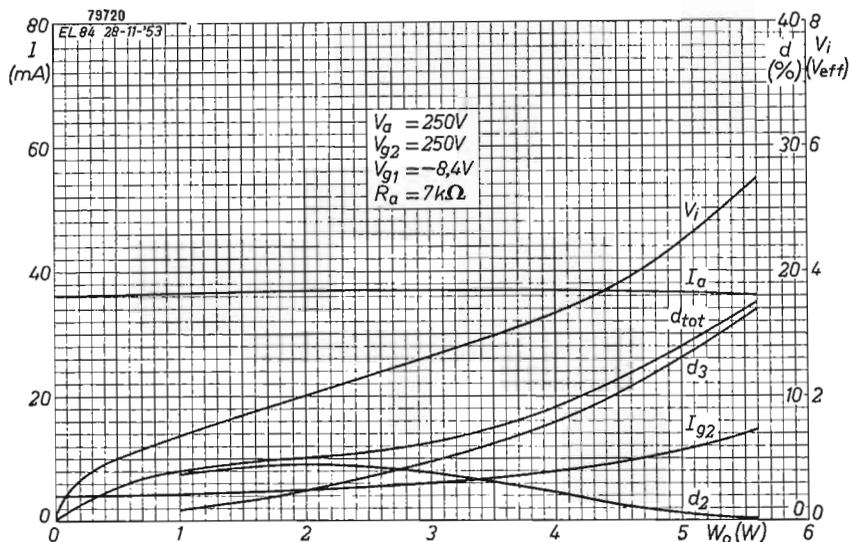


Fig. 53

Comme à la fig. 51, mais pour une tension de polarisation (V_{g1}) de $-8,4$ V (dissipation anodique 9 W) et avec une charge d'anode de 7 k Ω .

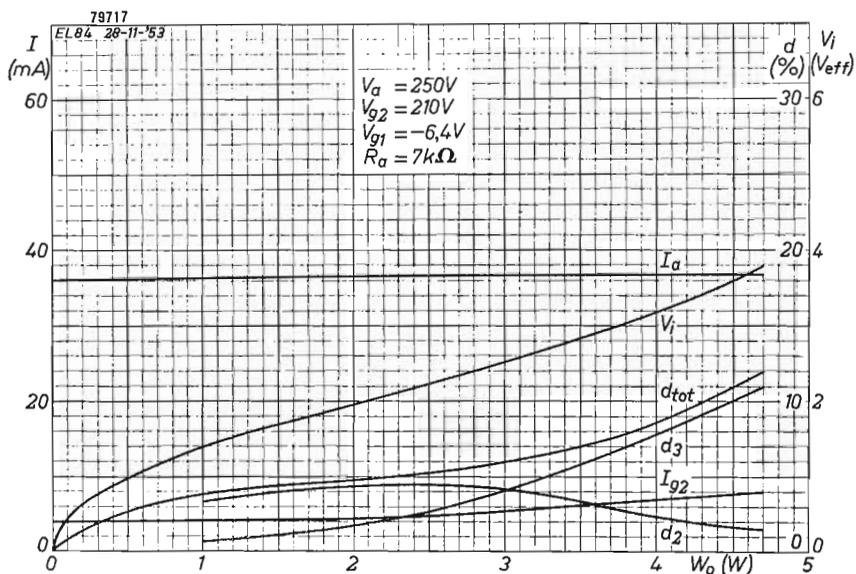


Fig. 54

Comme à la fig. 51, mais pour une tension de polarisation (V_{g1}) de $-6,4$ V, une tension de grille-écran réduite (V_{g2}) de 210 V (dissipation d'anode de 9 W) et une charge d'anode de 7 k Ω .

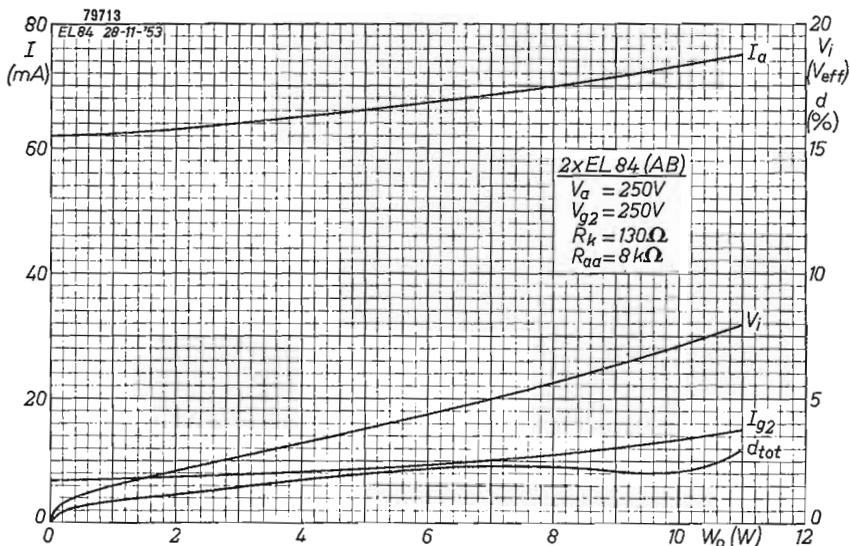


Fig. 55

Courant anodique (I_a), courant de grille-écran (I_{g2}), tension d (entrée (V_i) et distorsion totale (d_{tot}) en fonction de la puissance de sortie (W_o), pour deux pentodes EL 84 fonctionnant en push-pull, classe AB à $V_a = V_{g2} = 250$ V.

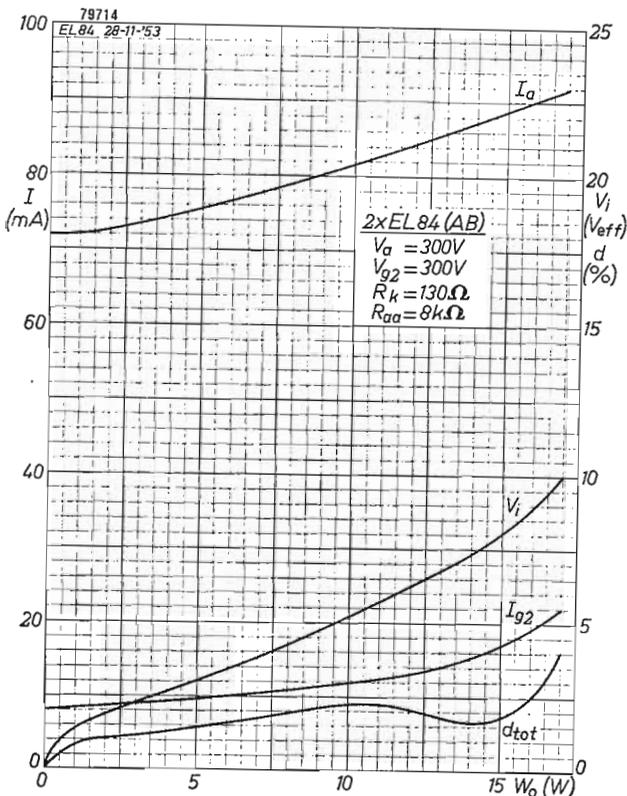


Fig. 56

Comme à la fig. 55, mais pour $V_a = V_{g2} = 300$ V.

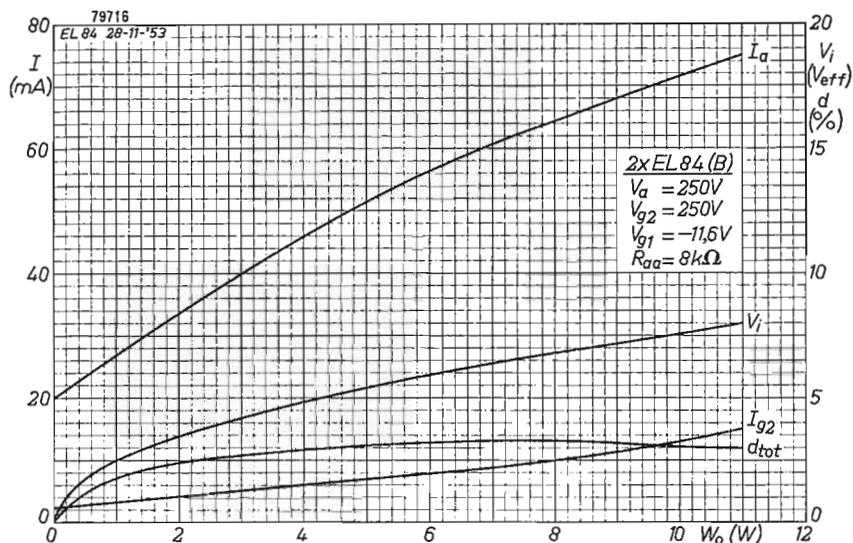


Fig. 57

Courant anodique (I_a), courant de grille-écran (I_{g2}), tension d'entrée (V_i) et distortion totale (d_{tot}) en fonction de la puissance de sortie (W_o) pour deux pentodes EL 84 fonctionnant en push-pull, classe B à $V_a = V_{g2} = 250 V$.

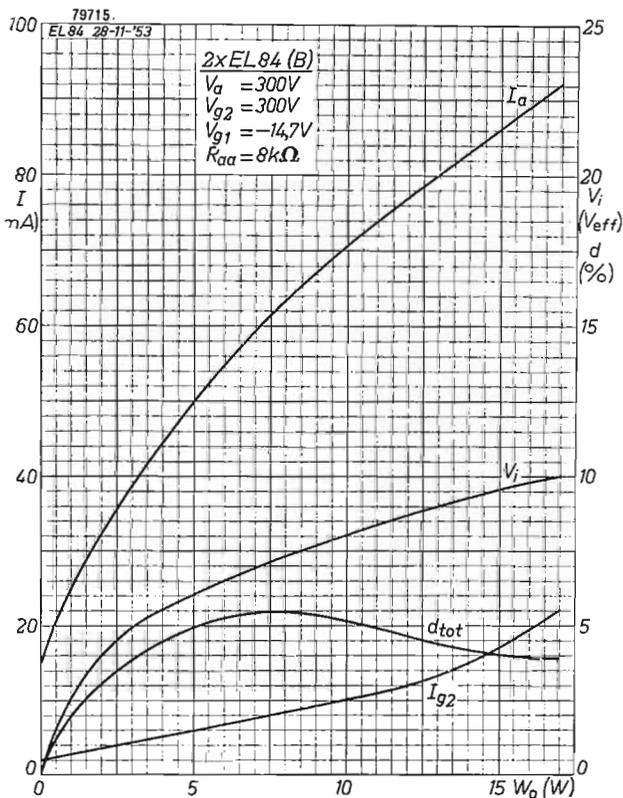


Fig. 58

Comme à la fig. 57, mais pour $V_a = V_{g2} = 300 V$.

TUBE REDRESSEUR BIPLAQUE À VIDE GZ 32

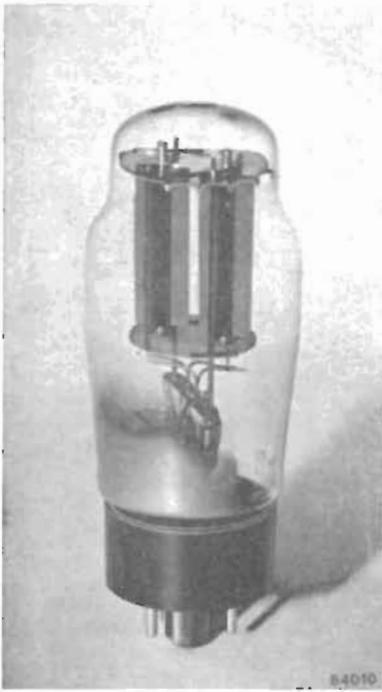


Fig. 59
Tube redresseur biplaque à vide
GZ 32.

Le tube redresseur biplaque GZ 32 est destiné à fournir l'alimentation anodique des amplificateurs exigeant un courant relativement grand. Sa faible résistance interne le rend particulièrement intéressant pour la construction des ensembles dans lesquels le débit dépend de la modulation (amplificateurs classes AB et B). Le courant de filament est de 2,3 A, sous une tension de 5 V. Les cathodes sont reliées intérieurement à la borne du filament f, k.

La tension maximum admissible à l'anode est de 500 V_{eff} , et le courant maximum redressé est, dans cette condition, de 250 mA, avec self à fer disposée avant l'entrée du filtre. Avec un condensateur directement à l'entrée du filtre, le débit correspondant est de 125 mA, et la résistance minimum du transformateur doit être de $2 \times 50 \Omega$, si le premier condensateur du filtre a une capacité de 16 μF .

A 300 V, on peut, dans ces mêmes conditions, obtenir un courant anodique de 300 mA, ce qui est plus que suffisant pour la plupart des amplificateurs. De même que dans le cas d'emploi du tube GZ 34, la résistance totale du bloc

d'alimentation peut être finalement plus faible que celle d'un redresseur équipé de tubes à vapeur de mercure.

La tension maximum inverse à ne pas dépasser est de 1400 V.

A. Fonctionnement obtenu avec capacité à l'entrée du filtre

Tension du transformateur . . .	V_{tr}	=	2 × 300	2 × 350	2 × 500 V_{eff}
Courant redressé max.	I_o	=	300	250	125 mA
Résistance totale min. à l'anode	R_t	=	2 × 150	2 × 150	2 × 150 Ω
Capacité max. du condensateur	C	=	60	60	60 μF
Tension redressée	V_o	=	300	350	430 V

B. Fonctionnement obtenu avec inductance avant l'entrée du filtre

Tension du transformateur . . .	V_t	=	2×400	2×500	V_{eff}
Courant redressé max.	I_o	=	300	250	mA
Résistance totale min. à l'anode	R_t	=	50	50	Ω
Capacité max. du condensateur	C	=	16	16	μF

DISPOSITION DES ÉLECTRODES ET ENCOMBREMENT

Culot: Octal.

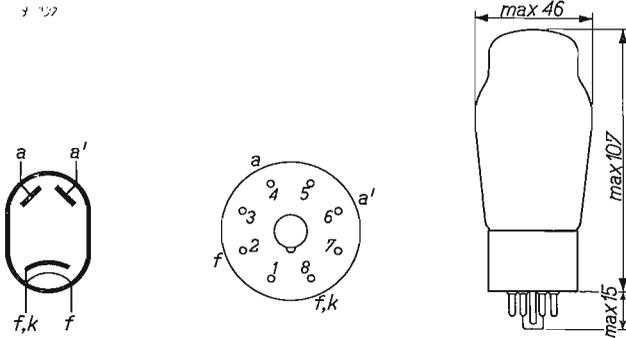


Fig. 60
Disposition des électrodes et encombrement maximum en mm.

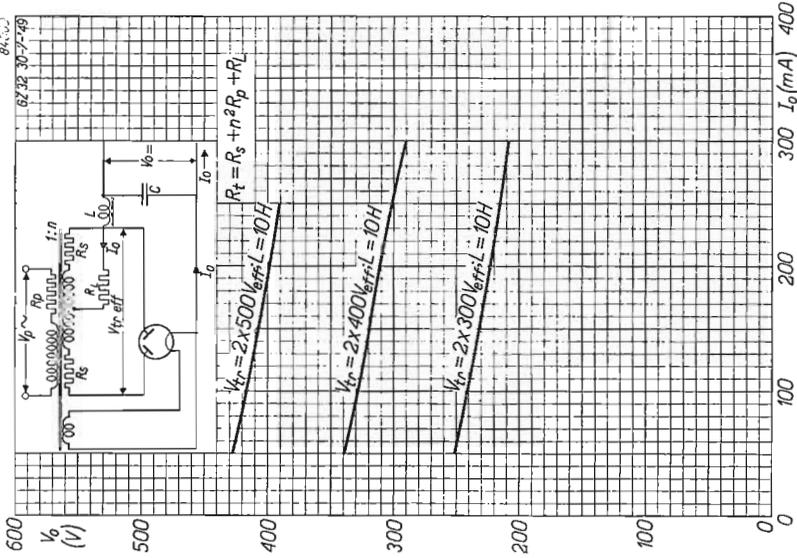


Fig. 62

Comme à la fig. 61, mais avec self à fer $L=10$ H (300 mA), avant l'entrée du filtre.

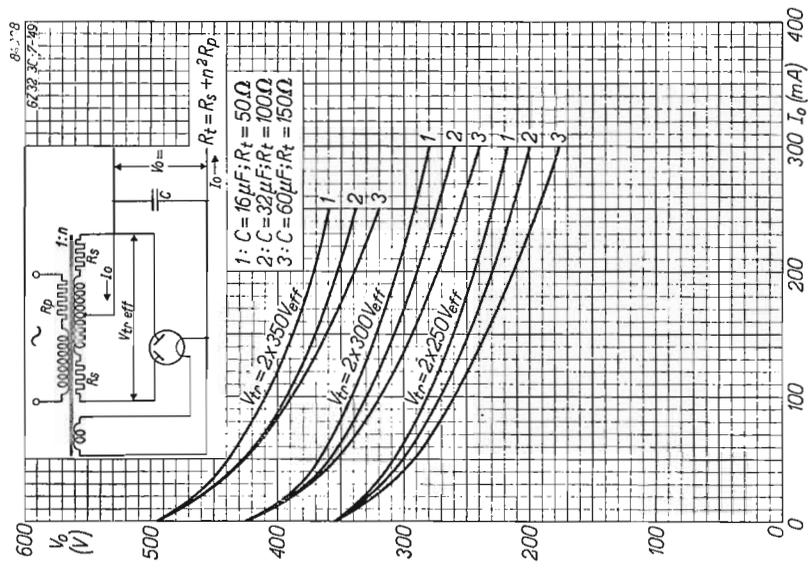


Fig. 61

Tension redressée V_o en fonction du courant redressé I_o . Capacité à l'entrée du filtre.

TUBE REDRESSEUR À VIDE GZ 34



Fig. 63

Redresseur à vide biplaque GZ 34.

250 mA, et la résistance minimum admissible du transformateur est de 125 Ω . La résistance interne du tube GZ 34 est évidemment supérieure à celle d'un tube à vapeur de mercure. Cependant, grâce à la faible résistance du circuit d'anode, la résistance interne totale de l'ensemble d'alimentation est plus faible que dans le cas d'utilisation d'un tube redresseur à remplissage gazeux. Les anodes du tube GZ 34 sont pourvues d'ailettes de refroidissement relativement grandes. Elles sont montées de telle sorte dans les isolateurs au mica que les chemins de fuite entre les anodes et les autres électrodes du tube sont très longs.

La tension de crête à crête est élevée: 1500 V.

Le tube GZ 34 est un tube redresseur biplaque capable de fournir un courant anodique relativement élevé dans tous les cas où une résistance interne très faible de l'alimentation est requise. Le tube GZ 34 comprend deux diodes, dont les cathodes sont communes et dont les filaments sont montés en parallèle.

Le courant de chauffage est de 1,9 A sous 5 V. Les cathodes sont reliées intérieurement à l'une des extrémités du filament.

La tension maximum admissible sur chaque anode est de 550 V_{eff} . Le courant anodique maximum est de 160 mA. Dans ces conditions, la résistance minimum admissible du transformateur est de 175 Ω seulement. Cette valeur exceptionnelle a pu être obtenue parce que les cathodes sont recouvertes d'une couche d'un nouveau mélange spécial d'un pouvoir adhésif très élevé.

La surface de la cathode est très uniforme. Il en résulte que la couche émettrice ne s'endommage pas facilement, et que l'on obtient ainsi une résistance interne faible du circuit anodique.

Pour une tension de l'anode de 450 V_{eff} , le courant maximum est de

Toutes ces mesures ont conduit à la construction d'un tube redresseur à vide de faibles dimensions. Il peut être utilisé avantageusement pour alimenter des amplificateurs fonctionnant en classe AB ou B, sans présenter les inconvénients propres aux tubes à vapeur de mercure. Le support de tube recommandé pour le GZ 34 est du type 5903/12.

CARACTÉRISTIQUES DU TUBE REDRESSEUR GZ 34

Chauffage: indirect, alimentation en courant alternatif

Tension de chauffage	V_f	=	5 V
Courant de chauffage	I_f	=	1,9 A

Conditions d'emploi et valeurs à ne pas dépasser

Tension inverse de crête	V_{invp}	= max.	1500 V
Courant anodique de crête	I_{ap}	= max.	750 mA

80995

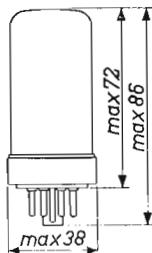
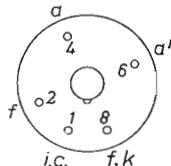


Fig. 64

Disposition des électrodes et encombrement maximum en mm.

Fonctionnement avec capacité à l'entrée du filtre

Tension du transformateur.	$V_{tr} =$	2 × 300	2 × 350	2 × 400	V_{eff}
Courant redressé max.	$I_o =$	250	250	250	mA
Résistance totale du circuit anodique	$R_t =$	2 × 50	2 × 75	2 × 100	Ω
Capacité du condensateur de filtrage C	$C =$	60	60	60	μF
Tension continue à la sortie	$V_o =$	300	350	400	V

Fonctionnement avec inductance à l'entrée du filtre

Tension du transformateur	$V_{tr} =$	2 × 450	2 × 500	2 × 550	V_{eff}
Courant redressé max.	$I_o =$	250	200	160	mA

Self-induction de la bobine de filtre	$L =$	10	10	10 H
Résistance totale du circuit anodique	$R_t =$	2×125	2×150	175 Ω
Tension continue à la sortie ¹⁾	$V_o =$	450	530	610 V

¹⁾ Pour les valeurs à ne pas dépasser.

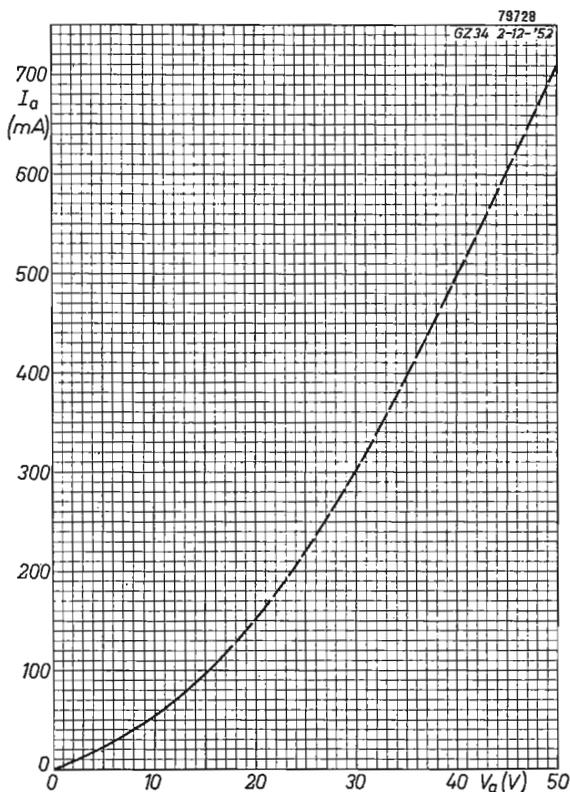


Fig. 65
Courant anodique (I_a)
en fonction de la tension
d'anode (V_a).

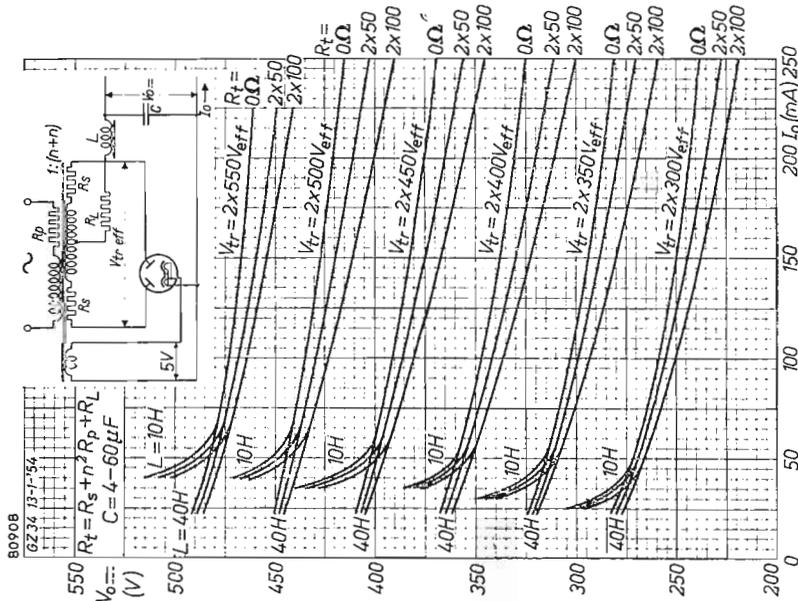


Fig. 67

Comme à la fig. 66, mais avec une self de choc (preself) à l'entrée du filtre.

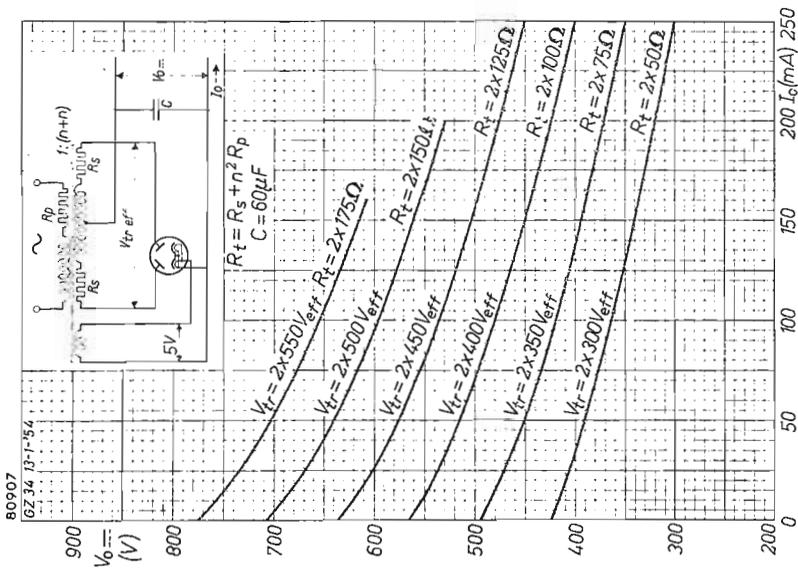


Fig. 66

Caractéristiques du tube (GZ 34). Tension de sortie (V_0) en fonction du courant, la tension (V_{tr}) au transformateur étant prise comme paramètre. Le filtre comporte une capacité à l'entrée.

CHAPITRE IV

CONSEILS PRATIQUES AU SUJET DE L'EMPLOI DES CARACTÉRISTIQUES DES TUBES *)

Le chapitre précédent donne des indications détaillées au sujet des trois principaux tubes utilisés dans les amplificateurs modernes.

Comment utiliser ces données? Nous allons le montrer à l'aide d'un exemple. Supposons que nous voulions construire un amplificateur dont la puissance de sortie utile soit de 30 W environ. Cette puissance devra alimenter quatre haut-parleurs de 10 W, dont l'impédance est de 7 Ω . L'amplificateur doit être pourvu d'une prise pour pick-up (capteur) et pour microphone. Ces derniers doivent pouvoir fonctionner indépendamment l'un de l'autre, mais leurs tensions alternatives d'entrée doivent pouvoir être mélangées. Le microphone produit une tension de 20 mV environ; le pick-up fournit 1 V.

Nous nous occupons d'abord de la puissance de sortie, et nous recherchons dans les caractéristiques des tubes, quel réglage nous devons adopter pour pouvoir obtenir la puissance de sortie de 30 W. Nous y trouvons que deux tubes EL 34, fonctionnant en classe AB, fournissent une puissance de sortie de 37 W, la distorsion ne dépassant pas 3,5%. Cette puissance de sortie est mesurée au primaire du transformateur de sortie. Si l'on admet pour ce dernier un rendement de 30 %, nous obtiendrons 30 W, environ, au secondaire. Ce montage pourra donc répondre à nos exigences. Nous pouvons suivre pour les valeurs des tensions d'alimentation et des diverses pièces détachées, celles qui sont indiquées dans les caractéristiques. Il faut une tension alternative d'entrée de 20,5 V par tube; nous devons donc disposer d'un tube préamplificateur et d'un tube inverseur de phase, susceptibles de fournir cette tension d'entrée, l'amplification étant la plus grande possible.

Nous donnons en annexe un tableau des tubes, qui mentionne tous ceux qui peuvent entrer en considération pour l'amplification B.F.

Nous y rencontrons quelques tubes doubles pouvant convenir à cet objet. Parmi eux, le tube ECC 40 a été décrit en détail dans le chapitre précédent, ainsi que le tube ECH 21, qui est une triode-heptode, le tube ECL 80, qui est une

*) Le lecteur qui s'intéresse à des considérations plus théoriques ou désirant des informations plus complètes au sujet de la signification des diverses courbes, consultera les livres sur les tubes électroniques, parus dans la Bibliothèque Technique Philips. Nous recommandons spécialement la lecture du tome I: Bases de la technique des tubes récepteurs, par M. l'Ing. J. Deketh, et de la 2ème partie du tome V: Application des tubes électroniques dans les récepteurs de radio et les amplificateurs, par le Dr. B. G. Dammers, M. l'Ing. J. Haantjes, M. J. Otte et M. l'Ing. en Chef H. van Suchtelen. Cette partie traite de l'amplification en basse fréquence, de l'amplification sur lignes et de l'alimentation. Le livre de M. le Dr. Ing. N. A. J. Voorhoeve traite des différents aspects de l'amplification en basse fréquence. Ce livre fait également partie de la Bibliothèque Technique Philips.

triode-pentode, et le tube EEP 1 qui fonctionne par émission secondaire. Ce dernier tube procure la plus grande amplification, mais requiert, par contre, une tension d'anode très élevée. Le montage dans lequel il est utilisé est d'ailleurs plus compliqué que celui de tout autre tube.

Ce sont donc surtout les tubes ECH 21 et ECC 40 qui semblent être les plus appropriés. Le premier tube fournit une amplification $V_o/V_i = 100$. Cela nous convient particulièrement bien, mais la distorsion de 0,8 %, indiquée ne correspond en fait qu'à une tension de sortie de 10 V. A la tension alternative de sortie de 20,5 V dont nous avons besoin, la distorsion augmente de façon appréciable. Pour y remédier, nous serons obligés de faire usage d'une contre-réaction efficace, mais alors l'amplification de 100 devient tout à fait illusoire. Le tube ECC 40 permet d'obtenir un meilleur résultat. Comme tube de commande et inverseur de phase, il peut fournir une tension alternative de sortie de 30 V, la distorsion étant de 2 %. Si la tension d'anode augmente, cette distorsion devient 1,4 %. L'amplification atteint 26,5. Nous serions donc autorisés à brancher le pick-up à l'entrée de cet étage, mais la réserve de puissance, en employant ce montage, serait très faible, et la distorsion de 1,4 % dans l'étage préamplificateur, ajoutée à celle de 3,5 % dans l'étage de sortie, augmenterait la distorsion outre mesure. Pour un bon amplificateur, ces chiffres sont trop élevés. Nous devons donc avoir recours à un taux de contre-réaction appréciable, afin de pouvoir diminuer la distorsion, et nous utiliserons un tube supplémentaire qui sera attaqué par le pick-up. Dès lors, nous obtenons la sensibilité supplémentaire dont nous avons besoin pour pouvoir mélanger la tension du microphone à celle du pick-up.

La marge d'amplification ainsi obtenue pourra être mise à profit pour améliorer le circuit de réglage de tonalité. C'est une raison de plus qui milite en faveur de l'emploi de ce tube supplémentaire. En supposant que la contre-réaction soit tellement intense qu'une tension de 3 V soit requise à la grille de la première triode du tube ECC 40, pour utiliser tout le parcours du recul de grille, nous pouvons nous contenter d'une amplification totale de 10 fois pour ce tube. Pour un pick-up, la sensibilité désirée est de l'ordre de grandeur de 0,3 V. Nous devons cependant tenir compte du circuit mélangeur des deux tensions d'entrée.

Comme amplificateur microphonique, nous utilisons, évidemment, un tube EF 40. Il est capable de fournir une amplification de 200 fois. Une bonne disposition consiste à brancher la commande de volume, pour la reproduction microphonique, après ce tube. Nous diminuons ainsi les risques du crachement provoqué par le potentiomètre. Nous aurons donc à l'entrée du tube, dont le choix n'est pas encore déterminé, deux réglages de volume: l'un pour le pick-up (entrée de capteur) et l'autre pour le microphone. Pour que ces deux contrôles n'exercent pas d'influence l'un sur l'autre, nous devons ajouter en série des résistances de grande valeur. Il en résulte que la tension alternative d'entrée est réduite de 50 %. Si nous avions d'abord calculé que l'amplification indispensable à fournir par le second préamplificateur est de 10 fois, nous arrivons

maintenant à la conclusion que ce chiffre doit être doublé. Voulant limiter la distorsion à une valeur aussi faible que possible, nous devons encore faire intervenir une contre-réaction. Nous pouvons dès lors choisir le tube EF 40 dont le coefficient d'amplification atteint 200, mais sur lequel nous appliquons une contre-réaction qui réduit cette amplification à 20 fois. La sensibilité aux bornes du pick-up est donc environ 0,3 V; celle aux bornes du microphone atteint 1,5 mV environ. (Ce projet correspond sensiblement à l'amplificateur No. 6, dont nous donnons la description dans le chapitre suivant.)

Le calcul de l'ensemble d'alimentation n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage et nous nous bornons aux considérations suivantes: nous voulons pouvoir disposer d'un courant de 235 mA sous une tension de 375 V. Cette valeur de courant est obtenue lorsqu'on aura additionné les courants de tous les tubes.

Si nous utilisons un filtre d'égalisation avec capacité branchée en parallèle, nous pouvons nous contenter d'un transformateur dont la tension secondaire soit de 2 fois 300 V et qui, de plus, soit capable de fournir ce courant. La tension à vide du redresseur est alors: $\sqrt{2} \times 300 = 425$ V. Nous devons tenir compte de cette tension dans le choix des condensateurs de filtrage. Le tube redresseur le mieux approprié est le tube GZ 34; car c'est un tube redresseur à vide, capable de fournir un courant de 250 mA. Il convient donc parfaitement.

Pour le courant de chauffage, nous devons disposer sur le transformateur d'un enroulement de 4 V, 3 A, pour alimenter le tube redresseur. Les tubes amplificateurs exigent 4 A, sous 6,3 V. Nous avons donné une idée de la façon dont il faut procéder quand on fait le projet d'un amplificateur. Si l'amplificateur doit être fabriqué en série, il faut tenir compte de bien d'autres éléments, mais dans le cas où il s'agit de ne produire qu'une seule pièce, on sait à peu près à quoi il faut songer et comment on doit déterminer le montage, les tubes et les pièces détachées utilisés. Nous reviendrons sur ce sujet lorsque nous décrirons les projets d'amplificateurs complets.

CHAPITRE V

PIÈCES DÉTACHÉES ET MONTAGES UTILISÉS

1. Contre-réaction

Nous avons déjà parlé à plusieurs reprises de la contre-réaction. Nous ne nous étendrons pas sur la théorie de ce genre de montages; on consultera à ce sujet les ouvrages déjà cités précédemment. Nous nous bornons à rappeler que la contre-réaction peut diminuer la distorsion, et que l'utilisation d'une contre-réaction qui dépend de la fréquence permet aussi d'obtenir une commande de tonalité et d'empêcher la naissance d'auto-oscillations. On sait qu'un tube électronique amplifie et provoque un déphasage de 180° . Si nous ramenons à la grille une partie de la tension alternative d'anode, nous obtenons une certaine espèce de contre-réaction. Une méthode très simple pour obtenir une telle contre-réaction consiste à supprimer le condensateur de cathode. En effet, la tension alternative d'entrée doit être appliquée entre la grille et la cathode du tube. Si nous appliquons cette tension entre la grille et le châssis, la cathode n'étant pas découplée, il existe aux bornes de la résistance de cathode, en raison de la présence du courant alternatif d'anode, une tension alternative dont la phase se trouve en opposition avec celle de la tension alternative d'entrée. Très souvent, on prélève, sur le secondaire du transformateur de sortie, une tension qui est ramenée à l'entrée de l'amplificateur, par l'intermédiaire d'un diviseur de tension à résistances. Cette disposition permet d'incorporer une partie quelconque du montage dans le circuit de contre-réaction. Dans les amplificateurs qui sont décrits dans cet ouvrage, cette méthode a été appliquée à plusieurs reprises.

Une question se pose alors au constructeur: quelle est l'extrémité de l'enroulement secondaire qui doit être reliée au châssis, et quelle est l'extrémité qui doit être reliée à la contre-réaction? Si ce raccordement ne se fait pas de la bonne façon, l'amplificateur se met à osciller. Dans ces conditions, il n'est plus possible de parler de contre-réaction négative, puisque la réaction est alors positive. La solution de cette difficulté est très simple: on termine le câblage de tous les circuits de l'amplificateur et on relie le secondaire du transformateur de sortie aux bornes du haut-parleur uniquement. On ne relie pas encore le secondaire, ni au châssis, ni au circuit de contre-réaction. On branche l'amplificateur sur le réseau et on vérifie le fonctionnement. S'il est normal, on relie provisoirement un côté du secondaire au châssis, l'autre extrémité étant reliée au circuit de contre-réaction. S'il n'y a pas d'oscillations, le sens de raccordement est correct; sinon, il faut intervertir les connexions. Le raccordement correct étant déterminé de cette façon, on soude définitivement toutes les connexions.

2. Contre-réaction dont l'importance dépend de la fréquence

Il est possible d'étudier des amplificateurs moins coûteux, capables d'être utilisés tour à tour pour différentes applications, par exemple des annonces parlées où il faudra de la sensibilité, et des auditions de disques exigeant une reproduction musicale de qualité. L'utilisation d'une contre-réaction réglable offre ce genre de possibilités; on peut prévoir un interrupteur pour la mettre hors circuit. L'amplificateur utilisé avec microphone présentera la sensibilité accrue qui est désirable. Lorsqu'on l'utilisera sur pick-up, la contre-réaction sera utilisée et la qualité de reproduction deviendra meilleure.

2. Contre-réaction dont l'importance dépend de la fréquence

Que l'on veuille corriger les caractéristiques d'un haut-parleur ou d'un pick-up, supprimer le bruit d'aiguille, empêcher la naissance d'auto-oscillations ou utiliser un réglage de tonalité, on fait toujours usage d'une contre-réaction variable avec la fréquence.

Nous avons déjà examiné un tel cas en étudiant le tube ECC 40. Comme il y a un danger d'oscillation en montant les deux moitiés du tube en cascade, on peut le supprimer en branchant un très petit condensateur entre l'anode et la grille de la première triode du tube. Ce condensateur présente une impédance très faible pour les courants alternatifs à fréquence élevée. Mais si les courants sont à fréquence musicale, son impédance est élevée. Cela revient à dire: si la fréquence est élevée, nous sommes en présence d'une contre-réaction très importante. Par contre, pour les fréquences musicales, la contre-réaction n'a que peu ou pas d'influence.

Si l'on veut construire un amplificateur dont la courbe de réponse soit horizontale dans un domaine étendu de fréquences (amplification uniforme), on utilise souvent la disposition suivante: on shunte la résistance de cathode par un condensateur de faible capacité. Aux basses fréquences, la contre-réaction est importante, alors qu'aux fréquences élevées la résistance de cathode se trouve suffisamment découplée et les tensions correspondantes sont plus amplifiées que celles aux fréquences plus basses. L'affaiblissement des fréquences élevées, qui résulte des capacités du tube et du montage, est ainsi partiellement compensé. On obtient donc une amplification bien linéaire sur une très grande bande de fréquences. Cette disposition est souvent employée dans les amplificateurs pour télévision et pour oscilloscopes.

Dans les amplificateurs étudiés ici, on trouvera, à plusieurs reprises, un procédé de commande de tonalité utilisant un circuit où la contre-réaction dépend de la fréquence. Pour bien étudier ce procédé, il faut l'examiner sur les amplificateurs décrits. Il faut remarquer aussi que, lorsqu'on ajuste la tonalité à l'aide d'une contre-réaction variable, on ne tend pas toujours vers la meilleure qualité de reproduction, et dans les cas extrêmes, ce procédé tend à augmenter la distorsion par intermodulation.

3. Réglage de tonalité

On utilise très souvent dans les amplificateurs un réglage de tonalité permettant d'atténuer les registres aigus et graves à volonté. La portion moyenne de la courbe de réponse en fréquence n'est pas modifiée. Il existe cependant des cas où l'on désire amplifier les fréquences aiguës et basses par rapport au registre moyen (ou médium). Dans ces conditions, on se trouve obligé de réduire l'amplification totale à un niveau inférieur à l'aide d'un réseau filtrant convenable, formé de résistances et de condensateurs, et de diminuer ou d'augmenter cet affaiblissement pour les fréquences élevées ou pour les basses. On peut aussi vouloir augmenter ou diminuer l'affaiblissement à l'aide de potentiomètres. Un mode d'exécution pratique de ce procédé est décrit dans le chapitre suivant, en liaison avec la description des amplificateurs No. 2 et No. 3 (les autres amplificateurs sont munis du réglage de tonalité précédemment décrit).

4. Le transformateur de sortie

En général, il n'est pas difficile de trouver un transformateur de sortie qui convienne à un amplificateur dont la puissance n'est pas supérieure à 12 W. On trouve dans le commerce une gamme étendue de ces transformateurs, de qualités et de fabrications différentes. Le problème devient plus difficile lorsque la puissance de sortie de l'amplificateur devient plus importante et qu'il faut relier à l'appareil un plus grand nombre de haut-parleurs. Si ce nombre est variable suivant les circonstances, le problème devient encore plus compliqué. Il faut surtout veiller à ne pas surcharger les haut-parleurs. Un tel cas se présente, par exemple, si l'on alimente un haut-parleur de 6 W sur un amplificateur qui en fournit 40, mais il est également de très grande importance de ne pas surcharger les tubes de sortie, ce qui se produit si l'on supprime, ou si l'on diminue, la charge d'anode.

Si l'étage final comporte une contre-réaction efficace, le danger n'est pas très grand. Si la contre-réaction est faible, il faut être très prudent. En général, le transformateur de sortie comporte un secondaire à prises intermédiaires; plusieurs adaptations sont alors possibles. Quand le nombre des haut-parleurs est important, il s'agit de vérifier la résistance totale obtenue en branchant plusieurs groupes de haut-parleurs en série et en parallèle. Le problème devient épineux si l'on utilise des haut-parleurs de puissances différentes, par exemple des haut-parleurs de 20 W, de 10 W, de 6 W, et éventuellement de 3 W, pour le contrôle.

Dans ces conditions, il ne faut pas seulement tenir compte de la résistance du groupe de haut-parleurs utilisés, mais encore de la puissance fournie à chaque haut-parleur. Il arrive souvent que l'amplificateur doit être installé en toute hâte. Bien des erreurs de branchement sont alors possibles. Le problème devient cependant plus facile à résoudre si le transformateur de sortie comporte une prise à 100 V. Les haut-parleurs PHILIPS peuvent être fournis avec un transformateur d'adaptation sur 100 V.

On peut brancher un nombre quelconque de ces haut-parleurs en parallèle sur un tel transformateur de sortie, à condition que la puissance totale des haut-parleurs installés corresponde sensiblement à la puissance de sortie maximum de l'amplificateur.

Si l'amplificateur de 35 W, dont on a déjà parlé, est pourvu d'un transformateur de sortie de 100 V, nous pouvons y raccorder, par exemple, un haut-parleur de 20 W, un de 10 W et un de 6 W. Le raccordement au transformateur 100 V s'effectue comme s'il était une centrale électrique fournissant de la puissance musicale. Les haut-parleurs, ainsi branchés, ne reçoivent pas de puissance supérieure à celle pour laquelle ils ont été étudiés.

Dans ces conditions, on ne peut les surcharger. Le raccordement d'adaptation des différents haut-parleurs se fait alors de façon très simple et sans erreur possible.

Mais la question se pose de savoir comment nous devons maintenant calculer le nombre de tours de l'enroulement secondaire.

Dans les descriptions d'amplificateurs qui vont suivre, nous trouvons le nombre de tours du primaire des transformateurs de sortie, par exemple S_1 (primaire) = 2×830 spires. Pour le secondaire, on a S_2 . Le rapport de transformation entre S_1 et $S_2 = \sqrt{R_{aa}/R}$, R étant l'impédance de charge extérieure et R_{aa} la résistance d'adaptation. Pour un amplificateur de 35 W, sur lequel sont branchés 2 haut-parleurs de 20 W, présentant chacun une impédance de 10 Ω , la détermination du nombre de spires est assez simple. Les 2 haut-parleurs branchés en parallèle, représentant une impédance de 5 Ω , avec

$R_{aa} = 4000 \Omega$, le rapport de transformation devient donc $\sqrt{\frac{4000}{5}} = 28,3$.

Le primaire comporte 1660 spires; au secondaire nous en aurons $660 : 28,3 = 59$. Dans ce calcul, la résistance ohmique des enroulements du transformateur a été négligée. Combien de spires devons-nous mettre au secondaire du transformateur de sortie, pour obtenir une adaptation sur 100 V? Nous calculons d'abord la tension primaire à l'aide de la formule $W = E^2/R$ ou $E^2 = W \cdot R$. Dans notre cas, $W = 35$, $R_{aa} = 4000 \Omega$. Cela donne $E^2 = 140\,000$ et $E = \sqrt{140\,000} = 374$. La tension primaire, pour la puissance de sortie maximum, est donc de 374 V. Pour obtenir au secondaire une tension de 100 V, nous devons disposer d'un transformateur dont le rapport de réduction soit de 3,74: 1. Le nombre de spires du secondaire est donc: $1660 : 3,74 = 445$. De cette façon, on calcule aisément le nombre de spires du secondaire. En général, quand il s'agit d'amplificateurs à forte puissance, on dispose sur le transformateur de sortie de prises multiples pour plusieurs impédances, choisies selon les applications envisagées ou pour les haut-parleurs que l'on désire utiliser. Il est souhaitable que le transformateur de sortie présente un champ magnétique de dispersion aussi faible que possible. Dans le cas du transformateur push-pull, cette condition est impérieuse, surtout lorsqu'il est fait usage d'une contre-réaction efficace et que les amplificateurs doivent être de très haute

qualité. La qualité d'un amplificateur dépend en grande partie du transformateur de sortie. Nous allons énoncer les exigences auxquelles cet accessoire doit répondre.

La qualité d'un transformateur est principalement déterminée par :

- 1° la self-induction de l'enroulement primaire,
- 2° l'inductance de dispersion,
- 3° la capacité propre des enroulements (et surtout celle du primaire),
- 4° la capacité mutuelle entre les enroulements,
- 5° le rendement.

La self-induction du primaire doit être importante, pour éviter une diminution de la puissance de sortie pour les basses fréquences. On ne peut cependant obtenir une self-induction élevée sans augmenter la capacité propre de l'enroulement primaire. Or, celui-ci doit rester faible, pour ne pas diminuer les tensions alternatives de fréquence élevée. Nous sommes donc en présence de deux exigences contradictoires, entre lesquelles il faut trouver un compromis.

La self-induction du primaire et la capacité en parallèle forment un circuit accordé. Pour obtenir une courbe de réponse correcte, il faut que la fréquence de résonance de ce circuit soit bien supérieure à la bande de fréquences que l'on désire amplifier.

La capacité en parallèle doit donc être réduite le plus possible. L'inductance de dispersion magnétique joue un grand rôle lorsqu'on utilise une contre-réaction. Si le couplage entre le primaire et le secondaire n'est pas assez serré, il se produit un déphasage pour les fréquences élevées, qui peut même donner lieu à des oscillations. On peut obtenir un couplage très serré, en divisant le primaire en sections, entre lesquelles les spires du secondaire trouveront leur place. Ces différentes sections seront alors reliées en parallèle. Pour cette raison, dans les descriptions d'amplificateurs qui suivent, le diamètre du fil du primaire n'est pas indiqué parmi les données relatives aux transformateurs, mais bien, seulement, la section totale des fils. On peut alors déterminer soi-même comment il est possible d'obtenir cette surface de section, c'est-à-dire, en bobinant en parallèle plusieurs enroulements de fils fins ou en n'utilisant que l'enroulement d'un seul fil. Dans ce dernier cas, il est également possible d'obtenir un couplage très serré par l'utilisation de bobinages par sections; ces sections doivent être reliées en série. La capacité entre les enroulements joue aussi un rôle important, surtout en ce qui concerne la stabilité, lorsqu'on utilise une contre-réaction. Cette capacité peut être réduite le plus possible si l'on dispose, entre les enroulements, un blindage, ou encore si l'on choisit judicieusement la place des enroulements les uns par rapport aux autres. Pour les dimensions des noyaux, les caractéristiques des enroulements primaires et des enroulements de contre-réaction, on trouvera tous les détails utiles dans les descriptions des différents amplificateurs.

5. L'entrée d'un amplificateur et le réglage du volume sonore

Tous les amplificateurs traités dans cet ouvrage comportent une entrée pour

pick-up (capteur), et les plus grands modèles une double entrée, pour microphone et pour pick-up.

Certains amplificateurs présentent une sensibilité d'entrée tellement grande que l'on peut relier à l'entrée aussi bien un microphone sensible qu'un pick-up. Ces amplificateurs peuvent servir comme amplificateurs d'appel ou comme amplificateurs de modulation pour un émetteur d'amateur. Dans ces applications, on n'exige pas, en général, l'optimum de la qualité. L'intelligibilité de la parole et une puissance de sortie suffisante sont, dans ce cas, les exigences les plus importantes. Le potentiomètre de réglage du pick-up est presque toujours placé avant l'entrée de grille du premier tube. Le réglage de volume pour un microphone, au contraire, est en général placé après le tube. Il en est ainsi dans tous les projets d'amplificateurs dont parle cet ouvrage. Cette solution a été adoptée pour éviter d'amplifier le crachement éventuel des potentiomètres. Il est donc très important de limiter l'amplification après les potentiomètres, pour que les crachements ne soient jamais audibles. Un microphone moderne donne, en général, de faibles tensions, et le tube d'entrée ne sera, en aucun cas, surchargé. Il n'est donc pas logique de disposer un réglage de volume avant la grille de ce tube. Il est plus intéressant de le monter dans le circuit de l'anode. Cette façon de procéder présente encore un autre avantage: en tournant le contrôle de volume vers le minimum, le ronflement et le bruit introduits par le tube préamplificateur sont alors réduits en proportion. Pour empêcher que le réglage de volume du phonocapteur d'une part et que le microphone d'autre part s'influencent par trop, on dispose des résistances entre le curseur du potentiomètre et la grille du tube suivant. Ces résistances ont, en général, une valeur qui varie entre 0,3 et 1 M Ω . Par l'emploi de cette adjonction, l'amplification diminue. Si l'on utilise une valeur de 0,5 M Ω pour les potentiomètres et une valeur identique pour la résistance-série, l'amplification sera réduite de moitié si l'un des potentiomètres est tourné vers le minimum. On peut aussi brancher, en série avec le réglage de volume du microphone, une résistance de 0,3 M Ω , et, en série avec le potentiomètre du pick-up, une résistance de 1 M Ω . Dans ces conditions, l'amplification phonographique est réduite à 0,23 et l'amplification microphonique à 0,77 de l'amplification totale obtenue lorsque l'autre potentiomètre se trouve à la position minimum. En mélangeant les signaux, l'amplification augmente. Par un choix judicieux des résistances, l'amplification de l'une des deux entrées peut être avantagée par rapport à l'autre. Etant donné le choix du phonocapteur et du microphone, ce point peut être important à considérer. Il arrive que deux microphones doivent être branchés à l'entrée de l'amplificateur.

Dans ces conditions, on branche un ou plusieurs tubes en parallèle sur le tube préamplificateur. Avec un tube en parallèle, l'amplification se trouve réduite de moitié. Si, de plus, il y a une connexion pour pick-up (ce qui est généralement le cas), l'amplification est réduite au tiers. Si un troisième microphone doit pouvoir être branché sur l'amplificateur, l'amplification est réduite au quart de sa valeur primitive. Si le circuit mélangeur est très étendu, le second tube

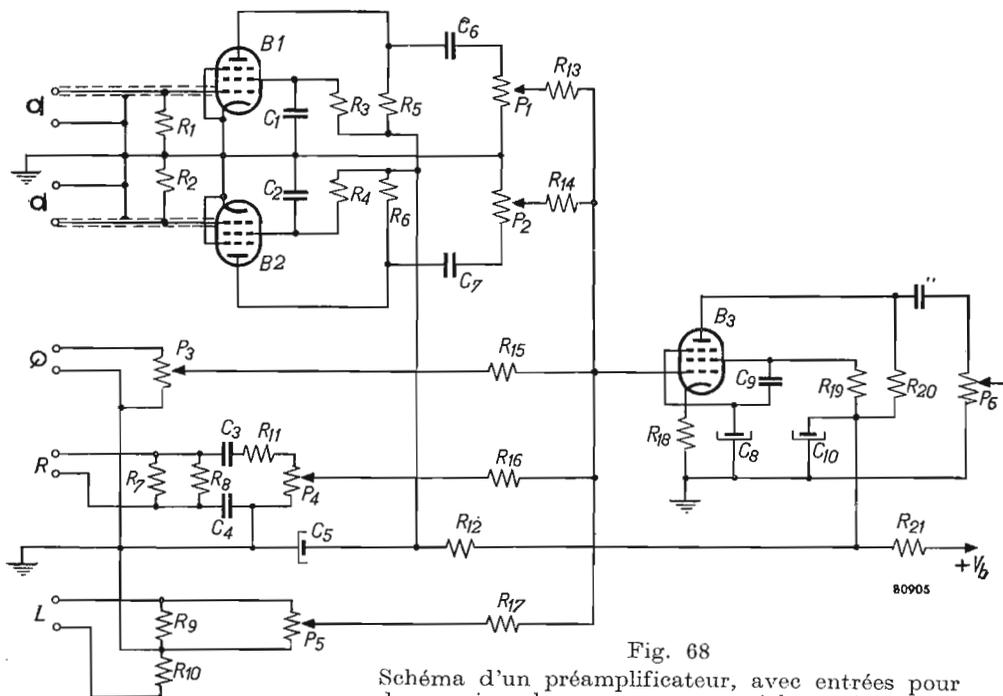


Fig. 68

Schéma d'un préamplificateur, avec entrées pour deux microphones, pour un pick-up (capteur), pour une ligne téléphonique *L* et pour un récepteur de radio *R*.

Résistances			Condensateurs			
No.	Valeurs	Puissance dissipable W	No.	Valeurs	Tension de service (V)	
R_1	10 M Ω	0,25	C_1	0,5 μ F	350	
R_2	10 M Ω	0,25	C_2	0,27 μ F		
R_3	1,2 M Ω	0,25	C_3	0,27 μ F		
R_4	1,2 M Ω	0,25	C_4	0,5 μ F		
R_5	0,22 M Ω	0,5	C_5	8 μ F		
R_6	0,22 M Ω	0,5	C_6	50 000 pF	12,5	
R_7	39 Ω	1	C_7	50 000 pF		
R_8	39 Ω	1	C_8	50 μ F		
R_9	330 Ω	1	C_9	0,5 μ F		
R_{10}	330 Ω	1	C_{10}	8 μ F		
R_{11}	33 k Ω	0,25	C_{11}	50 000 pF	350	
R_{12}	10 k Ω	0,5	Potentiomètres			
R_{13}	0,5 M Ω	0,25	P_1	0,5 M Ω		
R_{14}	0,5 M Ω	0,25	P_2	0,5 M Ω		
R_{15}	0,5 M Ω	0,25	P_3	0,5 M Ω		
R_{16}	1 M Ω	0,25	P_4	50 k Ω		
R_{17}	0,5 M Ω	0,25	P_5	10 k Ω		
R_{18}	2,2 k Ω	0,25	P_6	0,5 M Ω		
R_{19}	1,5 M Ω	0,25	Tubes			
R_{20}	0,33 M Ω	0,5	B_1	EF 40	350	
R_{21}	10 k Ω	0,5	B_2	EF 40		
			B_3	EF 40		

amplificateur doit fournir une amplification plus grande. La figure 68 donne un exemple de montage de pupitre mélangeur pour microphones, pick-up (capteur, radio et lignes téléphoniques). Cinq organes de réglage sont alors branchés en parallèle. L'amplification se trouve réduite à 1/5 environ. Si nous introduisons ce circuit dans l'amplificateur déjà décrit, le second tube pré-amplificateur doit travailler dans des conditions différentes. Nous l'avons d'abord réglé pour obtenir une amplification de 20 fois. Maintenant, nous avons besoin d'une amplification de 100 fois. Si nous voulons encore faire usage d'une contre-réaction, les éléments de celle-ci auront des valeurs peu pratiques. En effet, nous ne pouvons introduire une contre-réaction double, et comme la résistance de grille est devenue $0,1 \text{ M}\Omega$, nous devrions placer entre anode et grille une résistance de $50 \text{ M}\Omega$. Cette valeur n'est pas pratique, et il est alors plus logique de supprimer la contre-réaction. Le tube fournira une amplification plus faible, les résistances à l'anode et à la grille 2 ayant une plus petite valeur. De cette façon, l'amplification et la distorsion seront réduites. La résistance de cathode doit avoir une valeur plus faible. Les tableaux concernant le tube EF 40 fournissent tous les renseignements utiles sur ce point. L'extension des possibilités d'un amplificateur entraîne toujours une légère augmentation de la distorsion, puisque nous devons sacrifier sur la contre-réaction pour pouvoir compenser la perte d'amplification. Comme la distorsion augmentera de 1 % tout au plus, nous acceptons cet inconvénient. Les câbles de liaison du microphone avec l'entrée doivent être convenablement blindés; en général, le microphone est pourvu d'un câble blindé et le raccordement du microphone à l'amplificateur peut se faire à l'aide d'une prise PHILIPS type 88003/05, et d'une douille de contact montée sur le câble microphonique du type 88003/02. Ces douilles de contact comportent un anneau fileté qui permet de les fixer par vissage aux prises montées sur l'amplificateur. Le blindage ainsi obtenu est complet. Si l'entrée pour le microphone reste inutilisée, on doit la fermer à l'aide du couvercle blindé et fileté type 88003/07. On peut procéder de la même manière en ce qui concerne le pick-up. Tout cela est à conseiller aussi, si l'on veut donner à l'ensemble un fini irréprochable.

Si les exigences ne sont pas si sévères, on peut utiliser pour le pick-up, la radio et la ligne téléphonique les petites plaquettes à douilles non blindées qui se trouvent dans le commerce. Si l'on utilise de telles entrées, on placera le côté relié à la grille le plus près du châssis, et l'autre douille sera reliée à la masse. Dans certains cas, on soudera à la douille inférieure une petite pièce métallique, pliée autour de la douille supérieure, réalisant ainsi un blindage. S'il s'agit d'une entrée de microphone, ce mode de blindage, trop simplifié, est à déconseiller.

6. Microphones, pick-ups (phonocapteurs) et haut-parleurs

Bien que les microphones, les pick-ups et les haut-parleurs n'entrent pas dans le cadre de la présente brochure, il est néanmoins souhaitable de les passer en revue, ne serait-ce que de façon sommaire.

On a déjà mentionné que les microphones de qualité ne fournissent qu'une faible tension. Lorsqu'ils se trouvent à une grande distance des sources sonores, ou s'ils doivent capter les sons produits par un orchestre, l'amplification normale est insuffisante et l'on doit recourir à l'emploi d'un préamplificateur dont les filaments des tubes sont alimentés en courant continu. Si le microphone est utilisé à une distance appréciable de l'amplificateur, un long câble de liaison est indispensable. Ces câbles présentent, en général, une capacité importante qui exerce une influence défavorable sur la reproduction des notes aiguës. Les microphones PHILIPS sont pourvus d'un transformateur d'adaptation pouvant être branché sur des impédances de 200, de 500 ou de 10 000 Ω . L'impédance d'entrée de l'amplificateur doit être au moins 10 fois plus élevée. Si l'on utilise des impédances d'entrée de faible valeur, on peut utiliser de très longs câbles, mais la tension de sortie de la ligne diminue en conséquence. Dans ces conditions, il est intéressant d'intercaler un transformateur d'entrée dans le montage, et tout près de l'amplificateur. Sa fonction consiste à augmenter la tension.

En général, ce transformateur ne doit pas être monté sur le châssis de l'amplificateur, afin d'éviter tous les ronflements dus à l'influence du champ de dispersion du transformateur d'alimentation; le transformateur-adaptateur doit être monté à une certaine distance du châssis. Le transformateur d'entrée PHILIPS type 2700 convient pour ce mode d'utilisation. Il est soigneusement blindé et pourvu d'un câble de raccordement et d'une fiche d'entrée. Si l'on utilise le raccordement sur 200 Ω , il n'est pas nécessaire de blinder le câble du microphone, et l'on peut employer des câbles normaux de très grande longueur. Les pick-ups (capteurs) les plus généralement utilisés sont du type à cristal. Si certaines précautions sont prises lors de la fabrication — et c'est le cas pour les pick-ups phonocapteurs PHILIPS — ces accessoires peuvent également être utilisés sous les tropiques.

La tension de sortie moyenne fournie par un pick-up à cristal moderne est de l'ordre de 0,2 à 1 V, que les disques utilisés soient du type normal ou à microsillon.

Il faut en tout cas choisir un pick-up capable de moduler à fond le tube d'entrée de l'amplificateur.

Pour obtenir une courbe de réponse bien horizontale, un filtre correcteur est généralement branché entre le pick-up et l'amplificateur. Son influence peut être montrée à l'aide des courbes (fig. 69) se rapportant au pick-up capteur à haute fidélité PHILIPS type AG 3012, avec son aiguille en saphir, dont la pointe arrondie a un rayon de 75 μ .

Le rayon de la pointe de saphir du type AG 3013, par contre, n'est que de 25 μ . Les courbes de réponse de la fig. 68 accusent une très grande différence aux fréquences élevées.

Les disques à microsillon présentent, par rapport aux disques normaux, une amplitude de sillon plus grande aux fréquences élevées (courbes A et C).

Quand un filtre, comprenant une capacité de 8200 pF et une résistance de 45000 Ω , est branché aux bornes du pick-up capteur, la courbe de réponse

devient horizontale à 1 db près, entre 50 et 1000 c/s. Au delà de cette dernière fréquence, la courbe de réponse se rapportant au pick-up capteur normal reste horizontale jusqu'à 10 000 c/s. Pour le pick-up capteur utilisé avec les disques à microsillon, la différence se maintient.

On règle la reproduction de ces fréquences élevées à l'aide du réglage de tonalité aiguë de l'amplificateur.

Un amplificateur ne devrait jamais être utilisé au hasard sur n'importe quel haut-parleur dont on dispose.

Nous avons déjà attiré l'attention sur la nécessité d'adaptation correcte de la charge, mais il y a encore d'autres facteurs importants qui jouent un rôle dans la détermination du choix des haut-parleurs, surtout lorsqu'on veut avoir des auditions de qualité, à grande puissance. Nous donnons en annexe un aperçu des différents haut-parleurs PHILIPS. Le rendement est, en général, très faible. Une partie minime de l'énergie électrique est convertie en énergie acoustique, et c'est le cas de tous les haut-parleurs, encore actuellement. Le rendement du haut-parleur type 9766, (H.P. de 3 watts) est de 4 %; ce rendement est élevé pour un haut-parleur de ces dimensions.

Le haut-parleur standard de 6 watts a un rendement de 6 %; celui du grand haut-parleur de 10 watts (type 9758) est de 6 %, et celui du haut-parleur type 9762 (H.P. de 20 watts) atteint tout juste 14 %. Les haut-parleurs présentent une fréquence de résonance. Il est important de savoir où cette fréquence se situe dans le spectre des fréquences reproduites et quelle est l'allure générale de la courbe de réponse. En général, un haut-parleur donne, sur les fréquences inférieures à sa fréquence de résonance, un son déformé. On a l'impression que

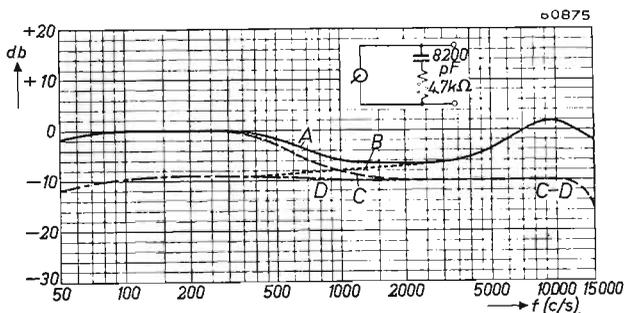


Fig. 69

Courbe de réponse des pick-ups phonocapteurs à cristal PHILIPS, type AG 3013 (microsillon) et type AG 3012 (normal):

- A) type AG 3013, sans filtre
- B) type AG 3013, avec filtre, comportant une capacité de 8200 pF en série avec une résistance de 47 kΩ, branché aux bornes d'entrée (ligne pointillée)
- C) type AG 3012, sans filtre (trait fort)
- D) type AG 3012, avec le même filtre que B (ligne mixte)

Dans tous ces cas, l'impédance d'entrée de l'amplificateur est au moins de 0,5 MΩ.

les basses sont reproduites, mais en réalité il n'en est pas ainsi. On s'en rend compte quand on passe, en fréquences basses, d'un haut-parleur présentant une résonance à 110 c/s à un haut-parleur ayant une résonance de 45 c/s. Il n'est donc pas logique de construire un amplificateur à caractéristique de reproduction droite de 30 c/s à 12 000 c/s, si l'on utilise des haut-parleurs qui ne sont pas susceptibles de reproduire cette gamme de fréquences en raison de leur fréquence de résonance trop élevée.

Au-dessous de la résonance, la puissance acoustique est réduite de 12 db par octave. De plus, à moins d'utiliser un baffle infini ou un baffle dont la fréquence de coupure est inférieure à la fréquence de résonance, l'atténuation provoquée par le baffle est de 6 db par octave.

Cela entraîne une diminution de la puissance acoustique dans le rapport de 63 à 1. Il serait dérisoire de vouloir corriger cette atténuation dans l'amplificateur même, car une octave plus bas que la fréquence de résonance, la puissance de sortie de l'amplificateur devrait être 63 fois plus grande que celle exigible au delà de cette fréquence.

Ces derniers temps, on a construit des haut-parleurs spéciaux, destinés à être utilisés dans des récepteurs de radio. Le lecteur sait que la fréquence de 9000 c/s donne des bruits d'interférence gênants. Les ensembles radio et pick-up de haute qualité sont, pour cette raison, pourvus le plus souvent d'un filtre à 9000 c/s.; ce filtre peut être mis hors circuit lors de la reproduction phonographique. On adopte parfois la solution qui consiste à utiliser des haut-parleurs dont la courbe de réponse présente une chute verticale aux environs de 8000 c/s.

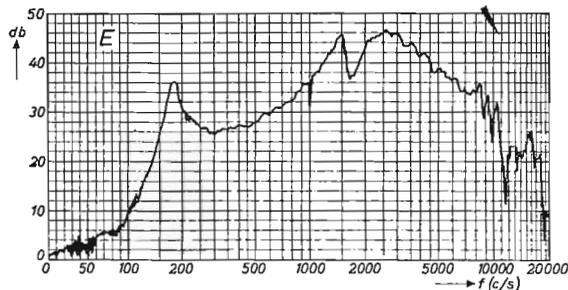
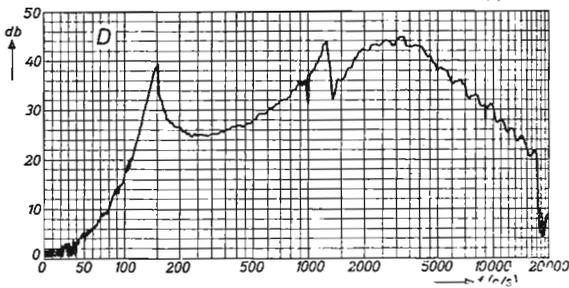
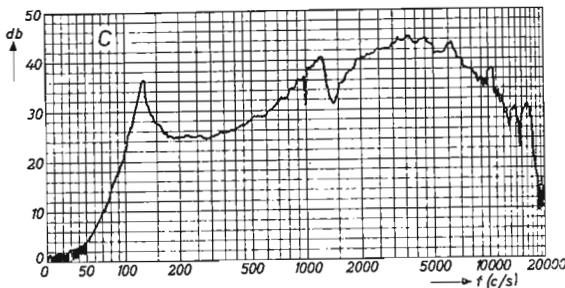
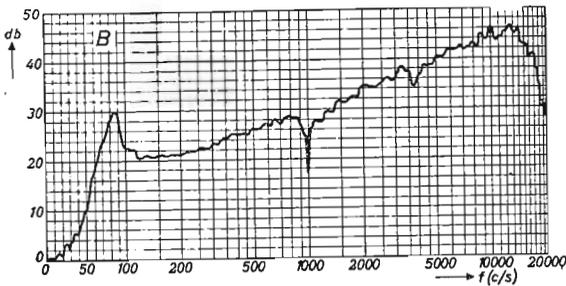
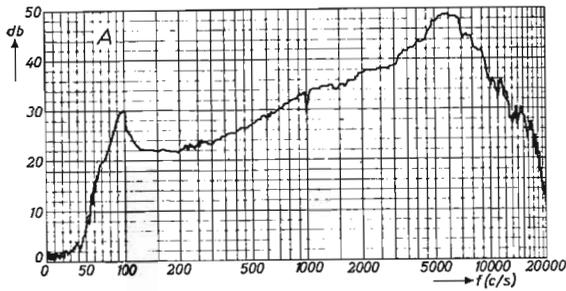
Le lecteur trouvera dans l'Appendice les caractéristiques principales de ces haut-parleurs. Il y verra des haut-parleurs portant le même numéro de type (c'est-à-dire pourvus des mêmes aimants, des mêmes bobines mobiles et des mêmes cônes), mais dont les rendements sont totalement différents.

Les lettres qui suivent le numéro de type donnent des indications au sujet de la qualité de reproduction. Les lettres X, Y, Z et M indiquent une différence en ce qui concerne la courbe de réponse, et en conséquence, une différence de rendement (voir la fig. 70). Quand le numéro de type n'est suivi d'aucune lettre, il s'agit du type normal, qui se distingue par une courbe de réponse très près de l'horizontale. Elle ne présente ni pointes, ni creux. Ces haut-parleurs de qualité sont avantageusement employés avec les récepteurs pour la modulation d'amplitude.

Les types "M" ont des caractéristiques similaires, mais leur courbe de réponse s'étend une octave plus loin dans les aiguës, allant jusque 20 000 c/s. Ils sont spécialement construits pour les récepteurs de modulation de fréquence et la reproduction fidèle de disques.

Un haut-parleur remarquable est le type 9710. Bien que le diamètre de son cône soit de 20 cm seulement, sa fréquence se situe vers 45 c/s et sa courbe de réponse s'étend jusqu'à 15 000 c/s. Le type 9710 M prolonge sa courbe de réponse jusqu'à 20 000 c/s (voir fig. 71 A et B).

La distorsion avec ces types de haut-parleurs est extrêmement faible, compte



tenu de la distorsion harmonique non linéaire, de la distorsion due à l'intermodulation et de la distorsion due aux battements.

Si des signaux impulsionnels à front raide sont appliqués à de tels haut-parleurs, le retard de bobine mobile est minime.

Ce haut-parleur est recommandé pour les auditions à haute fidélité. On a longtemps admis que seuls les haut-parleurs de grandes dimensions peuvent présenter une fréquence de résonance basse. Cette assertion est sujette à révision depuis l'apparition des types 9710. Les haut-parleurs de grandes dimensions restent réservés aux cas où un grand volume so-

Fig. 70
 Courbes de fréquence des haut-parleurs type 8768/00, type 9768 M, type 9768 X, type 9768 Y et type 9768 Z. Il existe une différence appréciable entre les diverses courbes, bien que tous les haut-parleurs soient équipés d'aimants et de bobines mobiles identiques et qu'ils aient les mêmes dimensions. Le rendement est de 6 % pour les types 00 et M, et respectivement de 6,5, 7 et 8 % pour les types X, Y et Z.

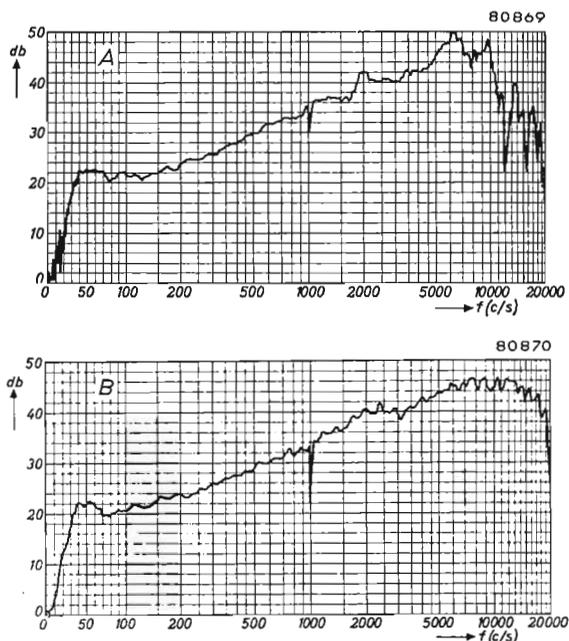


Fig. 71

Courbes de réponse des haut-parleurs type 9710 (A) et type 9710 M (B).

nore est exigé. L'impédance d'un haut-parleur est, en général, spécifiée à la fréquence de 1000 c/s. Pour des fréquences basses, cette impédance s'approche de la résistance ohmique, mais elle est beaucoup plus élevée à la fréquence de résonance.

Sauf si l'on prend des précautions spéciales, l'impédance augmente avec la fréquence. Elle est doublée à la fréquence de 5000 c/s et triplée à la fréquence de 10 000 c/s, par rapport à celle que l'on mesure à 1000 c/s. Mais il existe des haut-parleurs dont l'impédance est constante, quelle que soit la fréquence.

Il se produit alors une certaine atténuation aux fréquences élevées. Elle peut être corrigée en choisissant une courbe de réponse de l'amplificateur qui fasse la compensation.

Les courbes de réponse des haut-parleurs (fig. 70 et 71) donnent la pression acoustique en fonction de la fréquence, mesurée en chambre absorbante.

Durant les mesures, le courant à travers la bobine mobile est maintenu constant (dans certains cas, on maintient constante la tension aux bornes de la bobine mobile).

Les mesures sont toujours exécutées sans baffle.

La présence d'un baffle fausserait le résultat, et il serait impossible de dis-

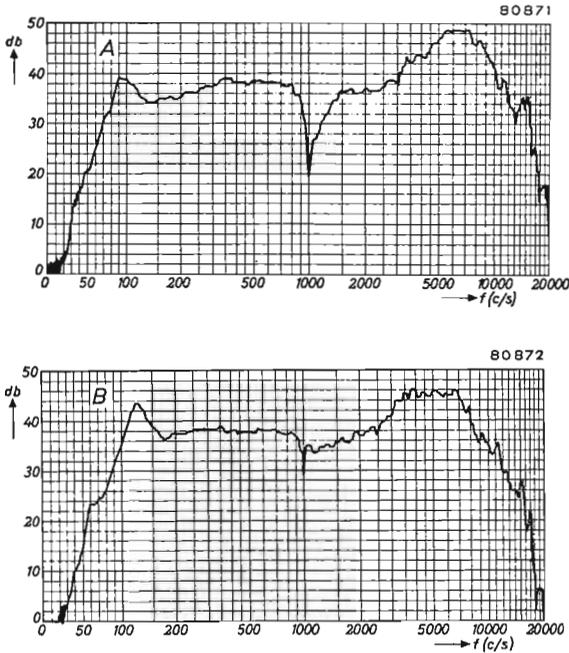


Fig. 72

Courbes de fréquence des haut-parleurs type 976/800 montés sur baffle de 50 × 50 cm (A). La chute entre 100 c/s et 600 c/s, visible à la fig. 70 A, disparaît quand le baffle est utilisé. Par contre, une chute apparaît quand le baffle est utilisé aux environs de 1000 c/s. Cette chute est due aux dimensions relativement faibles du baffle. Elle disparaît si l'on utilise un haut-parleur, type 9768 X (B).

tinguer les écarts de la courbe de réponse provenant du haut-parleur de ceux qui sont dus à la présence du baffle.

L'absence de baffle fait tomber la courbe de réponse aux fréquences basses. Cependant, si le haut-parleur est monté sur un baffle de dimensions suffisantes, la chute de la courbe de réponse disparaît (voir fig. 68 A et B).

A partir d'une certaine fréquence, qui est fonction de la dimension et de la forme du cône, la courbe de réponse monte avec la fréquence. La montée sera de 6 db par octave, si la puissance acoustique de sortie en fonction de la fréquence est maintenue constante. L'oreille de l'auditeur doit se trouver dans l'axe du cône (cela n'est pratiquement jamais réalisé dans la pratique). C'est pour cette raison qu'une courbe de réponse horizontale est défavorable. Tout baffle ou coffret de haut-parleur présente au moins une chute dans sa courbe de réponse. La fig. 72A en donne une illustration. On y voit la courbe de réponse du haut-parleur type 9768/00 monté sur un baffle de 50 × 50 cm

(chute vers 1000 p.p.s.). Cette chute peut être compensée si l'on s'arrange pour que la courbe de réponse de l'amplificateur présente une crête à l'endroit voulu.

La fig. 72B montre la courbe de réponse du haut-parleur type 9768X monté sur le même baffle. La courbe de réponse du même haut-parleur sans baffle était donnée à la fig. 70.

Pour les variantes Y et Z des mêmes types de haut-parleurs, la crête se situe à une fréquence plus élevée. Ils ont été conçus pour être montés dans des ébénisteries plus petites que celles qui conviennent aux types 9768/00 et 9768 X. Une formule pratique pour le calcul des dimensions d'un baffle ou d'une ébénisterie, tenant compte de la reproduction des basses, est la suivante:

$$f_{co} = \frac{34\ 000}{2l}$$

Dans cette formule, f_{co} est la fréquence au-dessous de laquelle commence l'atténuation de 6 db par octave,

34 000 est la vitesse de propagation du son dans l'air, en cm par seconde,

l est la plus courte distance en centimètres, du centre du panneau avant du haut-parleur au centre de sa paroi arrière.

Exemple:

Quelles sont les dimensions du baffle nécessaire à la reproduction sans atténuation jusqu'à 50 p.p.s. (la fréquence de résonance du haut-parleur se trouvant aux environs de cette fréquence)?

Réponse:

$$50 = \frac{34\ 000}{2l},$$

$$l = 340 \text{ cm.}$$

Le baffle requis est de $3,4 \times 3,4 = 11,6 \text{ m}^2$, le haut-parleur étant monté au centre.

CHAPITRE VI

DESCRIPTION DE QUELQUES AMPLIFICATEURS

Dans ce chapitre on trouvera la description de huit amplificateurs. Chacun d'eux a été construit et essayé. La description comprend le schéma de principe, avec des commentaires, les détails de construction, les résultats d'essais, les valeurs des tensions et des courants, les courbes de réponse, l'influence du réglage de tonalité sur la courbe de réponse et les résultats de mesure en ce qui concerne le ronflement et le bruit.

La sensibilité des amplificateurs a été mesurée en différents points. On pourra donc se faire une idée exacte des résultats que l'on peut obtenir avec les montages décrits. En se rappelant ce que disaient les chapitres précédents, les schémas utilisés ne présenteront plus aucun point obscur. Les textes qui suivent servent à compléter, d'une manière détaillée, les exposés généraux des chapitres précédents.

1. UN AMPLIFICATEUR DE PICK-UP DE 3 W

Cet amplificateur très simple peut être utilisé pour la reproduction des disques. Deux tubes amplificateurs sont utilisés: un tube préamplificateur et un tube de puissance. Pour diminuer la distorsion, on fait usage d'une contre-réaction combinée avec le réglage de tonalité, pour les sons aigus comme pour les sons graves. Le transformateur de sortie convient pour des haut-parleurs présentant une impédance de 5 à 7 Ω .

Données générales

Tubes: EF 40 préamplificateur
EL 41 tube de puissance
EZ 40 tube redresseur

La tension alternative d'entrée exigible pour l'obtention de la puissance de sortie maximum est de 100 mV_{eff}.

L'étage de puissance

Le tube de sortie EL 41 fonctionne en classe A. Pour moduler complètement ce tube, il faut disposer d'une tension alternative d'entrée de 3,8 V_{eff}. Une partie de la tension, qui apparaît au secondaire du transformateur de sortie

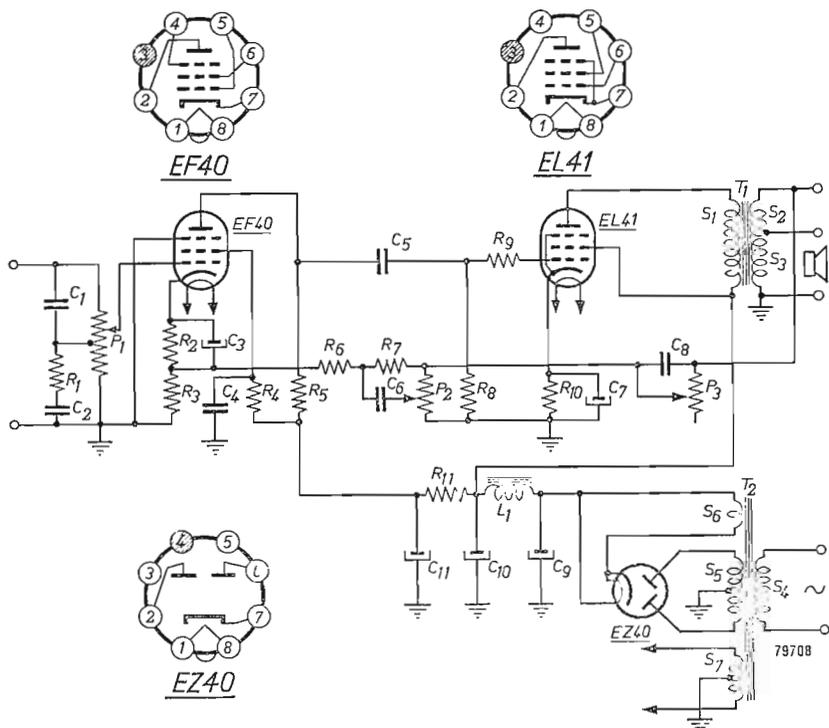


Fig. 73
Schéma de l'amplificateur de 3 W.

T_1 , est utilisée pour la contre-réaction, et elle est injectée sur une portion non découplée de la résistance de cathode du tube préamplificateur.

Un réglage de tonalité pour les sons aigus P_2 et un autre, pour les basses, P_3 , sont incorporés dans cet appareil.

Le préamplificateur

A l'étage préamplificateur, on utilise un tube EF 40. Ce tube se distingue par son faible niveau de ronflement et de microphonie et par sa grande amplification qui permet l'utilisation d'une contre-réaction. Pour ce tube, il faut utiliser un support à résistance d'isolement très élevée, tel que le support PHILIPS type 5904/03. En général, il n'est pas nécessaire de recourir au montage antivibratoire de ce support. Le ronflement est maintenu très faible, si l'on prend soin de relier au châssis la prise médiane de l'enroulement du circuit de chauffage. A l'entrée de l'amplificateur, on trouve un réglage de tonalité fixe. Il comprend la résistance R_1 et les condensateurs C_1 et C_2 . Ces éléments fonctionnent en combinaison avec le potentiomètre P_1 , qui est à

prise médiane. Ce réglage de tonalité sert à relever les sons graves et les sons aigus, lorsque le volume est faible. Il sera parfois nécessaire d'utiliser pour ces pièces d'autres valeurs que celles qui sont indiquées, spécialement si l'on veut corriger un pick-up spécial ou un haut-parleur de caractéristiques anormales. On peut aussi éviter cette complication et utiliser un potentiomètre ordinaire pour le contrôle de volume.

La contre-réaction et la commande de tonalité

Nous avons déjà indiqué que la tension de contre-réaction est prise à partir de l'enroulement secondaire du transformateur de sortie. La commande de tonalité fait partie de ce circuit, qui comprend le condensateur C_3 , shunté par le potentiomètre P_3 , le potentiomètre P_2 , la résistance R_7 , le condensateur C_6 et les résistances R_6 et R_3 . Cette dernière forme la portion non découplée de la résistance de cathode du tube EF 40. Le point commun de C_3 et de R_7 est mis à la terre à travers le potentiomètre P_2 de 25 k Ω . Le curseur de ce potentiomètre est relié au point commun de R_6 et R_7 à travers un condensateur, C_6 . Le fonctionnement de la commande de tonalité est le suivant: les sons graves sont réglables à l'aide de P_3 . Si celui-ci se trouve tourné vers la gauche, C_3 est court-circuité et reste alors sans influence sur la contre-réaction. Si le curseur du potentiomètre est tourné vers la droite, le condensateur C_3 de 0,1 μ F se trouve placé en série avec le circuit de contre-réaction. Ce condensateur est alors shunté par une résistance de 0,1 M Ω . Pour les fréquences élevées, ce condensateur ne joue aucun rôle et elles ne sont pas atténuées. Pour les sons graves, sa résistance est élevée, par rapport aux autres résistances du circuit-série. Il en résulte que les tensions alternatives relatives aux fréquences basses donnent une tension de contre-réaction plus faible aux bornes de la résistance R_3 . Ces tensions sont donc plus fortement amplifiées. Les sons graves sont alors relevés au-dessus du niveau de la courbe de réponse. Cette particularité importante se remarque bien quand on amplifie sur des disques, car, au moment de l'enregistrement, les fréquences inférieures à 25 périodes par seconde ont été atténuées. A l'aide du potentiomètre P_3 , l'amplification peut être choisie de telle façon que cette atténuation ne se remarque plus à l'audition. L'amplification des tensions aux fréquences plus élevées est réglable à l'aide de P_2 .

Si P_2 se trouve dans sa position extrême à gauche, R_7 est shuntée par C_6 . Les tensions alternatives à fréquences élevées trouvent peu de résistance et la tension aux bornes de R_3 est maximum. Donc, ces tensions sont fortement atténuées par le jeu de la contre-réaction. Si, au contraire, le potentiomètre se trouve tourné vers la droite, C_6 se trouve en parallèle avec les résistances R_6 et R_3 branchées en série. Les tensions de fréquences élevées qui apparaissent aux bornes de R_3 sont diminuées; il se produit alors une faible contre-réaction pour ces tensions et par conséquent une plus grande amplification. Les sons aigus sont maintenant relevés au-dessus du niveau moyen de la courbe de réponse.

L'alimentation

Le tube redresseur, à chauffage indirect, du type EZ 40 est monté en redresseur à deux alternances. Le filtrage est normal. On fait usage du condensateur-réservoir C_9 , de la self de filtre L_1 et du condensateur C_{10} . Le tube préamplificateur EF 40 est alimenté à travers un filtre spécial qui se compose de C_{11} et de R_{11} . Si l'on ne dispose pas de transformateur d'alimentation, comprenant un enroulement de 6,3 V pour l'alimentation du filament du tube redresseur, mais si l'on dispose d'un enroulement de 4 V, on peut alors utiliser le tube redresseur AZ 41. Les connexions du support figurent dans le tableau général des tubes (voir l'annexe de ce livre).

La tension d'alimentation du filament du tube EZ 40 peut être prise sur l'enroulement destiné à l'alimentation des tubes amplificateurs. Dans ces conditions, la cathode du tube ne peut être reliée au filament. On la raccordera au pôle positif du condensateur et de la self de filtrage. Ce mode de branchement est admissible, car la tension maximum spécifiée, entre filament et cathode du tube EZ 40, est de 500 V (V_{fk}).

Le transformateur de sortie

Dans cet amplificateur, on emploie un transformateur de sortie dont le primaire est prévu pour l'adaptation sur une impédance de 7000 Ω . Le courant continu dans le primaire est de 36 mA. La dispersion du transformateur doit être faible, car il fait partie du circuit de contre-réaction. C'est pour cette raison que les enroulements du secondaire doivent se trouver entre les deux moitiés du primaire. Le secondaire peut alimenter des haut-parleurs dont l'impédance est de 5 ou 7 Ω . Un transformateur qui répond parfaitement à ces exigences est le PHILIPS, type 5181. A la fréquence de 400 périodes par seconde, son rendement est de 80 %. A 50 périodes par seconde, la tension de sortie n'est atténuée que de 2,5 db par rapport à celle relative à 400 périodes par seconde.

Le transformateur d'alimentation

Le transformateur qui figure dans le montage est prévu pour 127 ou 220 V au primaire, 50 périodes par seconde. Il n'y a pas lieu de formuler des exigences spéciales au sujet de ce transformateur. Les tensions secondaires sont: $S_5 = 2 \times 250$ V, $R_{t\min} = 125$ Ω par anode. S_6 doit pouvoir fournir 6,3 V avec 0,6 A. Sur S_7 on a $2 \times 3,15$ V, 0,9 A.

Self de filtrage

Comme self de filtrage on peut utiliser la self PHILIPS type 7832. Sa spécification est la suivante: self-induction 10 H, courant continu 40 mA, résistance 300 Ω .

Courants et tensions mesurés

On a mesuré sur cet amplificateur les courants et tensions suivants:

Alimentation	Tension aux bornes de C_{10}	250 V
EL 41	Tension d'anode	240 V
	Tension de grille-écran	250 V
	Tension de cathode	7 V
	Courant anodique	36 mA
	Courant de grille-écran	5,2 mA
	Impédance de charge d'anode	7 k Ω

Liste des pièces

Résistances

No.	Valeur	Charge (watts) admissible
R_1	0,1 M Ω	0,25
R_2	2,2 k Ω	0,25
R_3	56 Ω	0,25
R_4	1 M Ω	0,25
R_5	0,22 M Ω	0,5
R_6	1 k Ω	0,25
R_7	3,9 k Ω	0,25
R_8	0,68 M Ω	0,25
R_9	1 k Ω	0,25
R_{10}	170 Ω	0,5
R_{11}	47 k Ω	0,25
P_1	1 M Ω	
P_2	25 k Ω	
P_3	0,1 M Ω	

Condensateurs

No.	Valeur	Tension de service (volts)
C_1	220 pF	
C_2	4700 pF	
C_3	100 μ F	8
C_4	47 000 pF	
C_5	22 000 pF	
C_6	47 000 pF	
C_7	50 μ F	25
C_8	0,1 μ F	
C_9	25 μ F	355
C_{10}	25 μ F	355
C_{11}	12,5 μ F	355

Pour les transformateurs et les selfs

T_1 (voir texte) T_2 (voir texte):

L_1 : 10 H, 40 mA, 300 Ω

2. UN AMPLIFICATEUR À HAUTE FIDÉLITÉ, ÉQUIPÉ DE DEUX TUBES EL 84 EN PUSH-PULL

Il est possible d'obtenir une reproduction de haute qualité à l'aide de tubes pentodes de puissance EL 84 et de pièces qui se trouvent normalement dans le commerce.

Le but qu'on s'est assigné est d'obtenir une réponse droite, s'étendant d'une octave au-dessous de la fréquence de résonance des meilleurs haut-parleurs jusqu'à une octave au-dessus de la fréquence audible la plus élevée. La distorsion non linéaire et l'intermodulation doivent être extrêmement faibles.

L'amplificateur que nous allons décrire répond entièrement à ces exigences, la distorsion non linéaire étant seulement de 1 %, pour une puissance de sortie de 11 W, à la fréquence de 400 c/s.

La distorsion de transmodulation est de 2 %, pour 8,2 W de puissance de sortie. Les deux genres de distorsion sont mesurés au secondaire du transformateur de sortie alimentant une charge de 7 Ω . L'intermodulation est mesurée avec des fréquences de 40 c/s et de 10 000 c/s. et un rapport des amplitudes de 4 : 1.

DONNÉES GÉNÉRALES

Tubes: EF 86 préamplificateur
ECC 83 deuxième préamplificateur et inverseur de phase
2 \times EL 84 tubes de puissance

Sensibilité pour une puissance de sortie de 11 W dans une résistance de charge de 7 Ω :

sans commande de tonalité: 50 mV,
avec commande de tonalité: 500 mV (à 800 c/s).

DESCRIPTION

Étage de puissance

La fig. 78 donne le schéma de l'amplificateur. L'étage de puissance comprend deux tubes EL 84 en push-pull, classe AB. La tension de polarisation des grilles 1 est obtenue aux bornes de la résistance commune de cathode R_{15} ; c'est une résistance bobinée de 3 W (tolérance 5 %).

Les résistances de fuite de grille R_{12} et R_{13} ont des valeurs inférieures à celles que l'on rencontre normalement avec les tubes à polarisation automatique (0,3 M Ω). Ces faibles valeurs ont été choisies pour éviter un déséquilibre résultant d'une variation de courant de grille qui pourrait se produire pendant la durée de vie du tube. Les grilles-écrans sont alimentées à travers une résistance commune R_{19} (3,9 k Ω). Cette résistance n'est pas shuntée par un condensateur; elle sert à compenser tout déséquilibre dynamique éventuel des tubes de puissance.

2. Un amplificateur à haute fidélité, équipé de deux tubes EL 84 en push-pull

Il n'est pas nécessaire de sélectionner les tubes de puissance afin de rechercher des caractéristiques identiques, car la contre-réaction introduite par R_{19} est suffisante pour rétablir l'équilibre dans les limites normales des tolérances de fabrication des tubes EL 84.

Les résistances R_{14} et R_{16} sont incorporées dans les circuits des grilles, et dans les circuits des grilles-écran on trouve, de même, R_{17} et R_{18} . Ces résistances empêchent la naissance d'oscillations ultra-sonores.

Ces résistances ne doivent pas être shuntées; de plus, elles doivent être soudées directement aux contacts des supports de tube. La résistance R_{20} est disposée sur les bornes de sortie. Elle combat l'instabilité de fonctionnement si l'on débranche accidentellement le haut-parleur.

Le second préamplificateur-inverseur de phase

Le tube ECC 83, à coefficient d'amplification élevé, est utilisé comme second tube préamplificateur et comme inverseur de phase, dans un montage avec couplage par la cathode. On a choisi cette disposition en raison de la faible distorsion qu'elle permet de réaliser. Elle rétablit aussi l'équilibre, car les capacités d'anode des deux tubes sont pratiquement les mêmes (c'est notamment le cas pour le tube ECC 83) si le montage de l'amplificateur a été conduit avec le maximum de soin.

Les capacités de câblage doivent rester égales, dans des limites raisonnables.

Un désavantage de principe de ce montage est son gain réduit. Il n'est que la moitié de celui que l'on peut obtenir avec les inverseurs de phase usuels, mais le coefficient d'amplification de la double triode ECC 83 étant très élevé, l'amplification reste encore suffisamment grande. Le signal est appliqué à la grille de la première triode du tube. La grille de la seconde triode est mise à la terre à travers une capacité. Le couplage entre les deux étages se fait à l'aide de la résistance de cathode R_9 . On n'exigera pas que les résistances d'anode R_{10} et R_{11} de 0,1 M Ω aient absolument la même valeur. On pourrait donc utiliser des résistances avec une tolérance de 10%. Cependant, pour obtenir un meilleur équilibre, nous conseillons d'utiliser des résistances dont les valeurs ne s'écartent pas de plus de 5 % des valeurs nominales, la résistance la plus élevée étant R_{11} . On a prévu un couplage direct entre cet étage et le premier préamplificateur EF 86. Il en résulte une absence parfaite de déphasage sur les fréquences les plus basses et une très bonne stabilité de fonctionnement.

Préamplificateur

À l'étage préamplificateur, on utilise une penthode EF 86. Le montage est classique et l'amplification obtenue est de 200, environ. Le condensateur qui découple la grille-écran doit être relié à la cathode. Une portion de la résistance de cathode ($R_5 = 10 \Omega$) n'est pas shuntée. La tension de contre-réaction est appliquée au sommet de cette résistance.

La contre-réaction

La tension de contre-réaction est prise à partir du secondaire du transformateur de sortie, et elle est injectée, à travers une résistance de $2,2 \text{ k}\Omega$ (R_3), au sommet de R_5 qui se trouve dans le circuit cathodique du tube EF 86 (préamplificateur). La résistance R_3 doit répondre à certaines conditions. Les résistances au carbone de fabrication usuelle ne sont pas suffisamment linéaires; leur valeur dépend, en effet, de la tension appliquée, et cela veut dire que le rapport entre la tension appliquée et le courant n'est pas absolument constant. La non-linéarité de ces résistances peut introduire de la distorsion par intermodulation. C'est pour cette raison que les résistances ordinaires ne peuvent être utilisées.

Les résistances bobinées ne peuvent pas, non plus, être utilisées, car elles présentent une self-induction défavorable.

Les résistances à couche de carbone, de bonne fabrication, répondent à toutes les exigences que posent les circuits de contre-réaction; on leur donnera donc la préférence. Leurs tolérances doivent être inférieures à 5 %.

La résistance R_3 est shuntée par une capacité C_5 de 1500 pF , qui évite l'oscillation sur des fréquences ultra-sonores.

Commandes de volume et de tonalité

Aucune de ces commandes ne fait partie du circuit de contre-réaction. De cette façon, on évite l'introduction d'un déphasage dans ce circuit. Toutes les pièces des circuits de commande doivent être blindées. On peut les grouper, si l'on préfère, dans un compartiment blindé, à condition que la connexion vers la grille de commande du préamplificateur soit courte et réalisée à l'aide d'un câble blindé, à faible capacité. Les potentiomètres P_1 et P_2 servent l'un pour la commande des aiguës, l'autre pour celle des basses.

La fig. 82 donne les courbes de réponse. La courbe 1 se rapporte aux positions suivantes: contrôle des aiguës au maximum et contrôle des basses au minimum. La courbe 2 se rapporte aux autres positions extrêmes des potentiomètres P_1 et P_2 : P_1 au minimum et P_2 au maximum.

Les courbes se rapportant aux deux contrôles tournés soit vers le maximum soit vers le minimum peuvent être déduites des courbes 1 et 2. Le décalage au point de rencontre des courbes, à 800 c/s , est négligeable. Si l'on utilise des potentiomètres logarithmiques, le point de contrôle 0 correspond à la position médiane du curseur. La commande de volume est faite à l'aide d'un potentiomètre logarithmique de $1 \text{ M}\Omega$.

Le circuit de commande est prévu pour un pick-up à cristal dont la capacité est de 2000 pF environ. Presque tous les pick-ups à cristal qu'on trouve dans le commerce ont une capacité de cet ordre de grandeur.

Transformateur de sortie

Dans les amplificateurs à haute fidélité, la qualité du transformateur de sortie intervient fortement dans les résultats. Les transformateurs de haute qualité

2. Un amplificateur à haute fidélité, équipé de deux tubes EL 84 en push-pull

sont généralement bobinés sur des noyaux en alliage coûteux. Très souvent on choisit un mode de bobinage spécial pour pouvoir adapter le transformateur à plusieurs valeurs de l'impédance de charge. Ces modes de construction augmentent toujours le coût du transformateur. Pour l'amplificateur qui nous

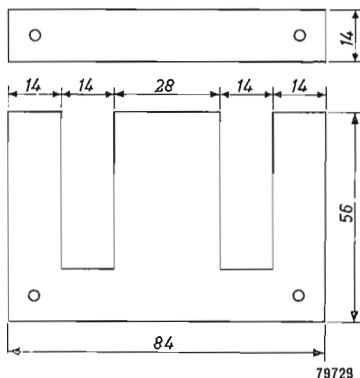


Fig. 74
Dimensions des tôles du transformateur de sortie.

occupe, on peut obtenir de bons résultats avec un transformateur peu coûteux, utilisant des tôles usuelles. La qualité de reproduction obtenue ne diffère pas de façon appréciable de celle qu'on obtiendrait en utilisant un transformateur plus onéreux.

Dans le cas qui nous occupe, la possibilité d'adaptation sur différentes impédances de charge a été abandonnée.

Le transformateur adapte l'impédance de charge optimum du tube EL 84 (8000 Ω) à une bobine mobile de 7 Ω . Le primaire comporte quatre enroulements, reliés deux par deux en parallèle.

Entre les enroulements primaires se trouvent deux enroulements secondaires également reliés en parallèle. Les capacités sont réparties uniformément grâce au bobinage des deux sections primaires dans un sens qui est l'opposé de celui qu'on utilise pour le bobinage des deux autres. Les résistances ohmiques des deux moitiés de l'enroulement primaire sont maintenues égales, car l'on branche en parallèle le premier enroulement et le quatrième, et le second en parallèle sur le troisième.

Tôles: (voir fig. 74)

Tôle à transformateur (tôle dynamo) de 0,5 mm d'épaisseur

Noyau : type EI

Encombrement total : 84 \times 70 mm

Largeur de la jambe centrale : 28 mm
 Empilement : sans entrefer
 Hauteur du paquet de tôles : 8 mm
 Section droite du noyau : 7.86 cm²

Détail des enroulements:

Enroulements	Nombre de spires	Diamètre cuivre émaillé	Longueur d'enroulement	Nombre de couches	Isolement entre les couches
P_1	1650	0,11	34	7	30 μ papier
S_1	96	0,6	34	7	0,1 mm presspahn
P_2	1650	0,11	34	7	30 μ papier
P_3	1650	0,11	34	7	30 μ papier
S_2	96	0,6	34	2	0,1 mm presspahn
P_4	1650	0,11	34	7	30 μ papier

L'isolement entre les différents enroulements est constitué par une couche de presspahn de 0,1 mm et une couche de papier de 60 μ . Si P_1 et P_2 sont bobinés dans le sens du tire-bouchon vers la droite, tous les autres enroulements sont bobinés dans le sens "vers la gauche".

Les enroulements suivants sont reliés en parallèle:

- P_1 et P_4 : une moitié du primaire,
- P_2 et P_3 : l'autre moitié du primaire,
- S_1 et S_2 : secondaire.

En connectant P_1 et P_2 en parallèle, il y a lieu de se rappeler qu'ils sont bobinés en sens contraire; il en est de même de P_2 et P_3 . Quand toutes les connexions sont établies, chaque moitié du primaire a une résistance de 240 Ω ; la résistance du secondaire est de 0,4 Ω . Si l'on branche aux bornes du secondaire une bobine mobile de 7 Ω , l'impédance vue du primaire est de 8 k Ω . La self-induction du primaire, mesurée sous 10 V, à 50 c/s, est de 40 H.

L'alimentation

Le transformateur de réseau doit fournir les tensions et les courants suivants: 2 \times 280 V, 130 mA; 6,3 V, 2 A et 5 V, 1,9 A. Le courant cathodique, pour la puissance de sortie maximum atteint environ 115 mA.

C'est pour cette raison qu'on a choisi comme tube redresseur le type GZ 34 ou GZ 32. Dans un amplificateur à haute fidélité, l'alimentation se trouve généralement dans un boîtier séparé. On procède ainsi pour diminuer les risques de ronflement. Si la partie "amplification" et le bloc d'alimentation doivent être montés sur un même châssis, l'induction maximum admise dans le noyau de transformateur doit être assez faible pour que le champ de dispersion magnétique soit réduit. La haute tension est filtrée à l'aide d'une self et d'un double condensateur électrolytique de 2 \times 50 μ F.

2. Un amplificateur à haute fidélité, équipé de deux tubes EL 84 en push-pull

La tension d'anode pour le préamplificateur traverse des filtres supplémentaires constitués par R_{22} , R_{21} et un condensateur électrolytique double de $2 \times 50 \mu\text{F}$.

Le transformateur de réseau

Les données de construction du transformateur de réseau figurent ci-après pour une induction dans le noyau de 11 000 Gauss. Ce transformateur peut être monté sur le même châssis que l'amplificateur, bien que l'emploi d'un châssis séparé soit vivement recommandé.

Comme la plupart des transformateurs d'alimentation pour radio ont généralement une induction max. de 14 000 Gauss par cm^2 , ceux qui laisseraient un doute sur ce point doivent être montés séparément.

Le transformateur a été prévu pour une tension de réseau de 220 V, 50 c/s. On divisera les nombres de spires et les résistances par deux pour 110 V. La section du noyau a 13 cm^2 . Les détails des enroulements sont les suivants:

Enroulement	Tension (V)	Courant (A)	Nombre de spires	Résistance (Ω)	Diamètre des fils
S_8	220	0,45	650	12	0,45 mm
S_4	280	0,120	825	56	0,25 mm
S_5	280	0,120	825	59	0,25 mm
S_6	5	1,9	15		1 mm
S_7	6,3	2	2×10		1 mm

Tous les enroulements sont en fil de cuivre émaillé.

Remarques générales

Si l'alimentation est montée sur le même châssis que l'amplificateur, les noyaux du transformateur de réseau et de la self de filtre doivent être montés perpendiculairement au noyau du transformateur de sortie. Le bloc d'alimentation doit être écarté le plus possible de l'entrée de l'amplificateur.

Pour éviter les sifflements et ronflements, le retour à la terre de chaque étage doit être branché à la cosse centrale du support de tube correspondant. Ces cosses sont reliées, à l'aide de fils séparés, à un point commun du châssis, de préférence au voisinage immédiat des bornes d'entrée. L'entrée de l'amplificateur est spécialement étudiée pour fonctionner avec un pick-up à cristal. Si l'on veut utiliser un pick-up électrodynamique, un étage supplémentaire de préamplification, muni d'un tube EF 86, doit être employé.

Cet étage doit être complètement blindé, et il y a lieu d'y apporter les corrections qu'impose la courbe de réponse de ce genre de pick-up. Le haut-parleur qu'on utilisera avec cet amplificateur doit être de très bonne qualité, jusqu'à 15 000 c/s.

L'impédance de la bobine mobile, pour de tels haut-parleurs, est normalement indépendante de la fréquence. Les courbes qui se rapportent à l'amplification ne sont donc pas modifiées quand un tel type de haut-parleur est relié à ses bornes de sortie.

RÉSULTATS DE MESURES

Tensions et courants (les tensions sont mesurées en l'absence de tout signal, par rapport au châssis, et à l'aide d'un voltmètre électronique).

Alimenta- tion	Tension aux bornes de C_{15}	335 V
	Tension aux bornes de C_{14}	320 V
	Tension aux bornes de C_{13}	260 V
	Tension aux bornes de C_{12}	215 V
	Courant continu total	79 mA
EL 84 (I) et EL 84 (II)	Tension d'anode	310 V
	Tension de grille-écran	290 V
	Tension de cathode	10,2 V
	Courant anodique	35 mA
	Courant de grille-écran	3,8 mA
ECC 83 (pour les deux triodes)	Tension d'anode	196 V
	Tension de cathode	87 V
	Courant anodique	0,64 mA
	Courant cathodique total	1,28 mA
EF 86	Tension d'anode	86 V
	Tension de grille-écran	75 V
	Tension de cathode	1,9 V
	Courant cathodique	0,86 mA

Puissance de sortie et distorsion

La puissance de sortie et la distorsion sont mesurées au secondaire du transformateur de sortie, chargé à l'aide d'une résistance de 7 Ω .

Les mesures ont été effectuées à 40 et à 400 c/s. La fig. 75 donne les résultats.

Intermodulation

L'intermodulation est mesurée au secondaire du transformateur de sortie chargé par une résistance de 7 Ω , aux fréquences de 40 c/s et de 10 000 c/s, et avec un rapport d'amplitude de 4 à 1. Au secondaire, le signal de 40 c/s a été éliminé par filtrage, et le pourcentage de modulation du signal de 40 c/s sur le signal à 10 000 p.s. a été mesuré. La fig. 76 donne les résultats,

2. Un amplificateur à haute fidélité, équipé de deux tubes EL 84 en push-pull

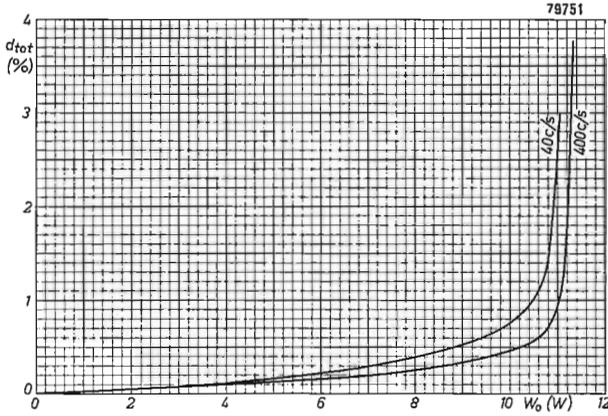


Fig. 75

Distorsion à 40 et à 400 c/s., mesurée aux bornes du secondaire du transformateur de sortie, en fonction de la puissance de sortie.

Courbes de réponse

La courbe de réponse de cet amplificateur est rectiligne entre 10 et 30 000 c/s. La fig. 73 donne la courbe de réponse, en tenant compte de la commande de tonalité.

64318

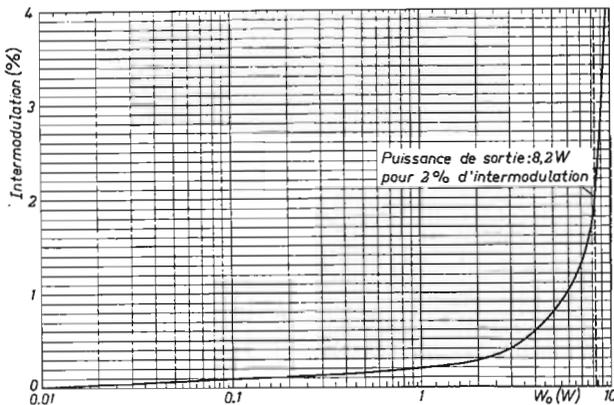
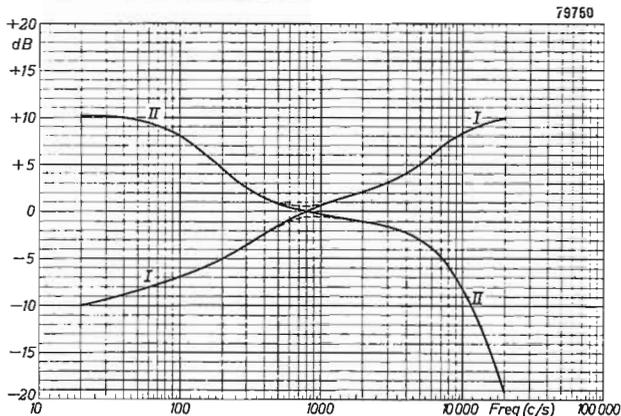


Fig. 76

Distorsion d'intermodulation en fonction de la puissance de sortie.

Fig. 77
Caractéristiques de fréquence I) avec potentiomètre P_1 tourné au maximum, et P_2 tourné au minimum; II) avec le potentiomètre P_1 tourné au minimum et P_2 au maximum.



LISTE DES PIÈCES

No.	Type	Valeur	Charge admissible (W)	No.	Type	Valeur	Tension de service (V)
R_1	carbone	1,5 M Ω	0,25	C_1	céramique	33 pF	
R_2	carbone	150 k Ω	0,25	C_2	céramique	680 pF	
R_3	carbone	2,2 k Ω	0,25	C_3	céramique	270 pF	
R_4	carbone		0,25	C_4	papier	3.300 pF	
R_5	carbone	10 Ω	0,25	C_5	mica	1.500 pF	
R_6	carbone	1 M Ω	0,25	C_6	�lectrolytique	100 μ F	12,5
R_7	carbone	180 k Ω	0,25	C_7	papier	47.000 pF	400
R_8	carbone	1,2 M Ω	1	C_8	papier	0,1 μ F	400
R_9	carbone	68 k Ω	0,25	C_9	papier	0,1 μ F	400
R_{10}	carbone	0,1 M Ω	0,5	C_{10}	papier	0,1 μ F	400
R_{11}	carbone	0,1 M Ω	0,5	C_{11}	�lectrolytique	100 μ F	25
R_{12}	carbone	0,33 M Ω	0,5	C_{12} } C_{13} }	électrolytique double	50 + 50 μ F	
R_{13}	carbone	0,33 M Ω	0,25			355/400	
R_{14}	carbone	1 k Ω	0,25	C_{14} } C_{15} }	électrolytique double	50 + 50 μ F	
R_{15}	carbone	130 Ω	0,25			355/40	
R_{16}	carbone	1 k Ω	0,25				
R_{17}	carbone	220 Ω	0,25	<i>Transformateurs et seljs</i>			
R_{18}	carbone	220 Ω	0,25	T_1	Type AD 9000	— voir texte	
R_{19}	carbone	3,9 k Ω	1	T_2	Transformateur de sortie	— voir texte	
R_{20}	carbone	1 k Ω	0,25	<i>Selj de filtrage</i>			
R_{21}	carbone	47 k Ω	0,5	S_9	Type 8733		
R_{22}	carbone	27 k Ω	0,5		$L = 8$ H; $R = 200$ Ω		
P_1	potentiomètre au carbone	2,5 M Ω			$I_{\max} = 115$ mA		
P_2	„ „ „	2,5 M Ω					
P_3	„ „ „	1 M Ω					

2. Un amplificateur à haute fidélité, équipé de deux tubes EL 84 en push-pull

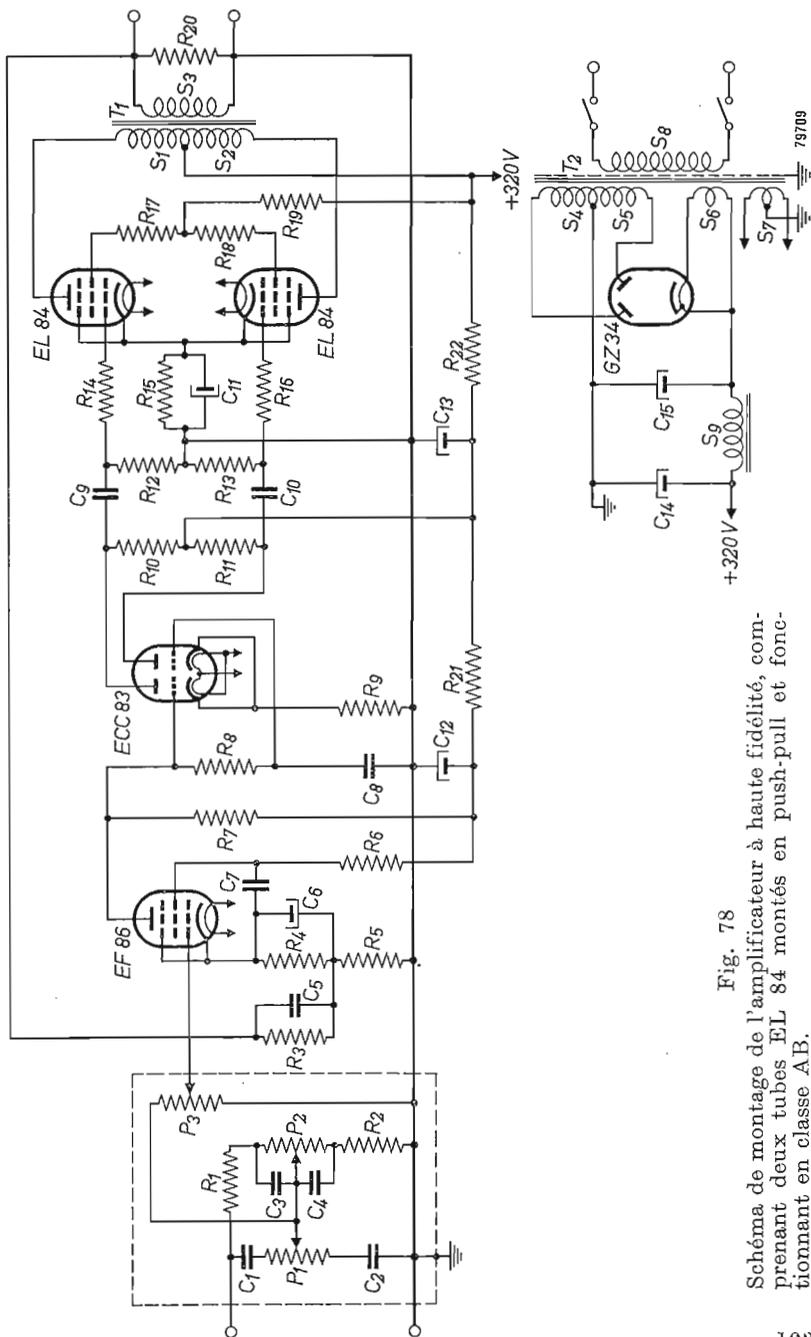


Fig. 78

Schéma de montage de l'amplificateur à haute fidélité, comprenant deux tubes EL 84 montés en push-pull et fonctionnant en classe AB.

3. UN AMPLIFICATEUR DE 10 W, COMPRENANT UN TUBE EL 34 FONCTIONNANT EN CLASSE "A"

On fait usage dans cet amplificateur d'un seul tube EL 34 fonctionnant en classe A. Le rendement de cet amplificateur est inférieur à celui d'un amplificateur fonctionnant en classe AB ou en classe B. Mais le montage se recommande par sa simplicité et l'on n'y fait pas usage d'un tube inverseur de phase. L'étage préamplificateur comporte un tube ECC 40 dont les deux triodes sont montées en cascade.

La grande amplification obtenue permet d'utiliser un dispositif ingénieux pour le réglage des sons graves et des sons aigus. On utilise une contre-réaction pour réduire la distorsion.

Données générales:

Tubes: ECC 40, tube préamplificateur dont les deux triodes sont montées en cascade

EL 34, tube de puissance

AZ 4, tube redresseur (éventuellement $2 \times$ AZ 41)

Distorsion pour une puissance de sortie de 12 W: 7 %

Tension alternative d'entrée pour la puissance de sortie maximum: 109 mV_{eff}

Niveau de ronflement et de bruit, à la puissance de sortie maximum et à la sensibilité maximum: — 49 db

DESCRIPTION DU SCHÉMA

Étage de sortie

Cet amplificateur utilise un seul tube EL 34 fonctionnant en classe A. Comme les tubes à forte pente ont tendance à entrer en oscillation aux fréquences élevées, on a incorporé, dans les circuits de grille et de grille-écran, des résistances de blocage de 1000 et 220 Ω respectivement. Ces résistances doivent être soudées le plus près possible du support du tube, et leurs connexions doivent, par conséquent, être très courtes. Une partie de la tension alternative qui existe aux bornes du transformateur de sortie est amenée à la résistance de cathode non découplée de la seconde moitié du tube ECC 40. Pour obtenir la puissance de sortie maximum, il y a lieu d'appliquer à la grille du tube de sortie une tension alternative de 7,8 V_{eff}.

L'étage préamplificateur

Le tube ECC 40 monté en cascade permet d'obtenir une amplification de tension de 675 fois. La sensibilité atteindrait alors 11,5 mV_{eff}. Une telle amplification n'est pas nécessaire, d'autant plus qu'elle peut amener des difficultés du point de vue de la microphonie.

On fait également usage d'une commande de tonalité qui diminue l'amplification et qui présente des possibilités plus intéressantes qu'un système simple, tel qu'il est décrit dans le type d'amplificateur précédent. Il en résulte que l'amplification est diminuée dans la proportion de 9,5 à 1. Seulement, la caractéristique de réponse est notablement améliorée et la distorsion est diminuée. Sur la cosse centrale du support du tube ECC 40, on soudera un petit écran séparant électriquement les connexions des deux moitiés du tube. Le montage de cette partie de l'amplificateur doit se faire avec beaucoup de soin. Il faut en effet éviter les couplages qui pourraient donner lieu à des oscillations. Si le tube ECC 40 se met, en fin de compte, à osciller, on branchera un condensateur de 4 pF (2 brins de fil de connexion torsadés ensemble) entre la grille et l'anode du premier tube. Ce condensateur provoque une forte contre-réaction pour les tensions alternatives de fréquences élevées, et toute tendance à l'oscillation se trouverait ainsi supprimée.

La commande de tonalité

Elle permet d'obtenir une caractéristique de reproduction montante, aussi bien pour les sons graves que pour les sons aigus. Son fonctionnement est le suivant: supposons que les connexions des curseurs des potentiomètres P_2 et P_3 (voir schéma fig. 77) soient interrompues; la tension alternative de grille de la 2ème moitié du tube ECC 40 sera égale à la tension alternative au point B. Cette tension est déterminée par le potentiomètre diviseur de tension R_7-C_5 et R_6-C_6 , ainsi que par la tension présente au point A. Les produits RC dans les deux branches du potentiomètre sont égaux entre eux ($R_7 = 1,2 \text{ M}\Omega$, $C_5 = 390 \text{ pF}$; $R_6 = 0,47 \text{ M}\Omega$, $C_6 = 1000 \text{ pF}$). La division de tension est ainsi rendue indépendante de la fréquence. La tension au point B est égale au tiers de celle qui existe en A. Si les connexions aux curseurs des potentiomètres P_2 et P_3 sont rétablies, la division de tension sera influencée par le réglage des potentiomètres. Si le contact mobile du potentiomètre P_3 se trouve dans la position supérieure, la tension alternative appliquée à la grille du tube, à travers le condensateur C_4 (150 pF), sera, pour des fréquences élevées, supérieure à ce qu'elle atteint quand le potentiomètre se trouve tourné vers le bas. Dans ces conditions, il y a une atténuation considérable pour les sons aigus à travers R_5 et C_6 . On peut ainsi obtenir, à l'aide du potentiomètre P_3 , une caractéristique montante ou descendante pour les tensions alternatives de fréquences élevées. Le potentiomètre P_2 a une influence similaire en ce qui concerne les sons graves. Dans la position supérieure du contact mobile de ce potentiomètre, la tension appliquée à la grille du tube à travers R_8 et C_8 (respectivement 1,2 M Ω et 1000 pF) sera plus grande que lorsque le potentiomètre se trouve dans sa position inférieure.

Dans ce dernier cas, R_3 est branchée en parallèle sur C_6 , et les tensions sur les fréquences basses sont diminuées au point B. La fig. 42 donne quelques exemples des caractéristiques de fréquence que l'on peut obtenir avec ce genre de commande de tonalité.

L'alimentation

L'alimentation comporte un tube redresseur AZ 4. L'anode du tube EL 34 n'est pas alimentée aux bornes du premier condensateur de filtrage. Ce procédé introduirait trop de ronflement. On fait usage d'une self de filtrage de grande dimension: 8 H à 130 mA. Le transformateur d'alimentation doit pouvoir fournir une puissance appréciable. Le secondaire doit être calculé pour 2×300 V, 140 mA. L'étage préamplificateur (avec ECC 40) est alimenté à travers un filtre qui comprend R_{15} et C_8 . On peut utiliser, à la place du tube AZ 4, deux tubes AZ 41 en parallèle, si l'on veut équiper cet amplificateur avec des tubes modernes.

RÉSULTATS DE MESURES

Les valeurs suivantes des courants et des tensions ont été relevées sur le prototype:

Courants et tensions

		Sans signal à l'entrée
Ali- mentation	Tension aux bornes de C_{11}	295 V
	Tension aux bornes de C_{12}	273 V
	Tension aux bornes de C_8	220 V
	Courant continu total	116 mA
	Tension d'ondulation aux bornes de C_{11}	10,8 V _{eff}
	Tension d'ondulation aux bornes de C_{12}	170 V _{eff}
	Tension d'ondulation aux bornes de C_8	0,6 mV _{eff}
EL 34	Tension d'anode	250 V
	Tension de grille-écran	270 V
	Tension à la cathode	12,4 V
	Courant anodique	100 mA
	Courant de grille-écran	12,5 mA
	Impédance de charge d'anode	2500 Ω
ECC 40 première et 2ème triodes	Tension d'anode	67 V
	Tension à la cathode	2,1 V
	Courant anodique	09,5 mA

3. Un amplificateur de 10 W, comprenant un tube EL 34, classe "A"

Distorsion et puissance de sortie

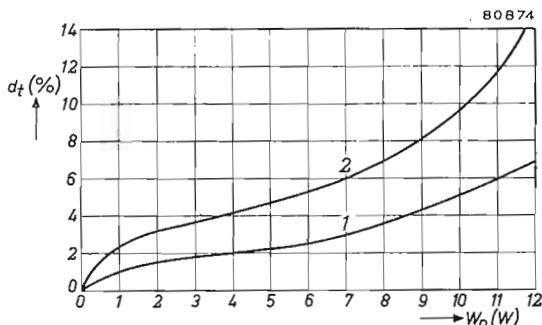


Fig. 79

Distorsion totale (d_t) en fonction de la puissance de sortie (W_o), mesurée au primaire du transformateur de sortie avec une résistance de charge entre les anodes $R_{aa} = 2500 \Omega$, pour une fréquence $f = 1000$ c/s. Courbe 1: avec contre-réaction. Courbe 2: sans contre-réaction.

Sensibilité

Puissance de sortie mesurée au primaire du transformateur de sortie	Tension alternative d'entrée V_i EL 34	Tension alternative d'entrée V_i ECC 40 (2)	Tension alternative d'entrée V_i ECC 40 (1)
12 W	7,8 V_{eff}	0,73 V_{eff}	109 m V_{eff}

Niveau de ronflement et de bruit

Le niveau de ronflement et de bruit, comparé à la puissance de sortie de 12 W, mesuré au primaire du transformateur de sortie, est:

	Niveau de ronflement et de bruit
Contrôle de volume P_1 au minimum	- 49 db
P_1 au maximum	- 68 db

Courbe de réponse

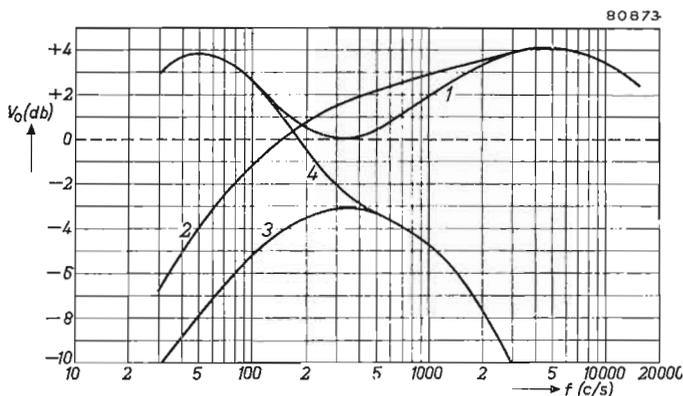


Fig. 80

Courbes de réponse de l'amplificateur. La tension de sortie (V_o) est mesurée au primaire du transformateur de sortie avec une résistance de charge à l'anode $R_a = 2500 \Omega$.

Courbe 1: P_2 pour les sons aigus au maximum, contrôle des basses P_3 au max.

Courbe 2: P_2 au maximum, P_3 au minimum.

Courbe 3: P_2 au minimum, P_3 au minimum.

Courbe 4: P_2 au minimum, P_3 au maximum.

Transformateur de sortie

Le nombre de spires indiqué dans ce tableau est calculé en tenant compte d'une impédance de bobine mobile de 7Ω (haut-parleurs).

Enroulement	Nombre de spires	Diamètre du fil
S_1	2500	0,22 mm, cuivre émaillé
S_2	132	1 mm, cuivre émaillé
Noyau : type EI Section du noyau : 10 cm^2 Entrefer : 0,2 mm Rendement : 75 à 80%		

Transformateur d'alimentation

Le transformateur est calculé pour une tension de réseau de 220 V, 50 c/s. La section du noyau est de 14 cm^2 .

3. Un amplificateur de 10 W, comprenant un tube EL 34, classe "A"

Enroulement	Tension	Courant	Nombre de spires	Diamètre du fil
S_3	220 V		660	0,45 mm cuivre émaillé
S_4	2×300 V	140 mA	2×900	0,25 mm cuivre émaillé
S_5	4 V	2.3 A	13	1 mm cuivre émaillé
S_6	$2 \times 3,15$ V	2.1 A	2×10	1 mm cuivre émaillé

Résistances

No.	Valeur	Charge (watts)	No.	Valeur	Charge (watts)
R_1	2,2 k Ω	0,25	R_{10}	0,68 M Ω	0,25
R_2	0,15 M Ω	0,25	R_{11}	1 k Ω	0,25
R_3	2,2 k Ω	0,25	R_{12}	110 Ω	2
R_4	12 Ω	0,25	R_{13}	220 Ω	0,25
R_5	0,39 M Ω	0,25	R_{14}	220 Ω	0,25
R_6	0,47 M Ω	0,35	R_{15}	15 k Ω	0,5
R_7	1,2 M Ω	0,25	P_1	0,5 M Ω	
R_8	1,2 M Ω	0,25	P_2	1,5 M Ω	
R_9	0,15 M Ω	0,25	P_3	5 M Ω	

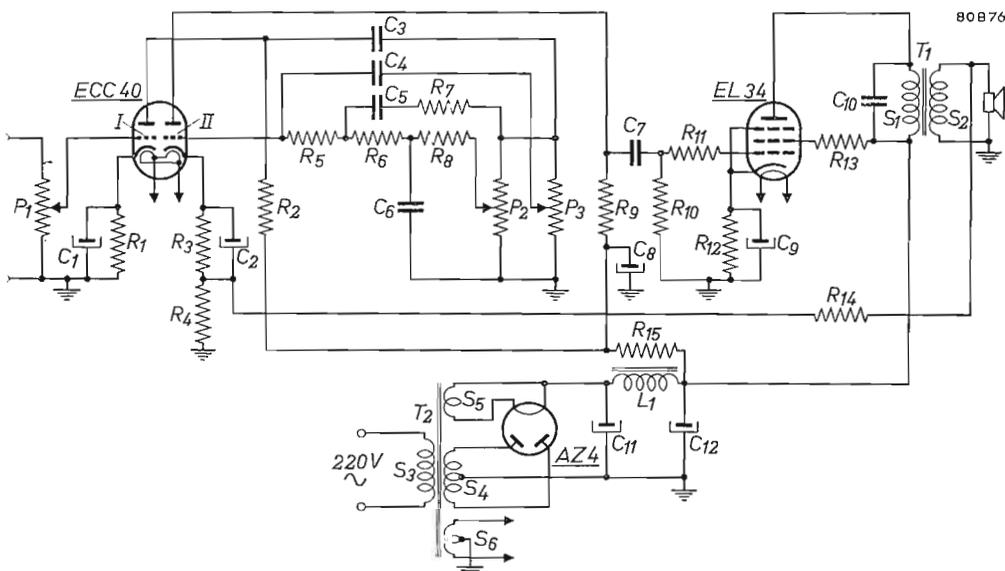


Fig. 81

Schéma de montage de l'amplificateur de 10 W avec un tube de sortie EL 34 fonctionnant en classe A.

Capacités

No.	Valeur	Tension de service (V)
C_1	50 μF	12,5
C_2	50 μF	12,5
C_3	47 000 pF	
C_4	150 pF	
C_5	390 pF	
C_6	1000 pF	
C_7	47 000 pF	
C_8	32 μF	320

No.	Valeur	Tension de service (V)
C_9	50 μF	25
C_{10}	4700 pF	600
C_{11}	25 μF	350
C_{12}	25 μF	350

Transformateurs et selfs

T_1 et T_2 : voir texte.

$L_1 = 8 \text{ H}, 130 \text{ mA.}$

4. UN AMPLIFICATEUR DE 15 W POUR ALIMENTATION SUR RÉSEAU CONTINU OU ALTERNATIF AVEC 2 TUBES DE SORTIE PL 81, EN PUSH-PULL, CLASSE B

Cet amplificateur universel permet d'obtenir un grand volume acoustique, tout en utilisant des moyens simples. On y est parvenu en alimentant l'amplificateur directement par le réseau, sans faire usage de transformateur d'alimentation et en faisant fonctionner les tubes de sortie en classe B.

Le contrôle de tonalité n'agit que sur les sons aigus, et l'influence de la contre-réaction varie avec la position du contrôle de volume. La sortie est prévue pour des haut-parleurs de 5 ou 7 Ω . Pour chacune de ces impédances, on peut donc obtenir une adaptation optimum de l'étage de sortie. L'amplificateur peut être branché sur des réseaux à courant continu ou à courant alternatif 220 V. Dans les deux cas, les résultats obtenus sont pratiquement les mêmes.

AVERTISSEMENT

Le châssis des appareils où le chauffage est fait par une chaîne en série (appareils universels) peut se trouver sous tension. Pour une certaine position de la fiche dans la prise de courant, la tension du réseau se trouve entre châssis et terre, ce qui présente, sous certaines conditions, un réel danger. C'est pour cette raison qu'un tel amplificateur doit être monté dans un coffret construit en matière isolante. Les axes des potentiomètres et des interrupteurs doivent être isolés, et si cet arrangement n'est pas possible, les vis de fixation des boutons ne doivent en aucun cas dépasser la matière isolante. Le coffret doit être construit de façon telle qu'il ne soit pas possible de toucher une partie métallique quelconque du châssis. Pour la réparation et l'essai de ces appareils chauffés en série, nous recommandons d'employer un transformateur de séparation entre le réseau à courant alternatif et l'amplificateur. Si l'on ne dispose pas d'un tel transformateur, on peut procéder de la façon suivante: brancher l'amplificateur sur le réseau, et vérifier, à l'aide d'un indicateur au néon ou d'un voltmètre, si le châssis est sous tension. Si tel est le cas, on tourne la fiche dans la prise. La tension au châssis ne doit pas dépasser 5 V par rapport à la terre. Il faut cependant donner la préférence à l'emploi d'un transformateur de séparation au cours des travaux de service.

Microphones

Un amplificateur du type universel présentera des difficultés lors du branchement d'un microphone. Il en est toujours ainsi lorsqu'on emploie des microphones modernes de haute qualité. Les microphones qui conviennent alors sont, par exemple, les microphones à charbon, susceptibles de fournir une tension élevée.

Ces microphones donnent satisfaction quand il s'agit d'amplifier la parole. Leur qualité ne sera pas suffisante s'ils doivent servir à l'amplification de

musique. Pour empêcher que la tension du réseau soit présente sur le microphone, il est *absolument nécessaire* d'utiliser un transformateur dont le primaire ne peut être relié au châssis de l'amplificateur.

Données générales

Tubes: EF 40 ou tube préamplificateur
 EF 86
 ECL 80 tube inverseur de phase et oscillateur pour la tension négative de grille des tubes de sortie
 2 × PL 81 tubes de sortie
 2 × PY 82 tubes redresseurs

Distorsion pour une puissance de sortie de 16,2 W:

sans contre-réaction = 6 %

avec contre-réaction = 1,8 %

Tension alternative d'entrée pour la puissance de sortie maximum: 220 mV_{e f}

Niveau de ronflement et de bruit pour la puissance de sortie maximum et pour la sensibilité maximum = -47 db

DESCRIPTION DU SCHÉMA

L'étage de puissance

Les deux tubes PL 81 sont montés en push-pull et fonctionnent en classe B. Les tensions d'entrée appliquées aux grilles de commande des tubes de sortie sont prises à l'anode du tube EF 40 et à l'anode de la partie penthode du tube ECL 80.

Pour empêcher la production d'oscillations parasites dans les étages de sortie, on a disposé des résistances de blocage dans les circuits des grilles de commande et des grilles-écrans. Ces résistances doivent être soudées le plus près possible du support du tube. Dans cet amplificateur, un enroulement spécial de contre-réaction a été prévu sur le transformateur de sortie. Un des côtés de cet enroulement est relié au châssis. Si l'on utilisait l'enroulement même du haut-parleur pour obtenir la contre-réaction, les bobines mobiles se trouveraient sous la tension du réseau, ce qu'il faut absolument éviter. L'enroulement du transformateur qui alimente les haut-parleurs n'est pas relié au châssis.

Tube inverseur de phase et oscillateur pour la tension de polarisation négative

La partie penthode du tube ECL 80 est montée en triode (g_2 reliée à l'anode) et sert à l'inversion de phase de la tension obtenue à l'anode du tube EF 86 ou EF 40. On a appliqué sur ce tube une forte contre-réaction, à travers R_7 . Son amplification est d'une fois, seulement, et l'on obtient ainsi l'équilibre parfait des tensions de commande des tubes de sortie, et cela pour des conditions de fonctionnement très différentes. La partie triode du tube ECL 80 est montée en oscillateur à haute fréquence (2 Mc/s). Une partie de la tension recueillie aux bornes de la résistance de fuite de grille sert à polariser les grilles des tubes de sortie et de la partie penthode du tube ECL 80. Un montage potentiométrique

4. Un amplificateur de 15 W avec 2 tubes de sortie PL 81, en push-pull, classe B

comprenant les résistances R_{11} , R_{12} et R_{13} détermine la valeur exacte des tensions de polarisation.

Comme selfs L_1 et L_2 , on peut employer une bobine d'oscillateur normalement utilisée pour les ondes moyennes dans un récepteur superhétérodyne normal. La détermination de la tension de polarisation exacte peut se faire ainsi: on détache R_{13} de la borne négative de la haute tension et l'on branche un microampèremètre en série avec cette résistance, la borne positive du galvanomètre étant reliée au pôle négatif de la haute tension. Si cet amplificateur est alimenté sur réseau alternatif 220 V, la tension négative de grille doit atteindre —32 V, lorsque la tension du réseau est à sa valeur normale. Cela veut dire que les résistances R_{12} et R_{13} , qui sont respectivement de 1 M Ω et 0,1 M Ω , doivent provoquer une chute de tension de 32 V. A travers ces résistances, on a donc un courant continu $I = 32/1,1 \mu\text{A}$, c'est-à-dire 28 μA . Le couplage des bobines doit être tel qu'on obtienne effectivement ce courant. On peut corriger les valeurs obtenues en modifiant R_{11} et en agissant sur le couplage des selfs L_1 et L_2 . En général, ce couplage est fixe et ne peut être modifié, et l'on est donc réduit à agir sur R_{11} . Les bobines oscillatrices utilisées en ondes moyennes peuvent fournir à peu près la tension désirée. On peut réaliser un couplage plus ou moins serré grâce à l'insertion d'un noyau de fer divisé, mais dans ce cas également, il faut toujours contrôler la valeur exacte du courant de grille, à l'aide d'un microampèremètre. La fréquence de 2 Mc/s est choisie parce qu'elle ne fait pas apparaître de tensions perturbatrices sur les gammes d'ondes réservées à la radio.

La prise médiane, entre R_{12} et R_{13} , fournit la tension négative de grille de la partie penthode du tube ECL 80.

Le préamplificateur

A l'étage préamplificateur, on utilise un tube EF 40. Il fournit une amplification de 180 fois. Son montage comprend un réglage de tonalité très simple. Le curseur du potentiomètre P_2 est relié, à travers le condensateur C_3 de 100 pF, à l'anode de ce tube. On est donc en présence d'une contre-réaction réglable et dépendant de la fréquence.

La contre-réaction

Une partie de la tension recueillie aux bornes de S_4 (enroulement du transformateur de sortie) est appliquée en opposition de phase à la grille du tube EF 86 ou EF 40, en passant par les résistances R_{21} et R_{22} . La borne inférieure de la commande de volume P est reliée à R_2 . La contre-réaction agit au maximum lorsque la sensibilité est la plus faible. Si la commande de volume est réglée au maximum, la contre-réaction est très faible. Sur cette position, on atteint une plus grande sensibilité que sur celle où la contre-réaction est fixe. Si l'on veut néanmoins profiter de la contre-réaction dans tous les cas, quelle que soit la sensibilité de l'amplification, la partie inférieure du potentiomètre P_2 devra être reliée à R_2 , et non au châssis (trait pointillé du schéma).

L'alimentation

Deux tubes PY 82 sont branchés en parallèle et montés en redresseurs à une alternance. Les deux tubes ont, dans leur circuit d'anode, une résistance de protection (R_{23} et R_{20} de 40 Ω). La résistance commune de 80 Ω (R_{25}) permet de maintenir une tension constante à la sortie du redresseur, que l'amplificateur soit utilisé sur courant continu ou sur courant alternatif. Le courant à travers le circuit de chauffage est de 300 mA. Pour ramener la tension exacte au filament, il est prévu une résistance en série R_{22} de 416 Ω , 40 W. Le tube EF 40 (ou EF 86) exige un courant de chauffage de 200 mA. Sa tension de chauffage est de 6,3 V. Il faut donc brancher, en parallèle sur ce filament, une résistance de 63 Ω (R_{27}).

RÉSULTATS DE MESURES

Courants et tensions relevés sur le prototype d'amplificateur:

		Réseau à courant alternatif		Réseau à courant continu	
		Sans tension alternative d'entrée	A la puissance maximum de sortie	Sans tension alternative d'entrée	A la puissance maximum de sortie
Bloc d'alimentation	Tension aux bornes de C_{17}	250 V	185 V	215 V	190 V
	Tension aux bornes de C_{16}	240 V	165 V	208 V	175 V
	Tension aux bornes de C_{15}	205 V	145 V	175 V	150 V
	Courant continu total	78 mA	195 mA	70 mA	188 mA
	Tension d'ondulation C_{17}	4 V_{eff}	9 V_{eff}	—	—
	Tension d'ondulation C_{16}	0,1 V_{eff}	0,32 V_{eff}	—	—
	Tension d'ondulation C_{15}	3,5 mV_{eff}	7 mV_{eff}	—	—
PL 81(1) et PL 81(2)	Tension d'anode	245 V	180 V	205 V	185 V
	Tension de grille-écran	240 V	170 V	200 V	175 V
	Tension nég. de grille	-32 V	-23 V	-27 V	-25 V
	Courant anodique	65 mA	165 mA	60 mA	160 mA
	Courant de grille-écran	5 mA	23 mA	4,5 mA	21,5 mA
	Résistance de charge entre anodes	2 k Ω	2 k Ω	2 k Ω	2 k Ω
ECL 80 penthode	Tension d'anode	55 V	—	45 V	—
	Tension nég. de grille	-3,3 V	—	-3 V	—
ECL 80 (triode)	Tension d'anode	225 V	—	190 V	—
	Courant anodique	2,8 mA	—	2,2 mA	—
EF 86	Tension d'anode	66 V	—	54 V	—
	Tension de grille-écran	92 V	—	75 V	—
	Tension cathodique	2 V	—	1,8 V	—

4. Un amplificateur de 15 W avec 2 tubes de sortie PL 81, en push-pull, classe B

Puissance de sortie moyenne mesurée au primaire du transformateur de sortie	Tension d'entrée V_0 sur PL 81(1) et PL 81(2)	Tension d'entrée V_0
16,2 W	16 V _{eff}	220 mV _{eff}
0,5 W	5,5 V _{eff}	70 mV _{eff}
50 mW	1,8 V _{eff}	23 mV _{eff}

Fig. 82

Distorsion totale (d_t) à la fréquence de 1000 c/s en fonction de la puissance de sortie W_o , mesurée au primaire du transformateur de sortie, avec une résistance de charge entre les anodes. $R_{aa} = 2 \text{ k}\Omega$.
 Courbe 1: à la sensibilité maximum.
 Courbe 2: à 1/3 de la sensibilité maximum.
 Courbe 3: à 1/10 de la sensibilité maximum.

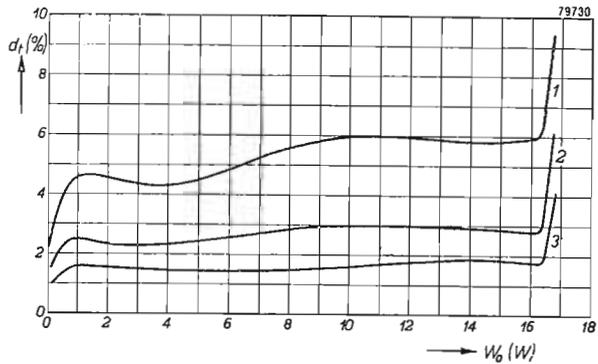
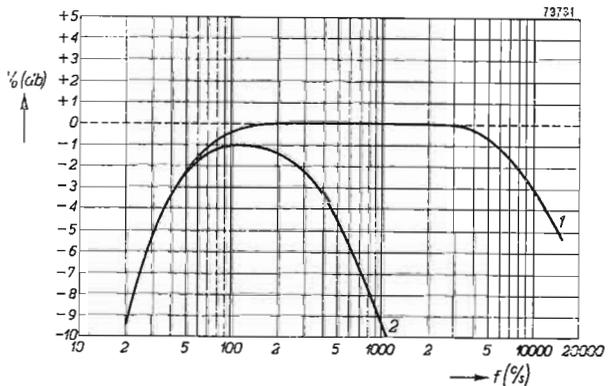


Fig. 83

Caractéristiques de fréquence de l'amplificateur. La tension de sortie V_o est mesurée au primaire du transformateur de sortie, avec une résistance de charge entre les anodes $R_{aa} = 2 \text{ k}\Omega$.
 Courbe 1: à la sensibilité maximum, contrôle de tonalité P_2 au minimum.
 Courbe 2: à la sensibilité maximum, contrôle de tonalité P_2 au maximum.



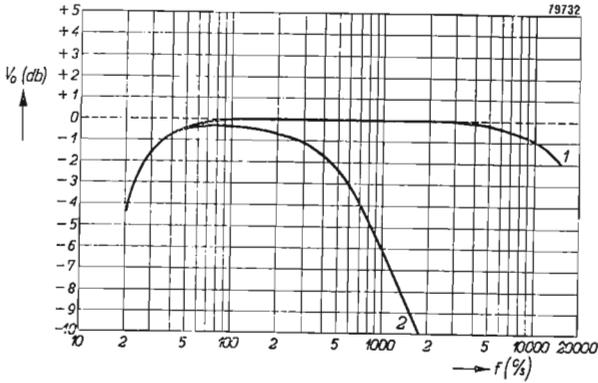


Fig. 84

Comme à la fig. 83.

- Courbe 1: à $1/3$ de la sensibilité maximum,
 P_2 au minimum.
 Courbe 2: à $1/3$ de la sensibilité maximum,
 P_2 au maximum.

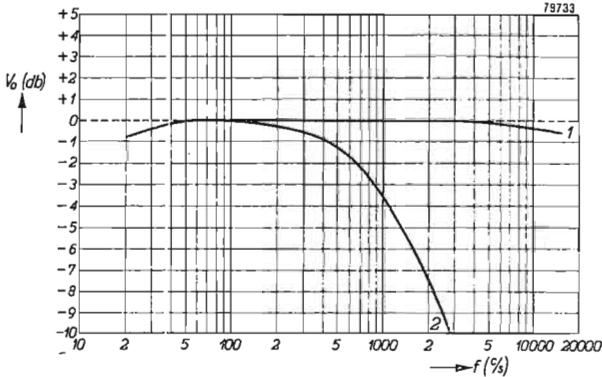


Fig. 85

Comme à la fig. 83.

- Courbe 1: à $1/10$ de la sensibilité maximum,
 P_2 au minimum.
 Courbe 2: à $1/10$ de la sensibilité maximum,
 P_2 au maximum.

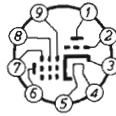
Niveau de ronflement et de bruit

Le niveau de ronflement et de bruit relatif à la puissance de sortie maximum mesuré au primaire du transformateur de sortie, est:

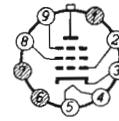
Commande de volume P_1 au minimum —55 db
 au maximum —47 db



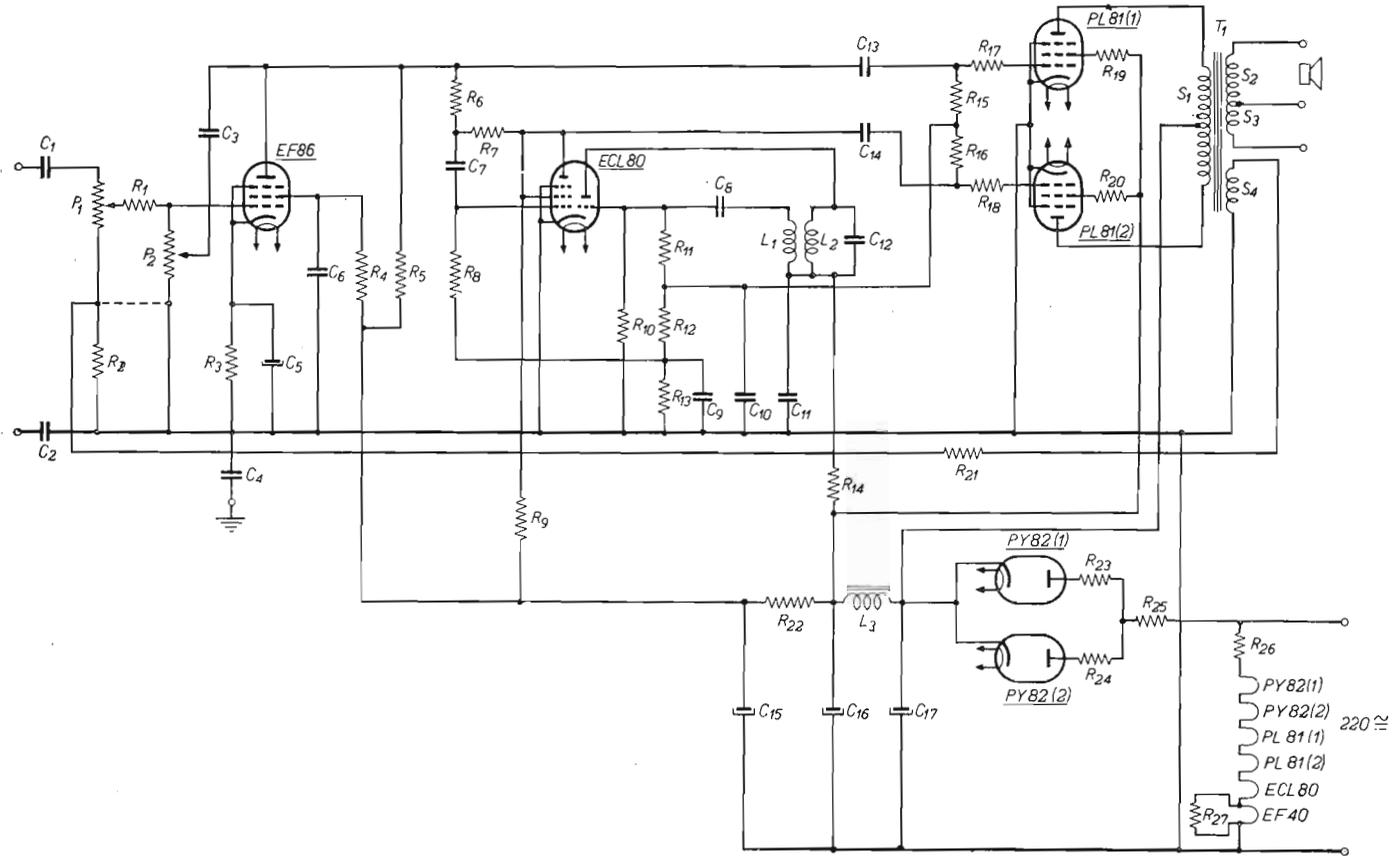
EF86



ECL80

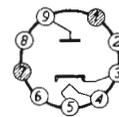


PL81



79154

Fig. 86
Schéma de montage d'un amplificateur de 15 W universel, avec deux tubes
PL 8 en push-pull.



PY82

5. UN AMPLIFICATEUR DE 35 W AVEC DEUX TUBES EL 34 EN PUSH-PULL, CLASSE AB

Dans cet amplificateur on a essayé d'obtenir, par des moyens très simples, une grande sensibilité, un niveau de ronflement et de bruit très faible et une bonne fidélité d'audition. Cet amplificateur convient donc particulièrement pour la sonorisation et les applications analogues.

Données générales

Tubes: EF 86 ou préamplificateur
EF 40
ECH 21 tube amplificateur et inverseur de phase
2 × EL 34 tubes de sortie
GZ 34 tube redresseur

Distorsion pour 35 W de puissance de sortie: sans contre-réaction 5,4 %, avec contre-réaction 3,5 %.

Distorsion pour 25 W de puissance de sortie: sans contre-réaction 4,6 %, avec contre-réaction 2,7 %.

Tension alternative d'entrée aux bornes du microphone pour la puissance de sortie maximum: sans contre-réaction 2,2 mV_{eff}
avec contre-réaction 3,3 mV_{eff}

Tension alternative d'entrée aux bornes de raccordement du pick-up: sans contre-réaction 470 mV_{eff}, avec contre-réaction 720 mV_{eff}

Niveau de ronflement et de bruit, au minimum de sensibilité: sans contre-réaction —54 db, avec contre-réaction —57 db

DESCRIPTION

Les deux tubes EL 34 ont une résistance de grille-écran commune, formée par la résistance en courant continu de la self de choc L_1 et par la résistance R_{20} . Au total, cette résistance vaut 450 Ω . Dans le montage, on trouve également les deux résistances de blocage R_{24} et R_{25} . Ces résistances doivent être soudées le plus près possible du support du tube. Les résistances R_{17} et R_{19} font partie des circuits des grilles de commande. Ces résistances servent à empêcher la production d'oscillations parasites.

La résistance d'adaptation de sortie optimum entre les deux anodes est de 4000 Ω . Les anodes des tubes de puissance sont alimentées à travers le primaire du transformateur de sortie, en partant directement du premier condensateur de filtrage (C_{14}). La résistance interne du bloc d'alimentation est très faible. Le tube GZ 34 présente, en effet, cette propriété intéressante, et le condensateur réservoir (C_{14}) a une capacité de 64 μ F.

Grâce à ce mode d'alimentation, le ronflement est réduit et les dimensions de la self de filtrage sont faibles, ce qui influence favorablement le prix de revient de cette pièce. On dispose ainsi d'une tension d'anode plus élevée. Comme l'étage de sortie est monté en push-pull, cette alimentation aura peu

d'influence sur le ronflement total, même dans le cas où la puissance de sortie est faible. Si la puissance de sortie augmente, la tension d'anode deviendra périodiquement très faible et la tension alternative de sortie sera modulée par la tension d'ondulation.

Le condensateur C_{14} a une grande valeur et réduit cet effet au minimum. Une tension de ronflement appliquée aux grilles-écrans aurait des conséquences plus graves. C'est pour cette raison que ces grilles sont alimentées à travers le filtre d'égalisation L_1C_{13} .

Le deuxième préamplificateur et l'inverseur de phase

Le deuxième préamplificateur et inverseur de phase est un tube ECH 21. Sa partie heptode est montée en penthode avec un couplage par résistance. La troisième grille est reliée au châssis. La partie triode sert à l'inversion de phase de la tension alternative recueillie à l'anode de la penthode. Il y a une forte réaction de la triode à travers R_{12} . Dans ces conditions, les tensions de sortie de la penthode et de la triode restent constantes, quelles que soient les valeurs à l'entrée, et la déformation demeure faible. Pour une tension alternative de sortie de $10 V_{\text{eff}}$ par section, la distorsion de cet étage atteint à peine 0,8 %. Pour une tension de sortie de $15 V_{\text{eff}}$, la distorsion augmente jusqu'à 2,5 %. Dans le circuit d'anode de la partie heptode du tube ECH 21 on trouve un réglage de tonalité formé par P_3 et C_7 ; il n'agit que sur les sons aigus. Dans le circuit des grilles de la partie heptode se trouvent les commandes de volume P_1 et P_3 — la première agissant sur le microphone et la seconde sur le pick-up. Les résistances R_5 et R_7 , ayant respectivement pour valeur $0,47 M\Omega$ et $0,68 M\Omega$ font partie du circuit des grilles et assurent l'indépendance des deux commandes de volume. Le choix de ces résistances est tel que 60 % de l'amplification totale est disponible pour le microphone. Il en reste alors 40 % pour le pick-up (capteur).

L'étage amplificateur pour microphone

Le tube préamplificateur pour le microphone est du type EF 40 (ou du type EF 86). Il fournit une grande amplification et un niveau de ronflement et de bruit très faible. L'amplification de cet étage est très importante: 210 fois. Pour ne pas introduire des causes de ronflement et de microphonie, le tube EF 40 doit être monté avec le plus grand soin.

R_1 , R_2 et C_2 doivent être reliés ensemble au châssis en un point unique. On choisira de préférence le petit écran qui est monté sur la douille centrale du support du tube et qui sert déjà d'écran entre les connexions et les filaments. Comme toutes les connexions du tube se font à sa partie inférieure, la liaison blindée entre les douilles du microphone et la grille de commande peut être très courte. Le support du tube doit être monté élastiquement sur le châssis. On peut également utiliser un blindage métallique autour du tube, afin d'éliminer les risques de microphonie. Le réglage de l'amplification a lieu sur la sortie du tube préamplificateur. La raison en a été exposée dans un chapitre précédent.

5. Un amplificateur de 35 W avec deux tubes EL 34 en push-pull, classe AB

La contre-réaction

Sur le transformateur de sortie, on trouve un enroulement spécial S_3 , qui fournit, à travers la résistance R_6 de 2,2 M Ω , une tension de contre-réaction qui est amenée à la grille de la partie heptode du tube ECH 21. Le taux de contre-réaction peut être réglé à l'aide du potentiomètre P3. Cela permet de régler à volonté la sensibilité de l'amplificateur, mais c'est, évidemment, aux dépens de la qualité. Si l'amplificateur sert principalement pour la parole et que l'orateur se trouve à quelque distance du microphone, cette faculté de réglage est tout à fait justifiée. Dans ce cas, une plus grande amplification est toujours préférable à un minimum de distorsion. S'il s'agit d'auditions de disques, on peut utiliser le taux de contre-réaction maximum, et la distorsion sera réduite dans de fortes proportions.

L'alimentation

Le tube GZ 34, tube à vide, redresse les deux alternances.

La résistance totale, indispensable dans ce circuit, est de 150 Ω , la résistance du transformateur étant comprise dans cette valeur. Nous avons exposé que la résistance totale R_t est égale à la somme de la résistance additionnelle et de la résistance de la moitié du secondaire, augmentée du carré du rapport de transformation multiplié par la résistance du primaire. Donc:

$$R_t = R + R_s + n^2 R_p.$$

Pour le transformateur utilisé dans l'amplificateur, on a les valeurs suivantes: $S_5 = 48 \Omega$ par moitié, $S_4 = 6,5 \Omega$, et le rapport de transformation est de 810 sur 544.

Dans ce circuit on a donc: $R_t = 48 + (810/544)^2 \times 6,5 = 63 \Omega$. Ainsi, une résistance additionnelle n'est pas indispensable et la résistance interne de l'alimentation H.T. est très faible, car elle est seulement de 385 Ω .

Si l'on dispose d'un autre transformateur, susceptible de fournir suffisamment de courant, il faudra déterminer préalablement et avec précision la résistance en courant continu des différents enroulements, ainsi que le rapport de transformation; on pourra alors faire un calcul analogue, et la valeur de R_t peut alors être choisie conformément aux résultats obtenus. Les données du transformateur utilisées dans cet amplificateur sont:

Enroulement	Tension	Courant	Nombre de spires	Diamètre des fils utilisés (mm)
S_4	220 V		544	0,6 cuivre émaillé
S_5	2 \times 300 V	230 mA	2 \times 810	0,2 " "
S_6	5 V	1,9 A	13	1,2 " "
S_7	2 \times 3,15 V	3,5 A	2 \times 8,5	2,2 " "

Le transformateur de sortie

Dans le chapitre précédent, nous avons décrit les propriétés d'un transformateur de sortie susceptible de donner les meilleurs résultats. Nous avons vu qu'il pouvait être d'une grande importance d'exécuter les enroulements en sections parallèles de fils plus minces et de disposer ces enroulements de telle sorte que le couplage soit serré, que la capacité propre et la capacité entre enroulements soient faibles, que la dispersion soit réduite. On obtient ainsi un rendement élevé. Pour cette raison, nous ne donnons pas, dans le tableau ci-après, pour le transformateur de sortie, le diamètre du fil, mais nous en donnons la section.

Pour un amplificateur tel que celui décrit ci-dessus, il importe d'utiliser un excellent transformateur de sortie; les résultats obtenus avec cet amplificateur dépendent essentiellement de la construction soignée de ce genre de transformateur. Nous donnons les caractéristiques du modèle utilisé:

Enroulement	Nombre de spires	Section totale des fils
S_1	2×830	0,023 mm ²
S_2	rapport de transformation	
S_3	entrée S_1 et $S_2 = \sqrt{R_{aa}/R}$ $R = \text{impédance de charge extérieure}$ 100	0,075 mm ²
Noyau : type EI		Hauteur d'empilement : 45 mm
Épaisseur des tôles : 0,5 mm		Section du noyau : 12,5 cm ²
Dimensions : 70 × 84 mm		Entrefer : néant
Larg. des tôles : 28 mm		

Distorsion et puissance de sortie

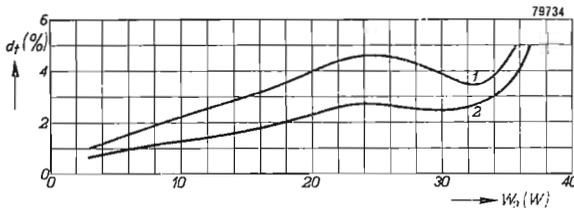


Fig. 87

Distorsion totale (d_{tot}), en fonction de la puissance de sortie W_o , mesurée au primaire du transformateur de sortie, avec une résistance de charge entre les anodes $R_{aa} = 4000 \Omega$, à la fréquence $f = 1000$ c/s.
 Courbe 1: avec minimum de contre-réaction.
 Courbe 2: avec maximum de contre-réaction.

5. Un amplificateur de 35 W avec deux tubes EL 34 en push-pull, classe AB

RÉSULTATS DE MESURES

Tensions et courants

		Sans tension alternative d'entrée	A la puissance de sortie maximum
Bloc d'alimentation	Tension aux bornes de C_{14}	376 V	356 V
	Tension aux bornes de C_{13}	368 V	340 V
	Tension aux bornes de C_{12}	262 V	238 V
	Tension aux bornes de C_{11}	247 V	223 V
	Courant continu total	176 mA	228 mA
EL 34(1) et EL 34(2)	Tension d'anode	343 V	319 V
	Tension de grille-écran	340 V	305 V
	Courant de cathode	2×85 mA	2×111 mA
	Résistance de charge entre les anodes (R_{aa})	4000 Ω	4000 Ω
ECH 21 partie heptode	Tension d'anode	100 V	—
	Tension de grille-écran	60 V	—
ECH 21 partie triode	Tension d'anode	75 V	—
	Tension de cathode	2,4 V	—
EF 40 ou EF 86	Tension d'anode	45 V	—
	Tension de grille-écran	95 V	—
	Tension de cathode	2 V	—

Sensibilité

Puissance de sortie mesurée au primaire du transformateur de sortie	Tension alternative d'entrée V_i EL 34(1) EL 34(2)		Tension alternative d'entrée aux bornes du pick-up		Tension alternative d'entrée aux bornes du microphone	
	sans contre-réaction	avec contre-réaction	sans contre-réaction	avec contre-réaction	sans contre-réaction	avec contre-réaction
35 W	20,5	20,5	470	720	2,2	3,3
0,5 W	V_{eff}	V_{eff}	mV $_{\text{eff}}$	mV $_{\text{eff}}$	mV $_{\text{eff}}$	mV $_{\text{eff}}$
	1,4	1,4	32	49,5	0,14	0,23
	V_{eff}	V_{eff}	mV $_{\text{eff}}$	mV $_{\text{eff}}$	mV $_{\text{eff}}$	mV $_{\text{eff}}$

Niveau de ronflement et de bruit

Le niveau de ronflement et de bruit est comparé à la puissance d'entrée maximum au primaire du transformateur de sortie. Il n'y a pas lieu de tenir compte du bruit dû à la forte résistance d'entrée R .	Niveau de ronflement et de bruit	
	sans contre-réaction	avec contre-réaction
Commande de volume P_1 et P_2 au minimum	-70 db	-72 db
P_1 et P_2 au maximum, bornes de raccordement du microphone court-circuitées	-59 db	-62 db
P_1 et P_2 au maximum, bornes de raccordement du microphone ouvertes	-54 db	-57 db

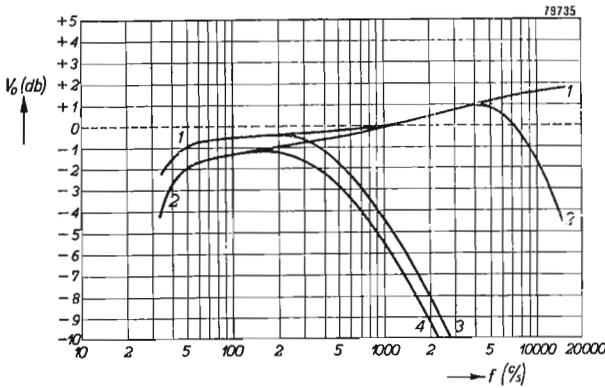


Fig. 88

Caractéristiques de fréquence de l'amplificateur. La tension alternative de sortie V_o est mesurée au primaire du transformateur de sortie avec une résistance de charge entre les anodes $R_{aa} = 4000 \Omega$.

Courbe 1: contrôle des sons aigus, P_3 au minimum, contre-réaction au maximum.

Courbe 2: P_4 au minimum, P_3 au maximum.

Courbe 3: P_4 au maximum, P_3 au maximum.

Courbe 4: P_4 au minimum, P_3 au maximum.

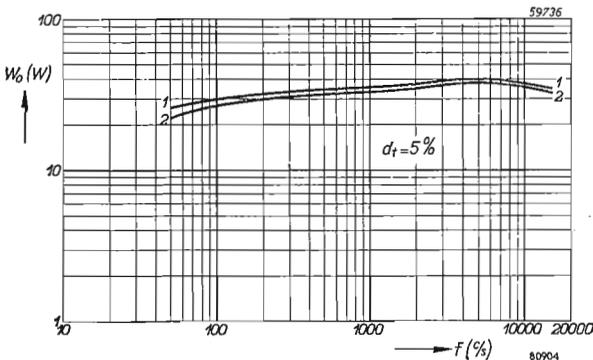


Fig. 89

Puissance de sortie (W_o) en fonction de la fréquence (f), pour une distorsion totale (d_{tot}) = 5 %, mesurée au primaire du transformateur de sortie avec une résistance de charge entre les anodes $R_{aa} = 4000 \Omega$.

Courbe 1: contre-réaction au maximum.

Courbe 2: contre-réaction au minimum.

5. Un amplificateur de 35 W avec deux tubes EL 34 en push-pull, classe AB

Liste des pièces

Résistances

No.	Valeur	Puissance admissible
R_1	1 M Ω	0,5
R_2	2,2 k Ω	0,5
R_3	0,82 M Ω	0,5
R_4	0,22 M Ω	0,5
R_5	0,47 M Ω	0,5
R_6	2,2 M Ω	0,5
R_7	0,68 M Ω	0,5
R_8	680 Ω	0,5
R_9	0,27 M Ω	0,5
R_{10}	1 M Ω	0,5
R_{11}	1 M Ω	0,5
R_{12}	1,1 M Ω	0,5
R_{13}	0,1 M Ω	1
R_{14}	0,2 M Ω	0,5
R_{15}	0,68 M Ω	0,5
R_{16}	0,68 M Ω	0,5
R_{17}	10 k Ω	0,5
R_{18}	120 Ω	0,5
R_{19}	10 k Ω	0,5
R_{20}	150 Ω	0,5
R_{21}	10 k Ω	5
R_{22}	12 k Ω	2
R_{23}	80 Ω	8
R_{24}	100 Ω	0,5
R_{25}	100 Ω	0,5
P_1	1 M Ω	
P_2	1 M Ω	
P_3	1 M Ω	
P_4	50 k Ω	

Condensateurs

No.	Valeur	Tension de service
C_1	50 μ F	12,5
C_2	0,22 μ F	
C_3	47 000 pF	
C_4	50 μ F	12,5
C_5	0,47 μ F	
C_6	47 000 pF	
C_7	3300 pF	
C_8	47 000 pF	
C_9	47 000 pF	
C_{10}	25 μ F	50
C_{11}	16 μ F	450
C_{12}	16 μ F	450
C_{13}	32 μ F	450
C_{14}	32 μ F	450

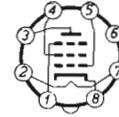
Transformateurs et selfs: T_1 , voir texte; T_2 , voir texte. $L_1 = 8$ H, 50 mA, 300 Ω .



EF86



ECH21



EL34

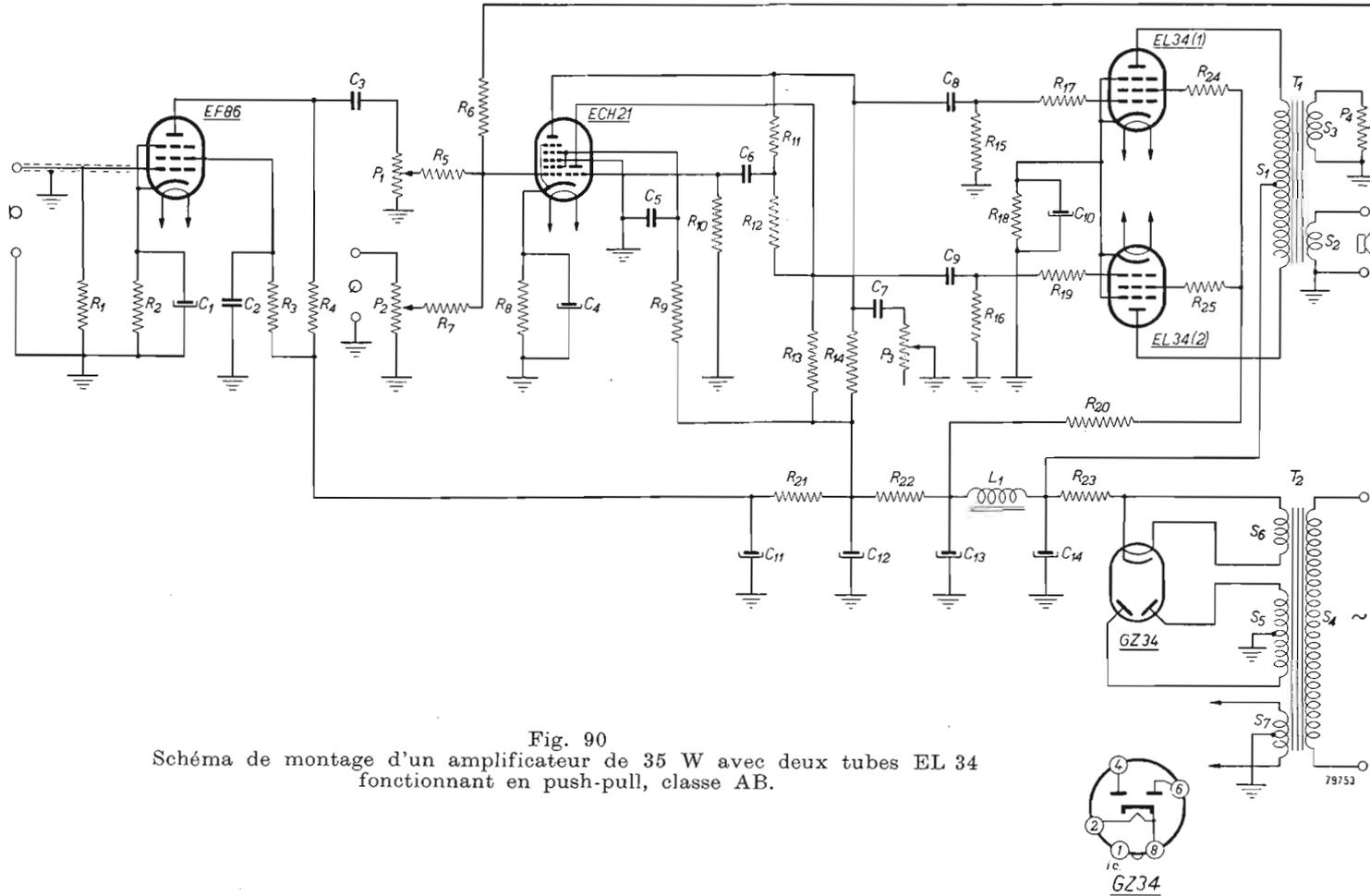
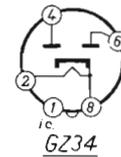


Fig. 90
Schéma de montage d'un amplificateur de 35 W avec deux tubes EL 34
fonctionnant en push-pull, classe AB.



GZ34

Le tube préamplificateur et inverseur de phase

La double triode ECC 40 est utilisée comme tube de commande et comme inverseur de phase. Le montage utilisé est du type cathodyne. Des résistances égales sont incorporées dans les circuits d'anode et de cathode de la deuxième triode. Les tensions alternatives à l'anode et à la cathode sont égales, mais en opposition de phase. Ce montage est très simple et il exige peu de pièces. La forte contre-réaction que l'on obtient de cette façon réduit la distorsion à sa plus faible expression. La première triode du tube ECC 40 fonctionne en amplificatrice à couplage par résistance. Son anode est reliée directement à la grille de la deuxième triode. On élimine ainsi un condensateur de grille et une résistance de fuite. Cette simplification est possible, étant donné que la grille de la deuxième section du tube ECC 40 ajuste sa tension sur un potentiel inférieur de quelques volts à celui de la cathode.

Le deuxième préamplificateur

La tension alternative d'anode du tube EF 40 ou EF 86(2) est amenée à sa grille à l'aide du condensateur de séparation C_7 et de la résistance R_7 . On obtient ainsi un taux de contre-réaction de 10 environ. L'amplification obtenue à l'aide de ce tube est ainsi rendue pratiquement indépendante de la variation de ses caractéristiques. Le réglage de tonalité dans le registre aigu s'obtient à l'aide du potentiomètre P_3 dont le curseur est relié à l'anode du tube EF 40, à travers le condensateur C_4 (33 pF). La contre-réaction pour les sons aigus peut ainsi être ajustée à volonté; si la contre-réaction augmente, la tension des sons aigus diminue. Dans le registre grave, l'atténuation peut se faire à l'aide du condensateur C_8 et du contacteur A. On peut également utiliser un contacteur à positions plus nombreuses permettant d'intercaler des condensateurs de valeurs différentes (C_x). L'atténuation peut ainsi se faire plus graduellement, au choix du constructeur.

Dans le circuit de la grille de commande du tube EF 40(2) se trouvent deux potentiomètres, le premier (P_1) sert au réglage de l'amplification microphonique, le deuxième (P_2) commande l'amplification pour le pick-up.

Les deux tensions alternatives sont amenées simultanément à la grille de commande, à travers les résistances R_5 et R_6 . Ce montage permet de mélanger et de doser les signaux des deux sources d'entrée. La contre-réaction rend dix fois plus faible (environ) l'impédance du circuit de grille. En conséquence, les deux réglages ne s'influencent pratiquement pas.

Le préamplificateur microphonique

Le tube utilisé pour le préamplificateur microphonique est également un tube EF 40(1) ou un tube EF 86. Les propriétés de ces tubes sont connues. Le niveau de bruit et de ronflement est très bas.

Le montage utilisé permet d'obtenir une amplification de 170 fois. En raison de l'énorme amplification obtenue, il est nécessaire de prendre des précautions contre la microphonie. Une bonne méthode consiste à fixer le support du tube

6. Un amplificateur de qualité 35 W à 2 tubes EL 34 en push-pull, classe AB

sur une plaque métallique assez lourde, puis à monter cette plaque, élastiquement, sur le châssis. Il est également indispensable d'entourer le tube d'un écran. On évitera de former des boucles magnétiques dans les circuits d'anode et de cathode. Le tube doit en outre être éloigné le plus possible du transformateur d'alimentation, de la self de filtrage et du transformateur de sortie. Comme toutes les connexions du tube EF 40 ou EF 86 sont reliées à sa base, la chance d'obtenir des boucles magnétiques est très faible et, en tout cas, beaucoup plus faible que s'il y avait encore des connexions à faire au sommet du tube. Les conducteurs vers la terre doivent être reliés en un seul point du châssis. Ce point doit être situé très près des douilles d'entrée du microphone. Comme dans l'amplificateur décrit précédemment, deux résistances de protection sont insérées dans les fils des anodes du tube redresseur GZ 34. Le transformateur d'alimentation est du même type que celui du chapitre précédent. Les tensions d'anode pour les tubes des étages préamplificateurs et d'inversion de phase sont toutes découplées séparément par des résistances et des condensateurs électrolytiques.

RÉSULTATS DE MESURE

Courants et tensions

		Sans tension alternative d'entrée	Avec puissance max de sortie
Bloc d'ali- mentation	Tension aux bornes de C_{14}	375 V	360 V
	Tension aux bornes de C_{15}	368 V	344 V
	Tension aux bornes de C_{16}	310 V	290 V
	Tension aux bornes de C_{17}	265 V	250 V
	Tension aux bornes de C_{18}	250 V	240 V
	Courant continu total	176 mA	228 mA
EL 34(1) et EL 34(2)	Tension d'anode	343 V	319 V
	Tension de grille-écran	340 V	307 V
	Courant cathodique	2×85 mA	2×111 mA
	Résistance de charge entre les anodes	4000 Ω	4000 Ω
ECC 40 deuxième triode	Tension d'anode	195 V	—
	Tension de cathode	113 V	—
	Tension de grille	108 V	—
ECC 40 première triode	Tension d'anode	108 V	—
	Tension de cathode	2,9 V	—
EF 40(2) ou EF 86 (2)	Tension d'anode	50 V	—
	Tension de grille-écran	100 V	—
	Tension de cathode	2,2 V	—
EF 40(1) ou EF 86 (1)	Tension d'anode	45 V	—
	Tension de grille-écran	95 V	—
	Tension de cathode	2 V	—

Transformateur de sortie

Le transformateur de sortie est identique à celui qui est décrit dans le chapitre précédent (amplificateur No. 5).

Transformateur d'alimentation

Ce transformateur est également identique à celui qui figure dans le chapitre précédent.

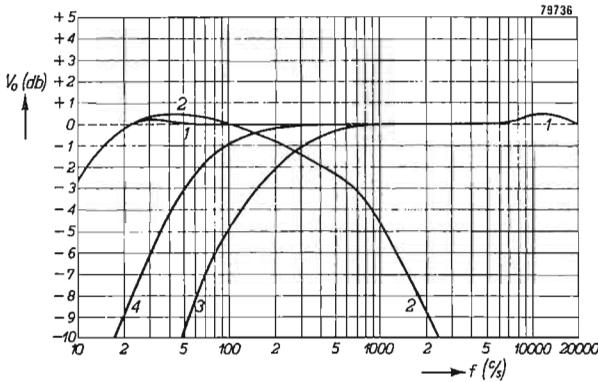


Fig. 91

Caractéristiques de fréquence de l'amplificateur. La tension alternative de sortie V_o est mesurée au primaire du transformateur de sortie, avec une résistance de charge entre les anodes $R_{aa} = 4000 \Omega$.

Courbe 1: réglage de tonalité des aiguës, P_3 au minimum — réglage des basses sans effet.

Courbe 2: P_3 au maximum, réglage des basses sans effet.

Courbe 3: P_3 au minimum, $C_3 = 1000 \text{ pF}$ en circuit.

Courbe 4: P_3 au minimum, $C_x = 3000 \text{ pF}$ en circuit.

Puissance de sortie mesurée au primaire du transformateur de sortie	Tension alternative d'entrée V_{g_1} EL 34(1) et EL 34(2)	Tension alternative d'entrée aux bornes du pick-up	Tension alternative d'entrée aux bornes du microphone
35 W 0,5 W	20,5 V_{eff} 1,4 V_{eff}	320 mV_{eff} 38 mV_{eff}	1,8 mV_{eff} 0,21 V_{eff}

Niveau de ronflement et de bruit

Le niveau de ronflement et de bruit est comparé à la puissance de sortie maximum et mesuré au primaire du transformateur de sortie. Il n'est pas nécessaire de tenir compte du bruit engendré par la forte résistance d'entrée.

	Niveau de ronflement et de bruit
Contrôle de volume P_1 et P_2 au minimum	-70 db
P_1 et P_2 au maximum, les bornes du microphone étant court-circuitées	-59 db
P_1 et P_2 au maximum, les bornes du microphone étant ouvertes à l'entrée	-54 db

6. Un amplificateur de qualité 35 W à 2 tubes EL 34 en push-pull, classe AB

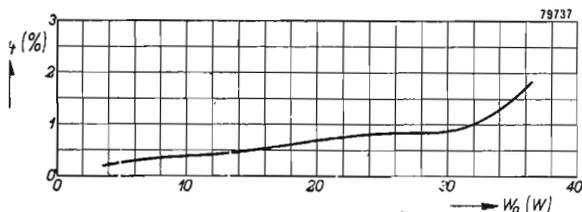


Fig. 92

Distorsion totale (d_{tot}) en fonction de la puissance de sortie (W_o), mesurée à la fréquence de 1000 p.p.s., au primaire du transformateur de sortie, avec une charge entre anodes de 4000 Ω .

Liste des pièces

Résistances

No.	Valeurs	Charge admissible (watts)
R_1	1 M Ω	0,5
R_2	2,2 k Ω	0,5
R_3	0,82 M Ω	0,5
R_4	0,22 M Ω	0,5
R_5	0,56 M Ω	0,5
R_6	0,56 M Ω	0,5
R_7	10 M Ω	0,5
R_8	2,2 k Ω	0,5
R_9	0,82 M Ω	0,5
R_{10}	0,22 M Ω	0,5
R_{11}	0,15 M Ω	0,5
R_{12}	0,15 M Ω	0,5
R_{13}	0,5 M Ω	0,5
R_{14}	1 M Ω	0,5
R_{15}	2,2 k Ω	0,5
R_{16}	180 Ω	0,25
R_{17}	0,15 M Ω	0,5
R_{18}	0,68 M Ω	0,25
R_{19}	0,68 M Ω	0,25
R_{20}	1 k Ω	0,5
R_{21}	1 k Ω	0,25
R_{22}	1 k Ω	0,25
R_{23}	130 Ω	5
R_{24}	100 Ω	0,5
R_{25}	100 Ω	0,5
R_{26}	150 Ω	0,5
R_{27}	10 k Ω	1
R_{28}	10 k Ω	1
R_{29}	10 k Ω	1
R_{30}	82 Ω	5

No.	Valeurs	Puissance admissible (watts)
R_{31}	82 Ω	5
P_1	0,5 M Ω	
P_2	0,5 M Ω	
P_3	0,5 M Ω	

Condensateurs

No.	Valeur	Tension de service
C_1	50 μ F	1,25
C_2	0,22 μ F	
C_3	22 000 pF	
C_4	33 pF	
C_5	50 μ F	1,25
C_6	0,1 μ F	
C_7	20 000 pF	
C_8	1000 pF	
C_9	50 μ F	1,25
C_{10}	220 pF	
C_{11}	47 000 pF	
C_{12}	47 000 pF	
C_{13}	25 μ F	50
C_{14}	64 μ F	450
C_{15}	16 μ F	450
C_{16}	25 μ F	400
C_{17}	25 μ F	400
C_{18}	16 μ F	320

Transformateurs et selfs

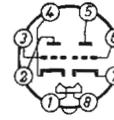
T_1, T_2 : voir texte
 L_1 8 H, 50 mA, 300 Ω



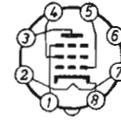
EF86



EF86



ECC40



EL34

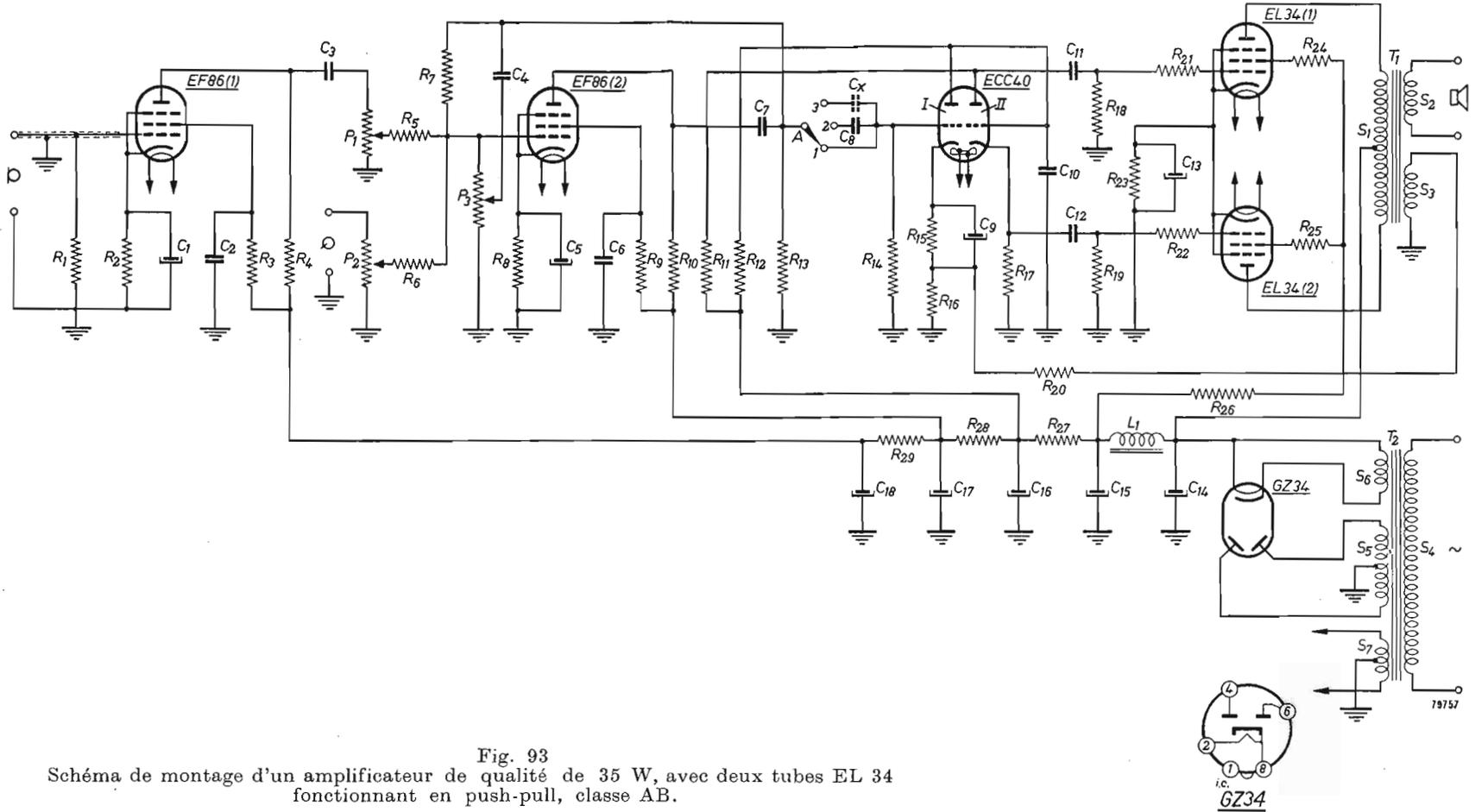
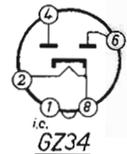


Fig. 93

Schéma de montage d'un amplificateur de qualité de 35 W, avec deux tubes EL 34 fonctionnant en push-pull, classe AB.



6Z34

7. UN AMPLIFICATEUR DE QUALITÉ 70 W, UTILISANT 4 TUBES EL 34 EN PUSH-PULL, CLASSE AB

Cet amplificateur est identique à celui de 35 W décrit au chapitre précédent, à l'exception de l'étage de sortie. Cet étage comprend 4 tubes EL 34 permettant d'obtenir une puissance de sortie élevée, sans qu'il soit nécessaire de disposer d'une tension d'anode élevée. Cette tension d'anode est de 400 V environ, et la puissance de sortie atteint 70 W.

Données générales

Tubes: EF 40 ou amplificateur EF 86 de microphone EF 40 ou deuxième EF 86 préamplificateur ECC 40 tube amplificateur et inverseur de phase $4 \times$ EL 34 tubes de puissance $2 \times$ GZ 34 (ou GZ 32) tubes redresseurs	Distorsion pour une puissance de sortie de 70 W: 1,2 %. Tension alter- native d'entrée requise pour la puis- sance de sortie maximum: aux bornes du pick-up (capteur): 290 mV _{eff} aux bornes du microphone: 1,8 mV _{eff} Niveau de ronflement et de bruit comparé à la puissance de sortie max pour la sensibilité max: -54 db.
--	--

DESCRIPTION

Le schéma de cet amplificateur est pratiquement identique à celui décrit sous le No. 6. La différence se trouve dans l'étage de sortie qui comprend quatre tubes EL 34 montés en push-pull et fonctionnant en classe AB. Ces tubes sont branchés en parallèle, deux à deux. Dans le circuit de cathode de la deuxième triode du tube ECC 40 se trouve la résistance R_{16} qui permet d'obtenir la tension de polarisation négative de grille, alors que la tension alternative d'entrée est prise sur l'anode de la première triode de l'ECC 40, à travers le condensateur C_9 .

Le transformateur de sortie est d'un type plus lourd que dans le cas précédent. L'alimentation doit pouvoir fournir une puissance bien plus importante; le transformateur d'alimentation doit être établi en conséquence, et un tube redresseur GZ 34 (ou GZ 32) supplémentaire est indispensable. Les deux tubes sont branchés en deux tubes forme un redresseur à deux alternances. Des résistances de protection de 120 Ω sont placées en série avec chaque anode. La résistance du primaire du transformateur d'alimentation est de 4 Ω , celle de chaque moitié du secondaire est de 14 Ω . La résistance totale dans le circuit d'anode des tubes redresseurs est donc:

$$R_t = 60 + 14 + \left(\frac{637}{392} \right)^2 \times 4 = 85 \Omega.$$

Cette valeur offre une sécurité suffisante. La résistance interne de l'alimen-

tation H.T. sera alors de 245 Ω . Le condensateur réservoir C_{15} a quelque chose de particulier: sa valeur est de 100 μF et il doit pouvoir supporter un courant d'ondulation de 450 mA. On ne peut donc utiliser un condensateur quelconque.

Le transformateur de sortie

Tout ce que nous avons dit précédemment (No. 6) au sujet du transformateur de sortie reste valable.

Les données des bobinages sont les suivantes:

Bobinage	Nombre de spires	Section totale des fils
S_1	2×800	0,097 mm ²
S_2	Le rapport de transformation entre S_1 et S_2 est $\sqrt{R_{aa}/R}$	
S_3	$R = \text{impédance de charge extérieure}$ 100	0,196 mm ²
Noyau : tôles EI Épaisseur des tôles : 0,5 mm Dimensions: : 125 \times 150 mm Largeur du noyau : 50 mm Hauteur d'empilement : 50 mm Section du noyau : 25 cm ² Entrefer : néant		

Le transformateur d'alimentation

Le transformateur d'alimentation est prévu pour une tension d'alimentation de 220 V, 50 c/s. Pour 110 V, prendre la moitié du nombre de spires indiqué. La section du noyau est de 32 cm².

Bobinage	Tension	Courant	Nombre de spires	Diamètre des fils mm
S_4	220 V		392	1,0 cuivre émaillé
S_5	2×360 V	450 mA	2×637	0,55 „ „
S_6	$2 \times 2,5$ V	3,8 A	2×5	1,6 „ „
S_7	$2 \times 3,15$ V	7 A	$2 \times 6,5$	2,2 „ „

RÉSULTATS DE MESURES

Niveau de ronflement et de bruit

Le niveau de ronflement et de bruit correspondant à la puissance de sortie maximum est mesuré au primaire du transformateur de sortie (en négligeant le bruit de la résistance d'entrée R_1).

7. Amplificateur de qualité de 70 W, à 4 tubes EL 34 en push-pull, classe AB

	Niveau de ronflement et de bruit
Commande de volume P_1 et P_2 au minimum	—68 db
P_1 et P_2 au maximum, les bornes du microphone étant court-circuitées	—58 db
P_1 et P_2 au maximum, les bornes d'entrée du microphone étant en circuit ouvert	—54 db

Tensions et courants

		Sans tension alternative d'entrée	Pour la puissance de sortie max
Alimentation	Tension aux bornes de C_{15}	380 V	360 V
	Tension aux bornes de C_{16}	375 V	340 V
	Tension aux bornes de C_{17}	310 V	290 V
	Tension aux bornes de C_{18}	280 V	265 V
	Tension aux bornes de C_{19}	270 V	260 V
	Courant continu total	350 mA	420 mA
	Tension d'ondulation aux bornes de C_{15}	7 V _{eff}	8,4 V _{eff}
	Tension d'ondulat. aux born. de C_{16}	130 mV _{eff}	160 mV _{eff}
	Tension d'ondulat. aux born. de C_{17}	2,1 mV _{eff}	2,4 mV _{eff}
EL 34(1)	Tension d'anode	355 V	315 V
EL 34(2)	Tension de grille-écran	355 V	300 V
EL 34(3)	Tension de cathode	23 V	27.5 V
EL 34(3)	Courant cathodique	2×88 mA	2×104 mA
EL 34(4)	Résistance de charge entre les anodes	2000 Ω	2000 Ω
ECC 40 deuxième triode	Tension d'anode	240 V	
	Tension de cathode	75 V	
	Tension de grille négative	—3,8 V	
ECC 40 première triode	Tension d'anode	130 V	
	Tension de cathode	3 V	
EF 40(2)	Tension d'anode	92 V	
	Tension de grille-écran	120 V	
	Tension de cathode	2,5 V	
EF 40(1)	Tension d'anode	75 V	
	Tension de grille-écran	88 V	
	Tension de cathode	2,1 V	

Distorsion et puissance de sortie

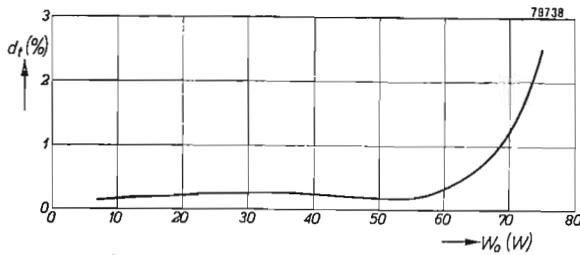


Fig. 94

Distorsion totale (d_{tot}) en fonction de la puissance de sortie (W_o) mesurée au primaire du transformateur de sortie, avec une résistance de charge entre les anodes $R_{aa} = 2000 \Omega$, pour une fréquence de 1000 c/s.

Sensibilité

Puissance de sortie mesurée au primaire du transformateur de sortie	Tension alternative d'entrée EL 34 (1) EL 34 (2) EL 34 (3) EL 34 (4)	Tension alternative d'entrée Vi ECC 40(1) première triode	Tension alternative d'entrée aux bornes de raccordement du pick-up	Tension alternative d'entrée aux bornes du microphone
74 W 1 W	20,5 V _{eff} 1,36 V _{eff}	2,5 V _{eff} 260 mV _{eff}	290 mV _{eff} 30 mV _{eff}	30 mV _{eff} 0,2 mV _{eff}

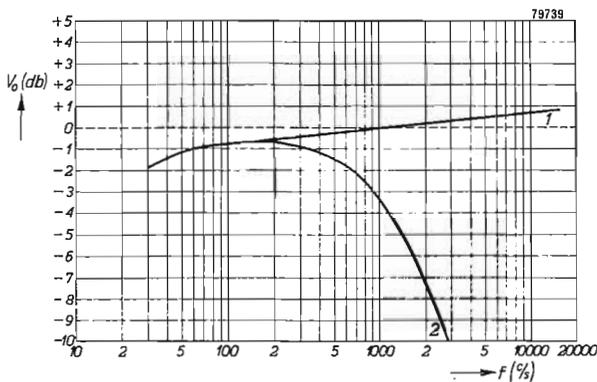


Fig. 95

Caractéristiques de fréquence de l'amplificateur. La tension de sortie (V_o) est mesurée aux bornes du primaire du transformateur de sortie, avec une charge d'anode à anode $R_{aa} = 2000 \Omega$.

Courbe 1: contrôle des aiguës au minimum (P_3).

Courbe 2: P_3 au maximum.

Liste des pièces

Résistances

No.	Valeur	Puissance admissible (watts)
R_1	1 M Ω	0,5
R_2	2,2 k Ω	0,5
R_3	1,5 M Ω	0,5
R_4	03,3 M Ω	0,5
R_5	06,8 M Ω	0,5
R_6	0,68 M Ω	0,5
R_7	6,8 M Ω	0,5
R_8	2,2 k Ω	0,5
R_9	0,82 M Ω	0,5
R_{10}	0,22 M Ω	0,5
R_{11}	56 k Ω	0,5
R_{12}	0,15 M Ω	0,5
R_{13}	1 M Ω	0,5
R_{14}	2,2 k Ω	0,5
R_{15}	180 Ω	0,5
R_{16}	2,7 k Ω	0,5
R_{17}	56 k Ω	0,5
R_{18}	1 M Ω	0,5
R_{19}	0,39 M Ω	0,5
R_{20}	0,39 M Ω	0,5
R_{21}	130 Ω	5
R_{22}	1 k Ω	0,5
R_{23}	1 k Ω	0,5
R_{24}	2,2 k Ω	0,5
R_{25}	120 Ω	0,5
R_{26}	120 Ω	0,5
R_{27}	130 Ω	5
R_{28}	1 k Ω	0,5
R_{29}	1 k Ω	0,5
R_{30}	47 Ω	1
R_{31}	120 Ω	0,5
R_{32}	120 Ω	0,5
R_{33}	10 k Ω	1
R_{34}	10 k Ω	1
R_{35}	10 k Ω	1

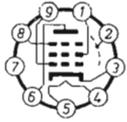
No.	Valeur	Puissance admissible (watts)
R_{36}	300 Ω	5
R_{37}	300 Ω	5
R_{38}	300 Ω	5
R_{39}	300 Ω	5
P_1	0,5 M Ω	
P_2	0,5 M Ω	
P_3	0,5 M Ω	

Condensateurs

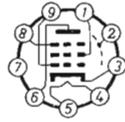
No.	Valeur	Tension de service
C_1	50 μ F	12,5
C_2	0,22 μ F	
C_3	22 000 pF	
C_4	33 pF	
C_5	50 μ F	12,5
C_6	0.1 μ F	
C_7	10 000 pF	
C_8	50 μ F	12,5
C_9	10 000 pF	
C_{10}	330 pF	
C_{11}	47 000 pF	
C_{12}	47 000 pF	
C_{13}	50 μ F	50
C_{14}	50 μ F	50
C_{15}	100 μ F	475
C_{16}	50 μ F	475
C_{17}	50 μ F	475
C_{18}	50 μ F	400
C_{19}	50 μ F	400

Transformateurs et selfs

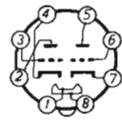
 T_1 : voir texte T_2 : voir texteL: 8 H, 120 mA, 250 Ω



EF86



EF86



ECC40



EL34

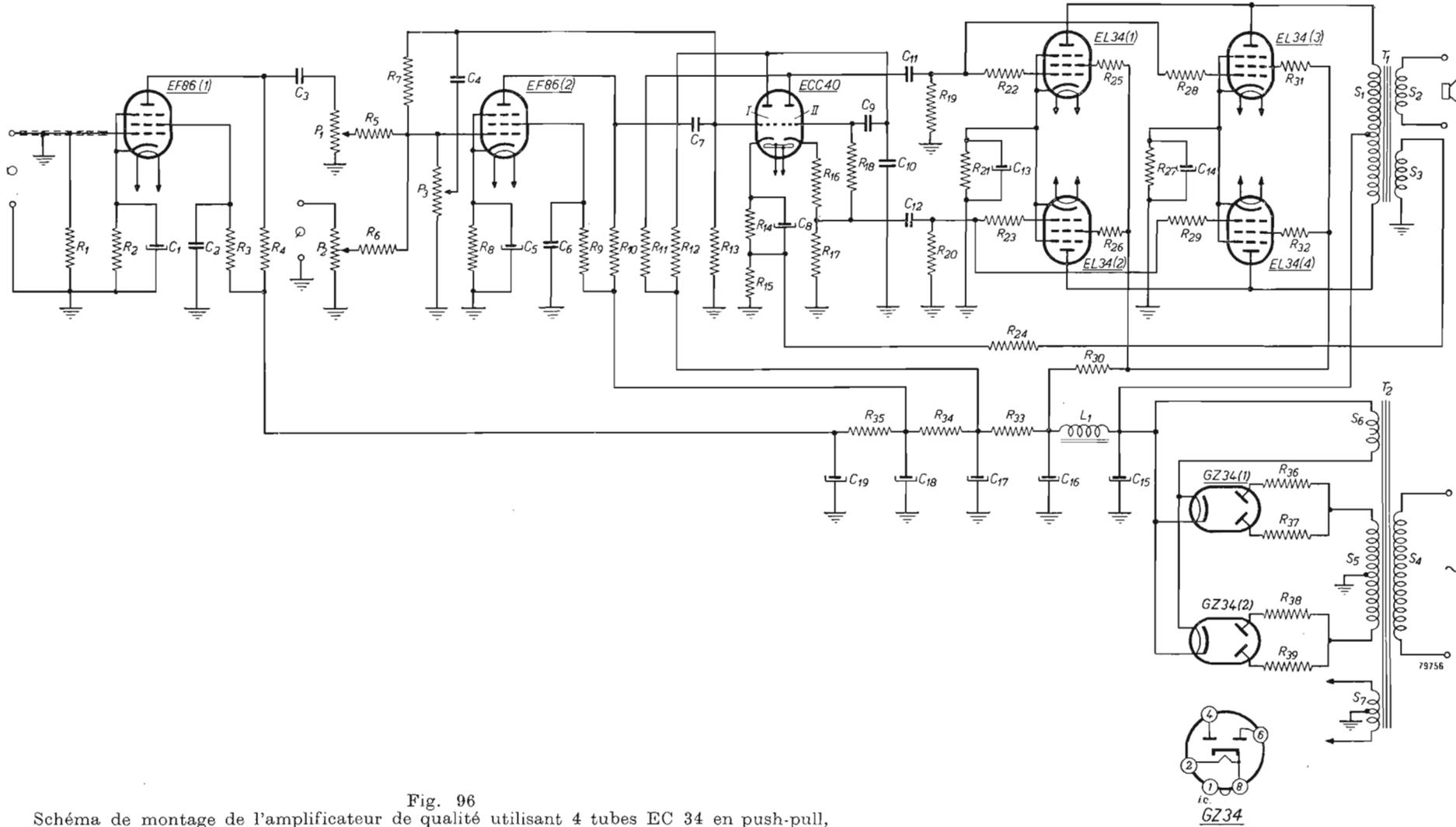
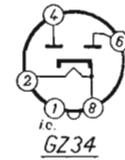


Fig. 96

Schéma de montage de l'amplificateur de qualité utilisant 4 tubes EC 34 en push-pull, classe AB (70 W).



GZ34

8. UN AMPLIFICATEUR DE 100 W AVEC DEUX TUBES EL 34 EN PUSH-PULL, CLASSE B

Dans un certain sens, cet amplificateur, ainsi que celui que nous venons de décrire, sort du cadre de ce livre. Il arrivera rarement que le lecteur, à l'intention duquel ce livre est écrit, s'aventure à construire un amplificateur d'une telle puissance, à l'exception cependant de quelques amateurs-émetteurs qui peuvent en faire usage pour leur modulation. Nous avons crû utile de donner cet exemple d'amplificateur, parce qu'il illustre comment il est possible de construire un appareil susceptible de fournir une grande puissance de sortie, à l'aide de moyens relativement simples: deux tubes de puissance, seulement. A la puissance de sortie maximum, la distorsion n'est que de 1 %.

Cet amplificateur répond entièrement aux conditions que doit remplir un amplificateur de sonorisation convenant pour un grand terrain de sports.

Données générales

Tubes:

EF 40 ou EF 86	préamplificateur microphonique
ECC 40	deuxième préamplificateur
ECC 40	inverseur de phase et redresseur fournissant la tension de polarisation des grilles des tubes de puissance
2 × EL 34	tubes de puissance
2 × GZ 34	tubes redresseurs

Distorsion à la puissance de sortie de 100 W: 1 %

Tension alternative d'entrée pour une puissance de sortie maximum:

aux bornes du microphone : 3,5 mV_{eff}

aux bornes du pick-up : 560 mV_{eff}

Niveau de ronflement et de bruit à la puissance de sortie et à la sensibilité maximum: 59 db.

DESCRIPTION DU SCHÉMA

L'étage de sortie

L'étage de sortie de cet amplificateur est disposé en push-pull et fonctionne en classe B, sans courant de grille. La tension d'anode nominale est de 800 V. La tension de grille-écran est de 400 V.

Le réglage de la tension de polarisation négative de grille influence la distorsion dans une certaine mesure, surtout quand la puissance de sortie est faible. Ce phénomène est dû à la dispersion inévitable des caractéristiques de tubes d'un même type, aux faibles valeurs du courant d'anode.

8. Un amplificateur de 100 W à 2 tubes EL 34 en push-pull, classe AB

Comme les tubes doivent être renouvelés de temps à autre, la possibilité de pouvoir régler la tension de polarisation négative de grille constitue un réel avantage. Le potentiomètre P_4 sert à cet effet.

Le courant anodique total, en l'absence de signal, de l'étage de sortie, est de 40 mA, la tension de polarisation négative de grille étant de 44 V environ. Sur le transformateur de sortie se trouve un enroulement spécial, S_3 . La tension qu'on recueille aux bornes de S_3 est injectée à travers les résistances R_{10} et R_9 , comme tension de contre-réaction sur le circuit d'anode de la première triode ECC 40.

La distorsion est ainsi ramenée à un niveau inférieur à 1 %, pour toute valeur de la puissance de sortie ne dépassant pas 100 W. Le taux de contre-réaction atteint 7,5.

Cette même contre-réaction empêche l'augmentation outre mesure de la tension alternative d'anode, lorsque les connexions vers les haut-parleurs sont coupées occasionnellement. Quand la tension alternative d'anode augmente, le courant de grille-écran monte très vite, ce qui peut amener une surcharge des grilles-écrans. On peut pallier à ces défauts à l'aide de la résistance de limitation R_{24} , incorporée dans le circuit des grilles-écrans et par le jeu de la contre-réaction. Les résistances de blocage R_{22} et R_{23} peuvent parfois être omises, mais cela dépend beaucoup du mode de construction de l'amplificateur (capacités de câblage).

Si toutes les connexions de grilles sont très courtes, on peut se dispenser d'employer ces résistances.

L'étage inverseur de phase et le redresseur pour la tension de polarisation négative

Le tube ECC 40 remplit ces deux fonctions.

La première triode inverse la phase de la tension alternative de sortie de la seconde triode du tube ECC 40 (1). Grâce à une forte réaction, amenée à travers les résistances R_{15} et R_{14} , on obtient que les tensions alternatives restent en équilibre, sous des conditions de fonctionnement très diverses.

Le deuxième triode sert de redresseur pour la tension de polarisation négative de grille des tubes de sortie. La grille et la cathode sont reliées ensemble. La tension de polarisation négative de grille peut être réglée, de manière précise, à l'aide du potentiomètre P_4 .

Comme ce potentiomètre ne doit être réglé qu'au moment de la mise au point de l'amplificateur et lors du remplacement des tubes de sortie, on peut le monter au-dessous du châssis. De cette façon, les potentiomètres sont protégés et les risques de dérèglement diminués.

La durée de chauffage du tube ECC 40 est suffisamment courte pour que la tension de polarisation négative de grille soit disponible avant que les tubes de sortie n'atteignent leur température de régime.

Deuxième préamplificateur

On utilise un tube ECC 40 dont les deux moitiés sont montées en cascade. Voici quelques remarques à ce sujet:

L'anode de la seconde triode présente une certaine capacité par rapport à la grille de la première triode; cette capacité est extrêmement faible et vaut environ 0,05 pF. Elle provoque cependant — car la tension alternative qui se manifeste à l'anode de la deuxième triode est importante — une certaine réaction vers la grille de la première triode. Sous certaines conditions, cette réaction peut engendrer des oscillations. Si l'on veille à ne pas augmenter ces capacités, au cours du câblage, il n'y aura pas de difficultés.

La tendance à l'oscillation parasite peut être éliminée par augmentation de la capacité grille-anode de la première triode. A cet effet, on peut brancher un condensateur C_4 de 4,7 pF entre ces deux électrodes.

La courbe de réponse de cet amplificateur peut être modifiée à l'aide du potentiomètre P_3 , qui forme avec C_7 un diviseur de tension pour courant alternatif de fréquence élevée (la capacité de C_7 est faible et vaut 470 pF).

Une contre-réaction prise sur l'enroulement S_3 du transformateur de sortie est amenée, à travers la résistance R_{10} , à la partie découplée de la résistance de cathode R_9 de la deuxième triode. Les commandes de volume, pour le microphone P_1 et pour le pick-up P_2 , sont incorporées dans le circuit de la première triode. Les résistances R_5 et R_6 sont branchées à la grille de la première triode. Les deux réglages sont indépendants l'un de l'autre. Les tensions alternatives fournies par le microphone et par le pick-up séparément peuvent donc être mélangées à volonté.

L'amplificateur de microphone

Comme dans tous les amplificateurs décrits précédemment, le tube amplificateur pour les tensions provenant du microphone est du type EF 40 ou EF 86. Si l'amplificateur n'est pas soumis à des chocs ou à des vibrations, il n'y a pas de précautions particulières à envisager pour empêcher la microphonie. Mais, si l'installation est mobile, le tube EF 40 (EF 86) doit être monté sur un support élastique. Pour empêcher l'induction d'un ronflement, les connexions vers la grille et vers la cathode doivent être très courtes, et il faut éviter de former des boucles magnétiques.

Toutes les connexions vers la terre doivent être réunies en un point qui se trouve le plus près possible de la fiche d'entrée du microphone. Dans le montage que nous venons de décrire, le tube EF 40 donne une amplification de 170 fois.

L'alimentation

L'alimentation comprend deux tubes GZ 34, disposés en doubleur de tension. La moitié de la haute tension disponible aux bornes de C_{15} sert à l'alimentation des grilles-écrans des tubes de sortie et, après passage à travers un filtre d'égalisation, à l'alimentation des premiers étages.

8. Un amplificateur de 100 W à 2 tubes EL 34 en push-pull, classe AB

Pour maintenir la tension entre des limites raisonnables, quelle que soit la charge de l'amplificateur fonctionnant en classe B, il est nécessaire de monter des selfs à l'entrée du filtre. Les particularités de ces selfs de filtre sont détaillées dans le tableau ci-après. Comme on emploie le montage doubleur de tension, le secondaire du transformateur d'alimentation ne comprend pas un très grand nombre de spires, et le prix de ce transformateur reste donc abordable. Cependant, les exigences du point de vue de l'isolement sont sévères, spécialement pour l'enroulement de chauffage du deuxième tube GZ 34.

Transformateur d'alimentation

Le transformateur d'alimentation de cet amplificateur est conçu pour une tension de réseau de 220 V, alternatif 50 c/s. La section du noyau est de 29 cm² (nombre de spires au primaire, moitié sensiblement pour 127 V, 50 c/s).

Enroulement	Tension	Courant	Nombre de spires	Diamètre des fils
S_4	220 V	4,4 A	393	0,9 mm cuivre émaillé
S_5	$2 \times 3,15$ V	4,4 A	2×6	1,8 „ „ „
S_6	460 V	0,5 A	822	0,5 „ „ „
S_7	5 V	1,9 A	10	1,2 „ „ „
S_8	5 V	1,9 A	10	1,2 „ „ „
S_9	50 V	20 mA	90	0,15 „ „ „

Self de filtre d'entrée : L_1

Nombre de spires	: 550
Diam. des fils	: 0,4 mm, cuivre émaillé
Noyau	: cuirassé
Epaiss. des tôles	: 0,5 mm
Dimensions	: 84 × 70 mm
Largeur du noyau	: 28 mm
Hauteur du noyau	: 28 mm (hauteur d'empilement)
Section du noyau	: 7,8 cm ²
Entrefer	: néant

Le transformateur de sortie

Toutes les remarques concernant l'amplificateur de 35 W s'appliquent aussi à ce transformateur de sortie.

Voici les détails:

Enroulement	Nombre de spires	Section totale des fils
S_1	2×1110	0,031 mm ²
S_2	Le rapport de transformation de S_1 à S_2 est $\sqrt{R_{aa}/R}$	
S_3	88	0,01 mm ²
Noyau : tôles EI Épaisseur des tôles : 0,5 mm Dimensions : 96 × 80 mm Largeur : 32 mm Hauteur du noyau : 56 mm (hauteur d'empilement) Section du noyau : 18 cm ² Entrefer : néant		

RÉSULTATS DE MESURES

Distorsion et puissance de sortie

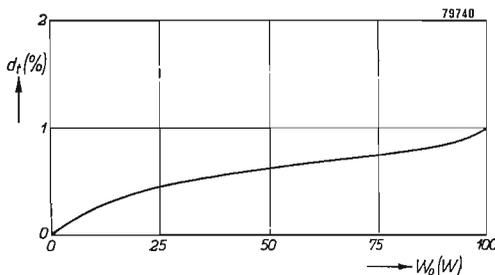


Fig. 97

Distorsion totale (d_{tot}) en fonction de la puissance de sortie (W_o) mesurée à la fréquence de 1000 c/s., au primaire du transformateur de sortie, avec une résistance de charge entre les anodes $R_{aa} = 10 \text{ k}\Omega$.

8. Un amplificateur de 100 W à 2 tubes EL 34 en push-pull, classe AB

Tensions et courants

		Sans tension alternative d'entrée	A la puissance de sortie max
Bloc d'alimentation	Tension aux bornes de C_{14}	995 V	800 V
	Tension aux bornes de C_{15}	490 V	395 V
	Tension aux bornes de C_{16}	423 V	339 V
	Tension aux bornes de C_{17}	392 V	360 V
	Tension aux bornes de C_{18}	320 V	295 V
	Tension aux bornes de C_{19}	295 V	275 V
EL 34(1) et EL 34(2)	Tension d'anode	970 V	785 V
	Courant anodique	2×20 mA	2×96 mA
	Tension de grille-écran	420 V	360 V
	Courant de grille-écran	2×2.3 mA	2×20 mA
	Tension de polarisation négative de grille	-44 V	
Résistance de charge entre les anodes	10 k Ω	10 k Ω	
ECC 40(2) première moitié	Tension d'anode	145 V	
	Tension de cathode	3,2 V	
ECC 40(1) première moitié	Tension d'anode	120 V	
	Tension de cathode	3 V	
ECC 40(1) deuxième moitié	Tension d'anode	145 V	
	Tension de cathode	3,2 V	
EF 86	Tension d'anode	110 V	
	Tension de grille-écran	140 V	
	Tension de cathode	2,9 V	

Niveau de ronflement et de bruit

Le niveau de ronflement est comparé avec la puissance de sortie maximum et mesuré au primaire du transformateur de sortie:

	Niveau de ronflement et de bruit
Contrôle de volume P_1 et P_2 au minimum	-79 db
P_1 et P_2 au max., les bornes du microphone étant court-circuitées	-66 db
P_1 et P_2 au max., les bornes du microphone étant ouvertes	-59 db

Courbes de réponse

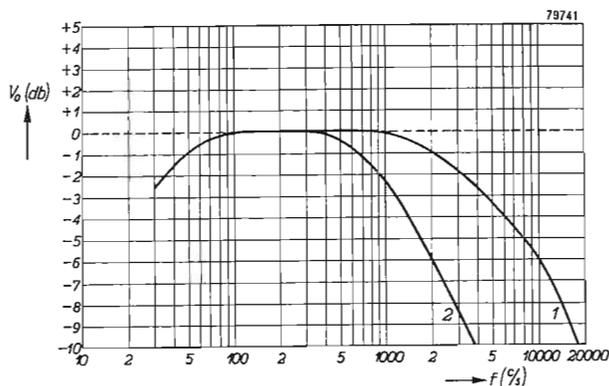


Fig. 98

Caractéristiques de fréquence de l'amplificateur. La tension alternative de sortie V_o est mesurée au transformateur de sortie avec une impédance de charge entre les anodes $R_{ca} = 10 \text{ k}\Omega$.

Courbe 1: réglage des aiguës, P_3 au minimum.

Courbe 2: réglage des aiguës, P_3 au maximum.

Sensibilité

Lorsque la sensibilité est mesurée aux grilles de commande des tubes de sortie, il faut se rappeler que la contre-réaction est alors inopérante.

Puissance de sortie mesurée au primaire du transformateur de sortie	Tension alternative d'entrée EL 34(1) et EL 34(2)	Tension alternative d'entrée V_i ECC 40 (1) première triode	Tension alternative d'entrée aux bornes de raccordement du pick-up	Tension alternative d'entrée aux bornes du microphone
100 W	28 V _{eff}	280 mV _{eff}	560 mV _{eff}	3.3 mV _{eff}
0,5 W	2 V _{eff}	20 mV _{eff}	40 mV _{eff}	0,235 mV _{eff}

8. Un amplificateur de 100 W à 2 tubes EL 34 en push-pull, classe AB

Liste des pièces

Résistances

No.	Valeur	Puissance admissible (watts)
R_1	1 M Ω	0,5
R_2	2,7 k Ω	0,5
R_3	0,47 M Ω	0,5
R_4	0,22 M Ω	0,5
R_5	0,39 M Ω	0,5
R_6	0,39 M Ω	0,5
R_7	2,2 k Ω	0,5
R_8	1,8 k Ω	0,5
R_9	180 Ω	0,5
R_{10}	330 Ω	0,5
R_{11}	1 M Ω	0,5
R_{12}	0,15 M Ω	0,5
R_{13}	0,15 M Ω	0,5
R_{14}	1 M Ω	0,5
R_{15}	1 M Ω	0,5
R_{16}	1 M Ω	0,5
R_{17}	2,2 k Ω	0,5
R_{18}	47 k Ω	0,5
R_{19}	0,68 M Ω	0,5
R_{20}	0,68 M Ω	0,5
R_{21}	0,15 M Ω	0,5
R_{22}	1 k Ω	0,5
R_{23}	1 k Ω	0,5
R_{24}	750 Ω	3
R_{25}	3,9 k Ω	1
R_{26}	27 k Ω	1
R_{27}	27 k Ω	4
R_{28}	100 Ω	4
R_{29}	100 Ω	4
R_{30}	100 Ω	4
R_{31}	100 Ω	
P_1	0,5 M Ω	
P_2	0,5 M Ω	
P_3	1 M Ω	
P_4	50 k Ω	

Condensateurs

No.	Valeur	Puissance admissible (watts)
C_1	50 μ F	12,5
C_2	0,22 μ F	
C_3	22 000 pF	
C_4	4,7 pF	
C_5	50 μ F	12,5
C_6	50 μ F	12,5
C_7	470 pF	
C_8	22 000 pF	
C_9	22 000 pF	
C_{10}	50 μ F	12,5
C_{11}	12,5 μ F	100
C_{12}	22 000 pF	
C_{13}	22 000 pF	
C_{14}	50 μ F	500
C_{15}	50 μ F	500
C_{16}	50 μ F	500
C_{17}	32 μ F	450
C_{18}	16 μ F	450
C_{19}	16 μ F	450

Transformateurs

T_1 : voir texte

T_2 : voir texte

L_1 : voir texte

$L_2 = 8$ H (100 mA) 280 Ω

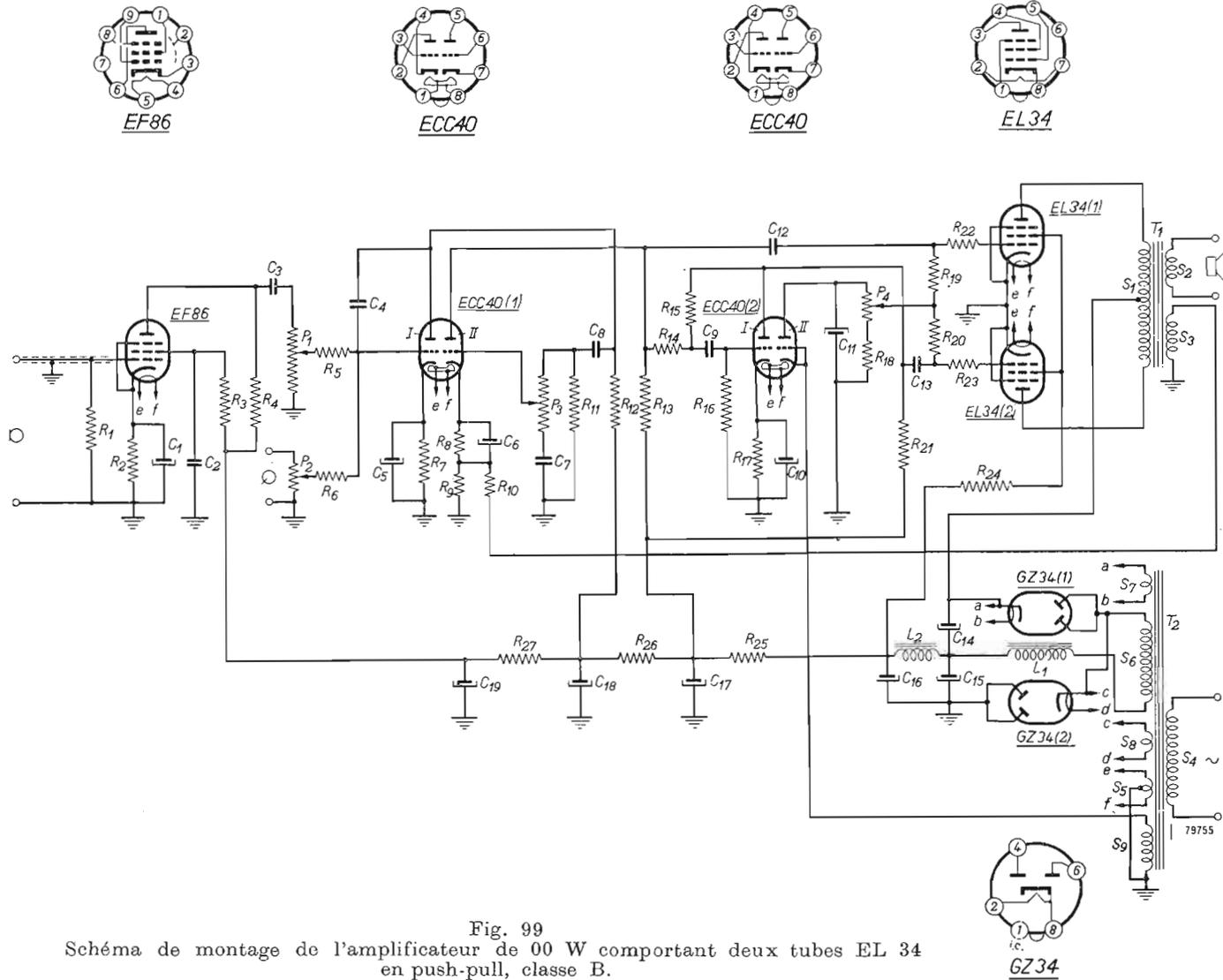
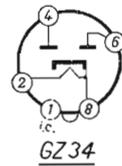
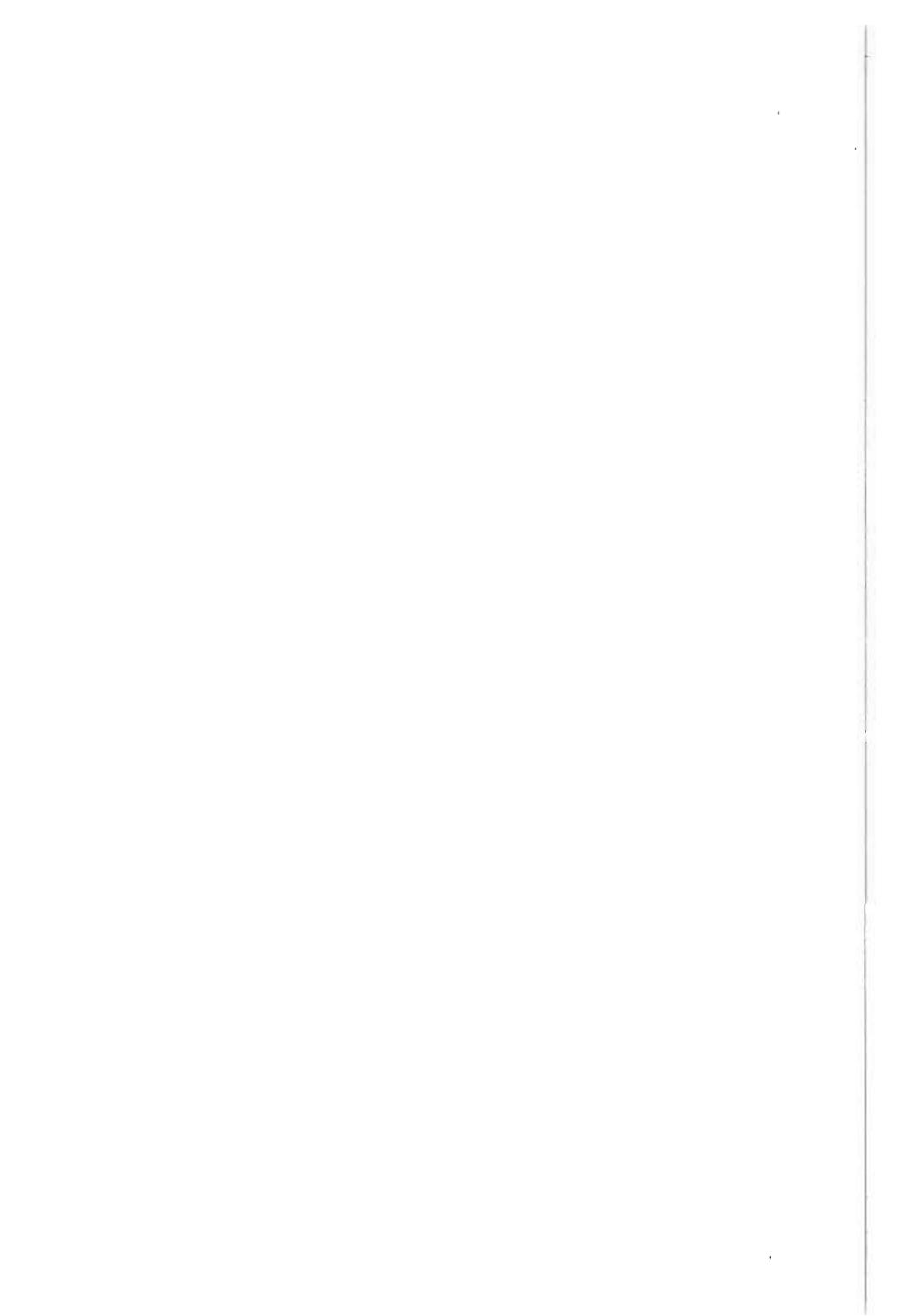


Fig. 99
Schéma de montage de l'amplificateur de 0.0 W comportant deux tubes EL 34 en push-pull, classe B.





APPENDICE

Type	Filament	Utilisation	Tensions et résistances	Courants (mA)	Caractéristiques d'utilisation	Connexions de l'embase (support)
CF 50 pentode B.F. à faible niveau de bruit	$V_f = 30 \text{ V}$ $I_f = 0,2 \text{ A}$	caractéristiques nominales	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 100 \text{ V}$ $V_{g1} = -2 \text{ V}$	$I_a = 1,5$ $I_{g2} = 0,3$	$S = 3,3 \text{ mA/V}$ $R_i = 2,5 \text{ M}\Omega$ $\mu_{g2g1} = 45$	
		amplificateur microphonique	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,3 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 0,9 \text{ M}\Omega$ $R_k = 2 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,7$ $I_{g2} = 0,18$	$V_o/V_i = 315$ $V_o = 3 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 1 \%$	
			$V_b = 450 \text{ V}$ $R_a = 0,3 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 1 \text{ M}\Omega$ $V_{g1} = -2 \text{ V}$ $V_{g1} = -10 \text{ V}$ $V_{g1} = -12 \text{ V}$	$I_a = 1,3$ $I_a = 0,22$ $I_a = 0,04$	$V_o/V_i = 395$ $V_o/V_i = 95$ $= 7$	
EAF 42 diode- pentode à pente réglable	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,3 \text{ A}$	amplificateur B.F.	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,22 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 0,82 \text{ M}\Omega$ $R_k = 1,5 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,80$ $I_{g2} = 0,26$	$V_o/V_i = 120$ $V_o = 8 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 1,2 \%$	
EF 37 pentode B.F. à faible niveau de bruit	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,2 \text{ A}$	caractéristiques nominales	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 100 \text{ V}$ $V_{g1} = -2 \text{ V}$	$I_a = 3$ $I_{g2} = 0,8$	$S = 1,8 \text{ mA/V}$ $R_i = 2,5 \text{ M}\Omega$ $C_{ag1} = 0,02 \text{ pF}$	
		amplificateur microphonique	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,2 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 0,4 \text{ M}\Omega$ $R_k = 3 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,9$ $I_{g2} = 0,35$	$V_o/V_i = 140$ $V_o = 8,5 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 1,3 \%$	
EF 40 pentode B.F. à faible niveau de bruit	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,2 \text{ A}$	caractéristiques nominales	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 140 \text{ V}$ $V_{g1} = -2 \text{ V}$	$I_a = 3$ $I_{g2} = 0,55$	$S = 1,85 \text{ mA/V}$ $R_i = 2,5 \text{ M}\Omega$ $C_{ag1} = 0,04 \text{ pF}$	
		amplificateur microphonique	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,22 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 1,0 \text{ M}\Omega$ $R_k = 1,5 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,9$ $I_{g2} = 0,2$	$V_o/V_i = 180$ $V_o = 12 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 1,0 \%$	
EF 86 pentode B.F. à faible niveau de bruit	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,2 \text{ A}$	caractéristiques nominales	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 140 \text{ V}$ $V_{g1} = -2 \text{ V}$	$I_a = 3,0$ $I_{g2} = 0,55$	$S = 1,85 \text{ mA/V}$ $R_i = 2,5 \text{ M}\Omega$ $C_{ag1} = 0,025 \text{ pF}$	
		amplificateur microphonique	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,22 \text{ M}\Omega$ $R_{g2} = 1,0 \text{ M}\Omega$ $R_k = 2,2 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,95$	$V_o/V_i = 180$ $V_o = 12 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 1,0 \%$	
ECC 33 double triode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,4 \text{ A}$	caractéristiques nominales	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_g = -4 \text{ V}$	$I_a = 9$	$S = 3,6 \text{ mA/V}$ $R_i = 9,7 \text{ k}\Omega$ $\mu = 35$	
		amplificateur B.F. (par triode)	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_a = 0,1 \text{ M}\Omega$ $R_k = 2,2 \text{ k}\Omega$	$I_a = 1,3$	$V_o/V_i = 27$ $V_o = 43 \text{ V}_{eff}$ $d_{tot} = 5,4 \%$	

Type	Filament	Utilisation	Tensions et résistances	Courants (mA)	Caractéristiques d'utilisation	Connexions de l'embase (support)
ECC 35 double triode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,4 \text{ A}$	caractéristiques nominales (par triode)	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_g = -2,5 \text{ V}$	$I_a = 2,3$	$S = 2 \text{ mA/V}$ $R_i = 34 \text{ k}\Omega$ $\mu = 68$	
		amplificateur B.F. (par triode)	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_{aA} = 0,22 \text{ M}\Omega$ $R_k = 4,7 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,45$	$V_o/V_i = 15$ $V_o = 27 \text{ V}_{\text{eff}}$ $d_{\text{tot}} = 5\%$	
ECC 40 double triode	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,6 \text{ A}$	caractéristiques nominales (par triode)	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_g = -5,2 \text{ V}$	$I_a = 6$	$S = 2,7 \text{ mA/V}$ $R_i = 11 \text{ k}\Omega$ $\mu = 30$	
		amplificateur B.F. (partie triode)	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_{aA} = 0,1 \text{ M}\Omega$ $R_k = 2 \text{ k}\Omega$	$I_a = 1,5$	$V_o/V_i = 26$ $V_o = 30 \text{ V}_{\text{eff}}$ $d_{\text{tot}} = 1,9\%$	
ECC 82 double triode	$V_f = 12,6 \text{ V}$ $I_f = 0,15 \text{ A}$ $V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,3 \text{ A}$	caractéristiques nominales	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_g = -8,5 \text{ V}$	$I_a = 10,5$	$S = 2,2 \text{ mA/V}$ $\mu = 17$ $R_i = 7,7 \text{ k}\Omega$	
		amplificateur B.F. (par triode)	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_{aA} = 0,22 \text{ M}\Omega$ $R_k = 3,9 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,82$	$V_o/V_i = 14,5$ $V_o = 28 \text{ V}_{\text{eff}}$ $d_{\text{tot}} = 4,8\%$	
			$V_b = 400 \text{ V}$ $R_{aA} = 47 \text{ k}\Omega$ $R_k = 1,2 \text{ k}\Omega$	$I_a = 5,0$	$V_o/V_i = 13,5$ $V_o = 59 \text{ V}_{\text{eff}}$ $d_{\text{tot}} = 6,7\%$	
ECC 83 double triode	$V_f = 12,6 \text{ V}$ $I_f = 0,15 \text{ A}$ $V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,3 \text{ A}$	caractéristiques nominales	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_g = -2 \text{ V}$	$I_a = 1,2$	$S = 1,6 \text{ mA/V}$ $\mu = 100$ $R_i = 62,5 \text{ k}\Omega$	
		amplificateur P.P.	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_{aA} = 0,22 \text{ M}\Omega$ $R_k = 2,7 \text{ k}\Omega$	$I_a = 0,48$	$V_o/V_i = 66$ $V_o = 28 \text{ V}_{\text{eff}}$ $d_{\text{tot}} = 3,4\%$	
ECH 21 triode-heptode	$V_f = 6,3 \text{ A}$ $I_f = 0,33 \text{ A}$	inverseur de phase	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_{aH} = 0,2 \text{ M}\Omega$ $R_{g2+g4} = 0,25 \text{ M}\Omega$ $R_k = 650 \Omega$ $R_{aT} = 0,1 \text{ M}\Omega$ $V_g = 0 \text{ V}$	$I_{aH+I_{aT}} = 2,50$ $I_{g2+g4} = 0,75$	$V_o/V_i = 100$ $V_o = 10 \text{ V}_{\text{eff}}$ $d_{\text{tot}} = 0,8\%$	
		amplificateur B.F. (partie triode)	$V_b = 250 \text{ V}$ $R_{aA} = 0,2 \text{ M}\Omega$ $V_g = -2 \text{ V}$	$I_a = 1,0$	$V_o/V_i = 13$ $V_o = 7,5 \text{ V}_{\text{eff}}$ $d_{\text{tot}} = 2,5\%$	

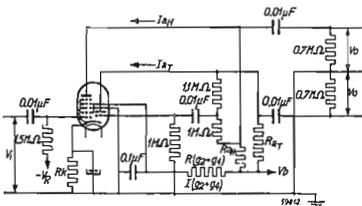


Fig. 100
Le tube ECH 21 en inverseur de phase.

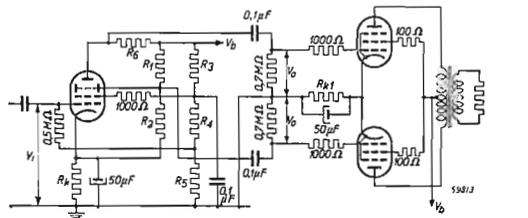


Fig. 101
Le tube EEP 1 en inverseur de phase.

Type	Filament	Utilisation	Tensions et résistances	Courants (mA)	Caractéristiques d'utilisation	Connexions de l'embase (support)
ECL 80 triode penthode	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,3$ A	amplificateur de puissance, classe A (partie penthode)	$V_a = 200$ V $V_{g2} = 200$ V $V_{g1} = -7,7$ V	$I_a = 17,5$ $I_{g2} = 3,3$	$S = 3,4$ mA/V $R_i = 0,15$ MΩ $R_a = 11$ kΩ $W_o = 1,4$ W $d_{tot} = 10$ % $V_i = 4,1$ V _{eff} $W_a = 3,5$ W	
		amplificateur B.F. (partie triode)	$V_b = 200$ V $R_a = 0,25$ MΩ $V_g = -4,2$ V	$I_a = 0,55$	$V_o/V_i = 11,5$ $V_o = 24$ V _{eff} $d_{tot} = 5$ %	
EEP 1 tétrade à émission secondaire	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,6$ A	caractéristiques nominales	$V_a = 250$ V $V_{g2} = 150$ V $V_{k2} = 150$ V $V_{g1} = -2,5$ V	$I_a = 8$ $I_{g2} = 0,46$ $I_{k2} = -6,5$	$S = 17$ mA/V $R_i = 50$ kΩ $\mu_{g2o1} = 65$	
		inverseur de phase	$V_b = 400$ V $R_{k2} = 9,6$ kΩ $R_1 = 0,208$ MΩ $R_2 = 29$ kΩ $R_3 = 85$ kΩ $R_4 = 30$ kΩ $R_5 = 9$ kΩ $R_6 = 26$ kΩ		$V_o/V_i = 294$ $V_o = 10$ V _{eff} $d_{tot} = 1,4$ %	
EL 34 penthode de puissance	$V_f = 6,3$ V $I_f = 1,5$ A	amplificateur de puissance, classe A	$V_a = 250$ V $V_{g2} = 250$ V $R_k = 107$ Ω	$I_a = 100$ $I_{g2} = 14$	$S = 11$ mA/V $R_i = 15$ kΩ $R_a = 2$ kΩ $W_o = 12$ W $d_{tot} = 10$ % $V_i = 9,3$ V _{eff} $W_a = 25$ W	
		amplificateur push-pull, classe AB	$V_b = 375$ V $R_{g2} = 470$ Ω $R_k = 130$ Ω	$I_a \text{ min} = 2 \times 75$ $I_a \text{ max} = 2 \times 95$ $I_{g2 \text{ min}} = 2 \times 11,5$ $I_{g2 \text{ max}} = 2 \times 7,5$	$R_{aa} = 3,4$ kΩ $W_o = 35$ W $d_{tot} = 5$ % $V_i = 21$ V _{eff}	
		amplificateur push-pull, classe B	$V_b = 425$ V $R_{g2} = 1$ kΩ $V_{g1} = 38$ V	$I_a \text{ min} = 2 \times 30$ $I_a \text{ max} = 2 \times 120$ $I_{g2 \text{ min}} = 2 \times 4,4$ $I_{g2 \text{ max}} = 2 \times 25$	$R_{aa} = 4$ kΩ $W_o = 55$ W $d_{tot} = 5$ % $V_i = 27$ V _{eff}	
			$V_{ba} = 800$ V $V_{bg2} = 400$ V $R_{g2} = 750$ Ω $V_{g1} = 39$ V	$I_a \text{ min} = 2 \times 25$ $I_a \text{ max} = 2 \times 91$ $I_{g2 \text{ min}} = 2 \times 3$ $I_{g2 \text{ max}} = 2 \times 19$	$R_{aa} = 11$ kΩ $W_o = 100$ W $d_{tot} = 5$ % $V_i = 23,4$ V _{eff}	
EL 37 penthode de puissance	$V_f = 6,3$ V $I_f = 1,4$ A	amplificateur de sortie, classe A	$V_a = 250$ V $V_{g2} = 250$ V $R_k = 120$ Ω	$I_a = 100$ $I_{g2} = 13,5$	$S = 11$ mA/V $R_i = 13,5$ kΩ $R_a = 2,5$ kΩ $W_o = 10,5$ W $d_{tot} = 10$ % $V_i = 10,6$ V _{eff} $W_a = 25$ W	
		amplificateur push-pull, classe AB	$V_a = 325$ V $V_{g2} = 325$ V $R_k = 130$ Ω	$I_a \text{ min} = 2 \times 77$ $I_a \text{ max} = 2 \times 90$ $I_{g2 \text{ min}} = 2 \times 8,8$ $I_{g2 \text{ max}} = 2 \times 30$	$R_{aa} = 4$ kΩ $W_o = 35$ W $d_{tot} = 4,4$ % $V_i = 21,5$ V _{eff}	
		amplificateur push-pull, classe B	$V_a = 400$ V $V_{g2} = 400$ V $V_{g1} = -36$ V	$I_a \text{ min} = 2 \times 50$ $I_a \text{ max} = 2 \times 138$ $I_{g2 \text{ min}} = 2 \times 6$ $I_{g2 \text{ max}} = 2 \times 36$	$R_{aa} = 3,25$ kΩ $W_o = 69$ W $d_{tot} = 2,5$ % $V_i = 24,5$ V _{eff}	

Type	Filament	Utilisation	Tensions et résistances	Courants (mA)	Caractéristiques d'utilisation	Connexions de l'embase (support)
EL 41 penthode de puissance	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,71$ A	amplificateur de sortie, classe A	$V_a = 250$ V $V_{g2} = 250$ V $R_k = 170$ Ω	$I_a = 36$ $I_{g2} = 5,2$	$S = 10$ mA/V $R_i = 40$ kΩ $R_a = 7$ kΩ $W_o = 3,9$ W $d_{tot} = 10$ ° $V_i = 3,8$ V _{eff} $V_a = 9$ W	
		amplificateur push-pull, classe AB	$V_a = 250$ V $V_{g2} = 250$ V $R_k = 85$ Ω	I_a min = 2×36 I_a max = $2 \times 39,5$ I_{g2} min = $2 \times 5,2$ I_{g2} max = 2×8	$R_{aa} = 7$ kΩ $W_o = 9,4$ W $d_{tot} = 4,6$ ° $V_i = 5,6$ V _{eff}	
EL 50 penthode de puissance	$V_f = 6,3$ V $I_f = 1,35$ A	caractéristiques nominales	$V_a = 800$ V $V_{g2} = 400$ V $V_{g1} = -37$ V	$I_a = 22,5$ $I_{g2} = 2,5$	$S = 40$ mA/V $R_i = 50$ kΩ $W_a = 18$ W	
		amplificateur push-pull, classe B	$V_a = 800$ V $V_{g2} = 400$ V $R_k = 500$ Ω $V_{g1} = -40$ V	I_a min = 2×15 I_a max = 2×70 I_{g2} min = 2×1 I_{g2} max = 2×24	$R_{aa} = 18$ kΩ $W_o = 80$ W $d_{tot} = 10$ ° $V_i = 28$ V _{eff}	
EL 51 penthode de puissance	$V_f = 6,3$ V $I_f = 1,9$ A	caractéristiques nominales	$V_a = 750$ V $V_{g2} = 750$ V $V_{g1} = -37,5$ V	$I_a = 60$ $I_{g2} = 10$	$S = 8$ mA/V $R_i = 50$ kΩ $W_o = 45$ W	
		amplificateur push-pull, classe AB	$V_a = 500$ V $V_{g2} = 500$ V $R_k = 100$ Ω	I_a min = 2×87 I_a max = 2×110 I_{g2} min = 2×13 I_{g2} max = 2×23	$R_{aa} = 4,8$ kΩ $W_o = 67,5$ W $d_{tot} = 5$ ° $V_i = 19$ V _{eff}	
		amplificateur push-pull, classe B	$V_a = 750$ V $V_{g2} = 750$ Ω $V_{g1} = -40$ V	I_a min = 2×40 I_a max = 2×145 I_{g2} min = $2 \times 7,5$ I_{g2} max = 2×30	$R_{aa} = 6$ kΩ $W_o = 140$ W $d_{tot} = 5$ ° $V_i = 28,5$ V _{eff}	
EL 84 penthode de puissance	$V_f = 6,3$ V $I_f = 0,76$ A	amplificateur de sortie, classe A	$V_a = 250$ V $V_{g2} = 250$ V $V_{g1} = -7,3$ V $R_k = 135$ Ω	$I_a = 48,0$ $I_{g2} = 5,5$	$S = 11,3$ mA/V $R_i = 38$ kΩ $W_o = 6,7$ W $W_a = 12$ W $R_a = 5,2$ kΩ	
		amplificateur push-pull, classe AB	$V_a = 300$ V $V_{g2} = 300$ V $R_k = 130$ Ω	I_a min = 2×36 I_{g2} min = 2×4 I_a max = 2×46 I_{g2} max = 2×11	$R_{aa} = 8$ kΩ $W_o = 17$ W	
		amplificateur push-pull, classe B	$V_a = 300$ V $V_{g2} = 300$ V $V_{g1} = -14,7$ V	I_a min = $2 \times 7,5$ I_{g2} min = $2 \times 0,8$ I_a max = 2×46 I_{g2} max = 2×11	$R_{aa} = 8$ kΩ $W_o = 17$ W	
PL 81 penthode de sortie de lignes	$V_f = 21,5$ V $I_f = 0,3$ A	caractéristiques nominales	$V_a = 180$ V $V_{g2} = 180$ V $V_{g1} = -23$ V	$I_a = 45$ $I_{g2} = 3$	$S = 6,5$ mA/V $\mu_{g2g1} = 6,5$ $W_a = 8$ W	
		amplificateur push-pull, classe B	$V_a = 180$ V $V_{g2} = 180$ V $R_k = 100$ Ω $V_{g1} = -30$ V	I_a min = 2×9 I_a max = 2×60 I_{g2} min = $2 \times 0,7$ I_{g2} max = 2×21	$R_{aa} = 2,8$ kΩ $W_o = 11,5$ W $d_{tot} = 10$ ° $V_i = 21$ V _{eff}	

Type	Filament	Utilisation	Tensions et résistances	Courants (mA)	Caractéristiques d'utilisation	Connexions de l'embase (support)
QB 3,300	$V_f = 5 \text{ V}$ $I_f = 6,5 \text{ A}$	amplificateur push-pull, classe B (sans courant de grille)	$V_a = 2500 \text{ V}$ $V_{g2} = 600 \text{ V}$ $V_{g1} = -96 \text{ V}$	$I_a \text{ min} = 2 \times 30$ $I_a \text{ max} = 2 \times 116$ $I_{g2} \text{ min} = 0$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 8$	$R_{aa} = 20,3 \text{ k}\Omega$ $W_o = 330 \text{ W}$ $V_i = 68 \text{ V}_{\text{eff}}$ $W_a = 2 \times 125 \text{ W}$	
		amplificateur push-pull, classe B (avec courant de grille)	$V_a = 2500 \text{ V}$ $V_{g2} = 750 \text{ V}$ $V_{g1} = -43 \text{ V}$	$I_a \text{ min} = 2 \times 50$ $I_a \text{ max} = 2 \times 130$ $I_{g2} \text{ min} = 2 \times 1$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 8$ $I_{g1} \text{ min} = 0$ $I_{g1} \text{ max} = 2 \times 12$	$R_{aa} = 22,2 \text{ k}\Omega$ $W_o = 400 \text{ W}$ $V_i = 67 \text{ V}_{\text{eff}}$ $W_{igt} = 2 \times 1,2 \text{ W}$ $W_a = 2 \times 125 \text{ W}$	
QQC 04/15	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,68 \text{ A}$	amplificateur push-pull, classe B (deux tétrodes)	$V_a = 400 \text{ V}$ $V_{g2} = 200 \text{ V}$ $V_{g1} = -24 \text{ V}$	$I_a \text{ min} = 2 \times 4$ $I_a \text{ max} = 2 \times 27$ $I_{g2} \text{ min} = 7,5$ $I_{g2} \text{ max} = 21$ $I_{g1} \text{ min} = 0$ $I_{g1} \text{ max} = 2 \times 1,2$	$R_{aa} = 16640 \Omega$ $W_o = 16 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 5 \text{ }^\circ$ $V_i = 26,2 \text{ V}_{\text{eff}}$ $W_{igt} = 2 \times 0,04 \text{ W}$ $W_a = 2 \times 6 \text{ W}$	
4654 4654 K	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 1,35 \text{ A}$	amplificateur de puissance, classe A	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 275 \text{ V}$ $R = 175 \Omega$	$I_a = 72$ $I_{g2} = 8$	$S = 8,5 \text{ mA/V}$ $R_i = 22 \text{ k}\Omega$ $R_a = 3,5 \text{ k}\Omega$ $W_o = 8,6 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 10 \text{ }^\circ$ $V_i = 10 \text{ V}_{\text{eff}}$ $W_a = 18 \text{ W}$	
		amplificateur push-pull, classe AB	$V_b = 375 \text{ V}$ $R_{g2} = 500 \Omega$ $R_k = 195 \Omega$	$I_a \text{ min} = 2 \times 13$ $I_a \text{ max} = 2 \times 67$ $I_{g2} \text{ min} = 2 \times 6,5$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 16$	$R_{aa} = 5 \text{ k}\Omega$ $W_o = 26 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 3,5 \text{ }^\circ$ $V_i = 22,5 \text{ V}_{\text{eff}}$	
4699	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 1,5 \text{ A}$	amplificateur de sortie, classe A	$V_a = 250 \text{ V}$ $V_{g2} = 250 \text{ V}$ $R_k = 90 \Omega$	$I_a = 72$ $I_{g2} = 8$	$S = 14,5 \text{ mA/V}$ $R_i = 20 \text{ k}\Omega$ $R_a = 3,5 \text{ k}\Omega$ $W_o = 8 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 10 \text{ }^\circ$ $V_i = 5,3 \text{ V}_{\text{eff}}$ $W_a = 18 \text{ W}$	
		amplificateur push-pull, classe AB	$V_b = 375 \text{ V}$ $R_{g2} = 700 \Omega$ $R_b = 125 \Omega$	$I_a \text{ min} = 2 \times 52$ $I_a \text{ max} = 2 \times 64$ $I_{g2} \text{ min} = 2 \times 6,5$ $I_{g2} \text{ max} = 2 \times 17$	$R_{aa} = 6 \text{ k}\Omega$ $W_o = 27,5 \text{ W}$ $d_{\text{tot}} = 4 \text{ }^\circ$ $V_i = 14 \text{ V}_{\text{eff}}$	
AX 50	$V_f = 4 \text{ V}$ $I_f = 3,75 \text{ A}$	redresseur (entrée capacitive)	$V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{\text{eff}}$ $V_{arc} = \text{max } 15 \text{ V}$	$I_o = \text{max } 275$	$C_{\text{filt}} = \text{max } 64 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 2 \times 200 \Omega$ $C_{\text{filt}} = \text{max } 32 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 2 \times 150 \Omega$ $C_{\text{filt}} = \text{max } 16 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 2 \times 100 \Omega$	
		redresseur bipolaire (entrée selfique)	$V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{\text{eff}}$	$I_o = \text{max } 275$	$C_{\text{filt}} = 16 \mu\text{F}$ $L_{\text{filt}} = 12 \text{ H}$ $R_t = \text{min } 2 \times 150 \Omega$	
AZ 41	$V_f = 4 \text{ V}$ $I_f = 0,72 \text{ A}$	redresseur	$V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{\text{eff}}$ $V_{tr} = 2 \times 400 \text{ V}_{\text{eff}}$ $V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{\text{eff}}$	$I_o = \text{max } 60$ $I_o = \text{max } 60$ $I_o = \text{max } 70$	$R_t = \text{min } 2 \times 200 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 150 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 100 \Omega$ $C_{\text{filt}} = \text{max } 50 \mu\text{F}$	

Type	Filament	Utilisation	Tensions et résistances	Courants (mA)	Caractéristiques d'utilisation	Connexions de l'embase (support)
AZ 50 redresseur biplaque	$V_f = 4 \text{ V}$ $I_f = 3 \text{ A}$	redresseur	$V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 400 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max } 250$ $I_o = \text{max } 275$ $I_o = \text{max } 300$	$C_{filt} = \text{max } 64 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 2 \times 200 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 32 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 2 \times 150 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 16 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 2 \times 100 \Omega$	
DGG 1/250 redresseur monoplaque à remplissage gazeux	$V_f = 4 \text{ V}$ $I_f = 2,5 \text{ A}$	redresseur (entrée selfique)	$V_{tr} = 2 \times 1060 \text{ V}_{eff}$ $V_{arc} = 12 \text{ V}$	$I_o = \text{max } 500$		
DGG 4/1000 G, redresseur monoplaque à remplissage gazeux	$V_f = 2,5 \text{ V}$ $I_f = 4,8 \text{ A}$	redresseur (entrée selfique)	$V_{tr} = 2 \times 3500 \text{ V}_{eff}$ $V_{arc} = 16 \text{ V}$	$I_o = \text{max } 500$		
EZ 40 redresseur biplaque	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,6 \text{ A}$	redresseur	$V_{tr} = 2 \times 350 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 275 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 250 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max } 90$	$R_t = \text{min } 2 \times 300 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 215 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 175 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 125 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 50 \mu\text{F}$	
EZ 80 redresseur biplaque	$V_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 0,6 \text{ A}$	redresseur	$V_{tr} = 2 \times 250 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 275 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 350 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max } 90$ $I_o = \text{max } 90$ $I_o = \text{max } 90$ $I_o = \text{max } 90$	$R_t = \text{min } 2 \times 125 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 175 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 215 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 300 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 50 \mu\text{F}$	
GZ 32 redresseur biplaque	$V_f = 5 \text{ V}$ $I_f = 2 \text{ A}$	redresseur (entrée capacitive) redresseur (entrée selfique)	$V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 350 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 400 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max } 125$ $I_o = \text{max } 250$ $I_o = \text{max } 300$ $I_o = \text{max } 250$ $I_o = \text{max } 300$	$C_{filt} = \text{max } 60 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 2 \times 150 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 32 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 2 \times 100 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 16 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 2 \times 50 \Omega$	
GZ 34 redresseur biplaque	$V_f = 5 \text{ V}$ $I_f = 1,9 \text{ A}$	redresseur	$V_{tr} = 2 \times 300 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 400 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 500 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 2 \times 550 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max } 250$ $I_o = \text{max } 250$ $I_o = \text{max } 200$ $I_o = \text{max } 160$	$R_t = \text{min } 2 \times 50 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 100 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 150 \Omega$ $R_t = \text{min } 2 \times 175 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 60 \mu\text{F}$	
PY 80 redresseur monoplaque	$V_f = 19 \text{ V}$ $I_f = 0,3 \text{ A}$	redresseur	$V_{tr} = 240 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 240 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 220 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 220 \text{ V}_{eff}$ $V_{tr} = 227 \text{ V}_{eff}$	$I_o = \text{max } 180$ $I_o = \text{max } 180$ $I_o = \text{max } 180$ $I_o = \text{max } 180$ $I_o = \text{max } 180$	$C_{filt} = \text{max } 100 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 50 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 50 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 40 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 100 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 40 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 50 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 30 \Omega$ $C_{filt} = \text{max } 100 \mu\text{F}$ $R_t = \text{min } 0 \Omega$	

1) Résistance de grille écran commune.

Haut-parleurs

Les haut-parleurs PHILIPS sont pourvus d'aimants permanents de haute qualité en acier magnétique "Ticonal". Parmi les aciers magnétiques modernes, le "Ticonal" est le plus puissant. Il permet d'obtenir, dans l'entrefer, un flux très dense.

Les dimensions de ces aimants sont très petites. Leur poids est réduit. Les cônes des haut-parleurs PHILIPS ont fait l'objet d'études très poussées. Leurs courbes de réponse sont très uniformes. L'absence de pointes contribue largement à l'obtention d'une reproduction fidèle.

Le centrage extérieur à l'aide d'un anneau en textile de haute qualité et tissé symétriquement est appliqué dans tous les types de haut-parleurs dont la spécification suit. Ce genre de centrage autorise le libre mouvement du cône dans le sens axial.

La fréquence de résonance de tous ces types de haut-parleurs est telle que, montés dans des ébénisteries appropriées, les basses sont reproduites de façon optimum.

Numéro de type	Puissance en watts	Densité du flux (Gauss)	Flux magnétique total (Maxwell)	Rendement à 400 p.p.s.	Fréquence de résonance p.p.s.	Ouverture dans le baffle	Dimensions en mm		Poids en g
							Diam.	Prof.	
9742 ¹⁾	3	9000	16 000	1,7	130	112	123	58	270
9744 ¹⁾	3	9000	16 000	2,0	85	151	161	68	320
9746 ¹⁾	6	9000	16 000	3,0	80	190	203	775	340
9758 05 ^{2, 3)}	10	8000	97 000	6,0	50	242	260	125	1800
9760 05 ^{2, 3)}	20	8000	97 000	7,0	45	300	320	147	1900
9762 05 ^{2, 3)}	2	11 000	133 000	14	45	300	320	172	3400
9766 ^{1, 2)}	3	11 000		4,0	130	114	132	71	520
9768 ^{1, 2)}	3	11 000	26 200	6,0	85	151	169	81	540
9770 ^{1, 2)}	6	11 000	26 200	6,0	80	190	214	90	600
9710 ³⁾	10	8000	97 000	4,5	45	195	216	114	1800
9750 05	6	13 000	63 000	10	60	195	216	122	1100

- 1) Type fondamental; également livrable avec d'autres courbes de réponse, pour d'autres applications.
 2) Egalement, double cône pour audition d'un large spectre de fréquences (FM et disques Haute Fidélité). Suffixe M.
 3) 9758 M, 9760 M, 9762 M et 9710 M sont des types à haute fidélité.

L'impédance de la bobine mobile à 1000 p.p.s. pour les types à haute fidélité est 7Ω , pour les autres types 5Ω .

CONDENSATEURS ÉLECTROLYTIQUES

Les condensateurs électrolytiques PHILIPS énumérés ci-après peuvent être utilisés dans la construction des amplificateurs que nous venons de décrire.

Condensateurs électrolytiques de basse tension

Ces condensateurs se présentent sous la forme d'un boîtier en aluminium, hermétiquement fermé. La borne positive de ce condensateur sort d'un côté, la borne négative est reliée au boîtier.

Données techniques

Température maximum: 70°C (pendant de courtes périodes, la température peut dépasser cette limite de 5°C).

Température minimum: -40°C .

Tropicalisé.

Tension maximum entre le boîtier et la terre (pour les types isolés uniquement): 500 V.

Longueur des fils de connexion (série AC 5550 seulement): 47 mm. Diamètre des fils de connexion (série AC 5550 seulement): 0,8 mm.

Types avec cosses à souder

Capacité en μF	Tension de service max. en V	Non isolés	Isolés	$T_{g\delta}$ (20°C)	Courant d'ondulation max. à 100 p.p.s. (en mA)	Courant continu de fuite, après 5 min. (μA)	Dimensions en mm *)	
		Numéros de type	Numéros de type				Diam.	Longueur
25	12,5	AC 5540/25	AC 5545/25	01,5	62	50	12,5	34
50	12,5	AC 5540/50	AC 5545/50	01,5	125	62	15	34
100	12,5	AC 5540/100	AC 5545/100	01,5	250	75	15	42
250	12,5	AC 5540/250	AC 5545/250	01,5	625	100	21	42
25	25	AC 5541/25	AC 5546/25	0,1	125	62	15	34
50	25	AC 5541/50	AC 5546/50	0,1	250	75	15	42
100	25	AC 5541/100	AC 5545/100	0,1	500	100	21	42
25	50	AC 5542/25	AC 5547/25	0,1	250	75	15	42
50	50	AC 5542/50	AC 5547/50	0,1	500	100	21	42

*) Pour les types isolés: + 1 mm

Note:

Les numéros de type des condensateurs avec connexions par fils peuvent être trouvés en ajoutant 10 aux numéros de types des condensateurs correspondants pourvus de cosses à souder: p. ex. AC 5546/50 devient AC 5556/50.

Condensateurs électrolytiques pour haute tension

Les condensateurs électrolytiques PHILIPS pour haute tension se présentent sous la forme d'un boîtier en aluminium qui constitue le pôle négatif du condensateur.

Le montage s'effectue à l'aide de languettes à souder. Pour les plus petits types, pour lesquels le montage à l'aide de languettes ne serait pas pratique, on fait usage d'étriers. Le montage peut aussi être réalisé sous une gaine isolante. Les capacités sont simples ou doubles. Dans le dernier cas, le pôle négatif des deux capacités est commun et relié au boîtier.

Données techniques

Capacité (μF)	Tension de service	Tension de crête	Courant d'ondulation maximum mA		Courant continu de fuite μA	Dimensions		Type de boîtier	Numéros de types
						diam.	hauteur		
8	300	335	70		150	15	33	I	AC 5107/8
	350	400	70		150	18	33	I	AC 5108/8
	400	450	70		150	18	33	I	AC 5109/8
	450	500	70		150	18	33	I	AC 5110/8
	500	550	70		150	18	50	I	AC 5111/8
8+8	300	335	70 ¹⁾	106 ²⁾	150	18	50	II	AC 5207/8+8
	350	400	70	106	150	18	50	II	AC 5208/8+8
	450	500	70	106	150	21	50	II	AC 5210/8+8
	500	550	70	106	150	21	50	II	AC 5211/8+8
16	300	335	100		200	18	50	I	AC 5107/16
	350	400	100		200	18	50	I	AC 5108/16
	400	450	100		200	18	50	I	AC 5109/16
	450	500	100		200	21	50	I	AC 5110/16
	500	550	100		200	21	50	I	AC 5111/16
16+16	300	335	100 ¹⁾	160 ²⁾	200	21	50	II	AC 5207/16+16
	350	400	100	160	200	25	50	III	AC 5308/16+16
25	350	400	140		250	21	50	I	AC 5108/25
25+25	350	400	160 ¹⁾	250 ²⁾	250	25	50	III	AC 5308/25+25
32	350	400	180		400	25	50	III	AC 5308/32
32+32	300	335	180 ¹⁾	300 ²⁾	400	25	50	III	AC 5307/32+32
	350	400	180	300	400	25	80	III	AC 5308/32+32
	450	500	180	300	400	30	80	IV	AC 5410/32+32
50	350	400	250		600	25	50	III	AC 5308/50
	450	500	250		600	25	80	III	AC 5310/50
50+50	350	400	250 ¹⁾	400 ²⁾	600	30	80	IV	AC 5408/50+50

1) A travers un condensateur 2) A travers les deux condensateurs

Remarques

- 1) A 70 °C le courant continu de fuite atteint approximativement deux fois la valeur à 20 °C.
- 2) Le montage des types I et II se fait à l'aide d'un étrier; celui des types III et 4 à l'aide de languettes.
- 3) La tension de fonctionnement vaut au maximum la tension continue augmentée de la valeur de crête de la tension d'ondulation.
Fonctionnant en régime continu, dans les conditions les moins favorables en ce qui concerne la tension du réseau, les tolérances de fabrication des transformateurs, etc., la tension de service ne peut dépasser les valeurs indiquées dans la colonne "Tension de service".
- 4) La tension mesurée, tous les tubes, sauf le tube redresseur, étant enlevés, et les condensateurs électrolytiques remplacés par les condensateurs au papier, des mêmes capacités, ne peut dépasser 1,25 fois la tension de service du condensateur.
- 5) La tension de crête est la somme de la tension continue maximum, augmentée de la tension d'ondulation maximum. Elle ne peut être appliquée au condensateur pendant plus d'une minute par heure.

LA BIBLIOTHÈQUE TECHNIQUE PHILIPS comporte 4 séries:

- a. Tubes Électroniques
- b. Lumière et Éclairage
- c. Divers
- d. Populaire

La plupart de ces ouvrages sont publiés en quatre langues: français, anglais, allemand et néerlandais. A quelques exceptions près, leur format est de $15\frac{1}{2} \times 23\frac{1}{2}$ cm. Ils sont reliés en toile bleu foncé et munis d'un jaquet coloré. Les livres de la Série Populaire de $14,8 \times 21,8$ cm sont munis d'une couverture intégrale colorée.

a. Série TUBES ÉLECTRONIQUES

- Vol. I Bases de la Technique des Tubes de T.S.F., par J. Deketh
- Vol. II Caractéristiques et Schémas de Montage des Tubes Récepteurs et Amplificateurs, par J. Deketh
- Vol. III Idem, supplément 1, par J. Otte
- Vol. IIIA Idem, supplément 2, par N. S. Markus & J. Otte
- Vol. IIIB Idem, supplément 3, par N. S. Markus & J. Vink
- Vol. IIIC Caractéristiques et Schémas de Montage des Tubes de Télévision, par J. Jager
- Vol. IV Utilisation du tube Électronique dans les Appareils récepteurs et Amplificateurs, No. 1, par B. G. Dammers, J. Haantjes, J. Otte et H. van Suchtelen
- Vol. V Idem, No. 2
- Vol. VII Tubes Émetteurs, par J. P. Heyboer et P. Zijlstra
- Vol. VIIA Construction des Récepteurs de Télévision, I, par A. G. W. Uitjens
- Vol. VIIB Idem, 2, par P. A. Neeteson
- Vol. IX Tubes à Vide pour la Technique des Impulsions, par P. A. Neeteson

En préparation: volume IX

Sous presse: les volumes IIIA, IIIB, IIIC,

b. Série LUMIÈRE ET ÉCLAIRAGE

- a. Les Lampes à Décharge, par P. J. Oranje
- b. Éclairage Fluorescent, par C. Zwikker et coopérateurs
- c. Les Couleurs et leur Perception Visuelle, par P. J. Bouma
- d. Lumière Artificielle en Photographie, par G. D. Rieck et L. H. Verbeek
- e. Technique de l'Éclairage, par Joh. Jansen, Vol. I
Vol. II
Vol. III

- f. Cours pour l'Éclairagiste, par H. Zijl
- g. Kunstlicht und Architektur, par L. C. Kalff
- h. Lichtberechnungen und Lichtmessungen, par H. A. E. Keitz
- i. Manual for the Illuminating Engineer on large-size perfect Diffusors, par H. Zijl

Le volume e. a paru en langue allemande et est en préparation en français et en anglais, f. est en préparation, g. existe uniquement en langue allemande; h. existe en langue allemande et anglaise.

c. Série DIVERS

- 1. Télévision, par F. Kerkhof & W. Werner
- 2. Technique de l'Amplification basse-fréquence, par N. A. J. Voorhoeve
- 3. Technique des Mesures à l'Aide des Jauges de Contraintes, par J. J. Koch et coopérateurs
- 4. Électronique Industrielle, par R. Kretzmann
- 5. Vibrations Mécaniques, par G. W. van Santen
- 6. Rayons X dans la Pratique Dentaire, par G. H. Hepple
- 7. Data for X-ray Analysis I, par W. Parrish
- 8. Idem II, par W. Parrish
- 9. Engineering Metallurgy, par E. M. H. Lips
- 10. Contrôle de la Qualité, par A. H. Schaafsma et F. G. Willemze
- 11. De l'Électron au Super — un cours élémentaire pour le radio-service-man

Les N^{os} 4, 5, 9 et 10 sont en préparation.

Les N^{os} 7 et 8 sont publiés uniquement en langue anglaise.

d. Série POPULAIRE

- 1. Télécommande par Radio, par A. H. Bruinsma
- 2. Tubes pour la Technique Basse Fréquence, par E. Rodenhuis
- 3. Diodes au Germanium, par S. D. Boon
- 4. Tubes-Batteries, par E. Rodenhuis
- 5. Hi-Fi du micro à l'oreille, par G. Slot
- 6. La Photographie en couleurs, par D. A. de Korte

Les volumes 3, 4, 5 et 6 sont en préparation.

