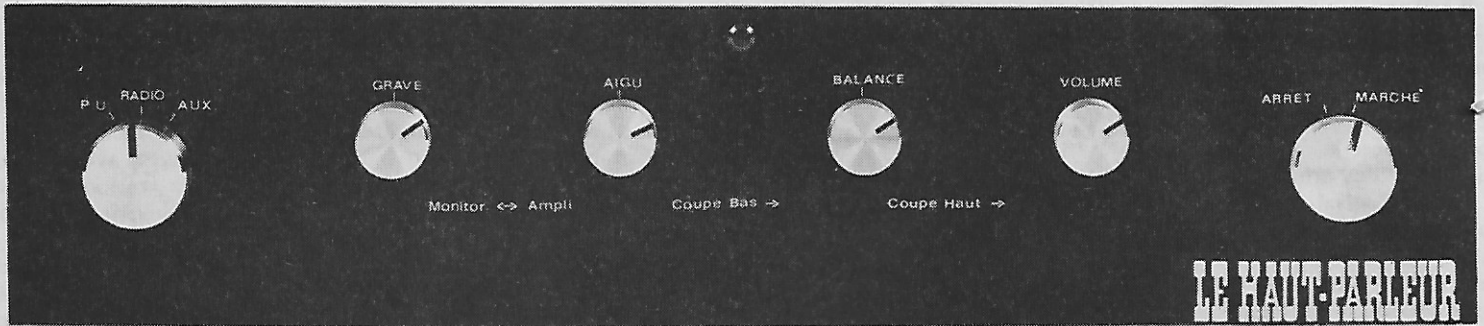
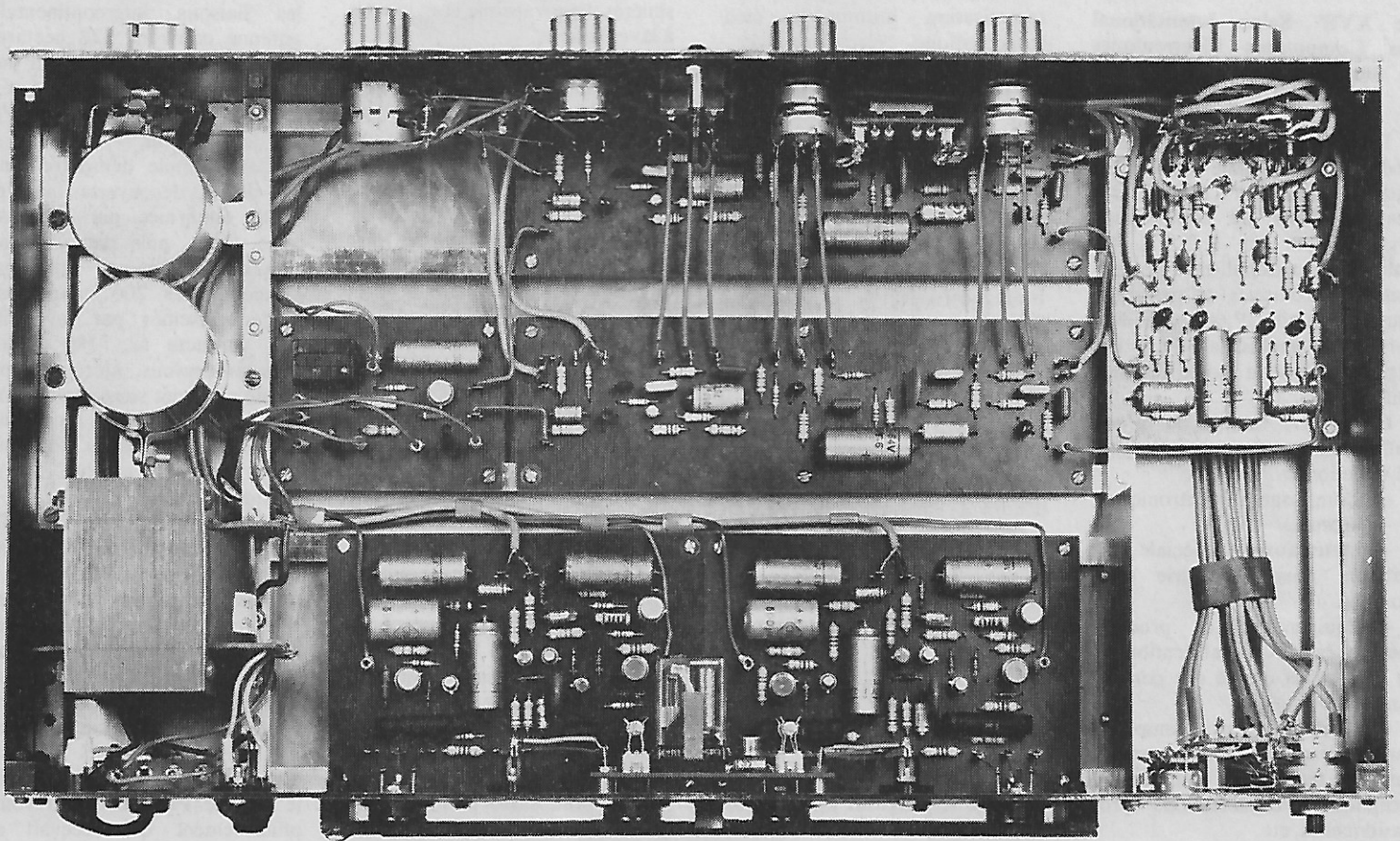


réalisez vous-même cet amplificateur

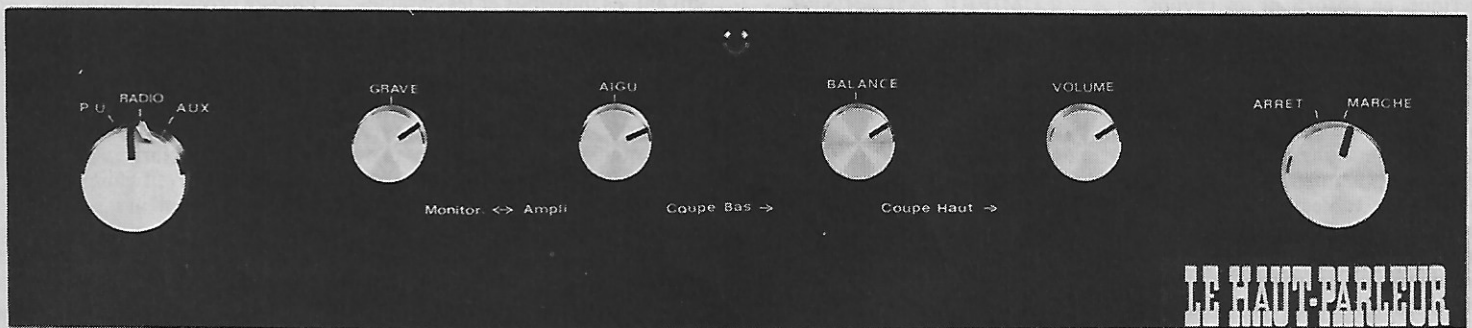


stéréophonique



2X30W

réalisez vous-même cet amplificateur



stéréophonique

2X30 W

(Suite voir n° 1433)

DANS le précédent article, nous avons défini les principales caractéristiques de l'amplificateur H.P. 2 x 30 et décrit une méthode de réalisation de câblage imprimé suivant une trame de 5 x 5 mm. La fabrication d'une carte simple telle que celle de l'alimentation a été proposée « pour se faire la main ».

Dans cette partie nous attaquons les deux amplificateurs de puissance. Comme les deux voies sont rigoureusement identiques, la description s'appliquera à un modèle unique dont il sera donné deux versions et quelques variantes. Le lecteur intéressé pourra ainsi choisir le schéma qui lui semble le plus rationnel pour sa propre utilisation et lui permettra

d'employer au mieux les composants qu'il possède.

Comme pour tous les modules décrits dans cette série d'articles, les indications complètes pour la réalisation pratique des circuits sont données sans omettre le moindre détail (schéma électrique, dessin de la carte, implantation des composants...).

Ces réalisations ont fait l'objet d'une mise au point soignée : les performances annoncées seront obtenues sans difficulté. Aucun réglage n'étant requis, cette réalisation est à la portée des lecteurs peu techniciens qui auront toutes les chances d'obtenir les résultats prévus en suivant les indications données.

l'amplificateur de puissance

Spécifications générales :

Ainsi que nous l'avons précédemment indiqué la puissance permanente de sortie devra atteindre 2 fois 30 W (valeur nominale), en régime sinusoïdal, sur des charges résistives de 8 ohms. Cette valeur résulte d'un compromis entre la nécessité de « sortie des watts » aux fréquences les plus basses et la simplicité et la sécurité du montage. Le résultat devra être obtenu sans faire appel à des composants spéciaux ni à des techniques de régulation thermiques très élaborées.

La distorsion harmonique devra être voisine ou inférieure à 0,5 % à 1 kHz et à la puissance nominale. Cette valeur pourrait être beaucoup plus faible en recherchant des composants passifs et des transistors (éventuellement appariés) aux caractéristiques définies dans une fourchette étroite. Nous avons délibérément écarté cette politique du tri des composants, mais les techniciens pointilleux pourront, évidemment, la mettre en pratique à leur avantage.

Pour ce qui est de la distorsion harmonique, on peut estimer que le chiffre que nous indiquons est

l'indice d'un amplificateur performant; une valeur plus basse n'est plus guère significative des qualités d'une chaîne car :

– l'oreille ne percevra pas les différences entre un signal à 0,1 % ou moins de distorsion et un autre à 0,5 %,

– les déformations introduites par les autres éléments de la chaîne (phonocapteur, magnétophone, décodeur FM, enceintes, etc.) sont bien plus importantes que celles qui proviennent des non-linéarités de l'amplificateur.

Rappelons à ce propos que la distorsion harmonique globale d'une chaîne est toujours (et c'est

heureux) inférieure à la somme des distorsions propres à chacun des éléments, mais un peu plus forte que celle du plus mauvais maillon de la chaîne (1).

La bande passante caractérise l'aptitude de l'amplificateur à traiter les signaux dans le spectre sonore. Bien que l'oreille ne distingue guère de sons purs hors d'une bande approximative de 50 Hz à 15 kHz, il est essentiel que ces deux limites soient élargies pour améliorer la restitution des sons complexes, notamment des transitoires et éliminer les distorsions de phase en haut et en bas de gamme.

La bande officielle 20 Hz à

Les Réalisations du Haut-Parleur

Pour répondre aux souhaits de nos lecteurs et mettre à leur portée la réalisation de certains éléments d'une chaîne haute fidélité de hautes performances, nous proposons la description des modules d'un amplificateur stéréophonique qui peuvent s'adapter à un appareil existant ou constituer un ensemble amplificateur dont tous les détails de construction seront fournis.

La définition électrique des circuits et la technique d'assemblage ont été élaborées de façon à rendre simple et sûre une telle réalisation. La difficulté apparente de construction des circuits en câblage imprimé est très réduite par des explications détaillées (qui pourront paraître fastidieuses à certains lecteurs). L'élaboration de ces circuits a été menée en vue de les rendre simples (faible densité de composants) et facile à reproduire.

Les composants sont de type courant et peuvent être acquis chez la plupart des détaillants spécialisés. Dans certains cas, des équivalences de transistors sont permises sans que les performances en souffrent.

De la même façon, la réalisation de la structure métallique de l'amplificateur a été étudiée en fonction de l'outillage dont dispose l'amateur moyen qui ne possède certainement pas de plieuse, par exemple...

Enfin, pour éliminer les difficultés d'une mise au point qui nécessiterait l'utilisation d'appareils de mesure coûteux, la conception électrique des sous-ensembles a été calculée de façon qu'aucun réglage ne soit nécessaire. Seule l'utilisation d'un classique multimètre est recommandée pour effectuer les contrôles de tensions, de courants ou la vérification de continuités.

Cette série d'articles aura également pour but de rappeler un certain nombre de notions techniques de base qui pourront guider le profane dans la réalisation ou l'acquisition des éléments d'une chaîne Hi-Fi : les difficultés que certains ont pu rencontrer — notamment dans le montage de kits — s'expliquent souvent par la méconnaissance ou l'oubli de certaines règles essentielles.

I. - L'ALIMENTATION

QUELQUES RAPPELS UTILES

L'AMPLIFICATEUR remplit à la fois la fonction de préamplification, celle des corrections éventuelles et assure l'amplification de puissance. C'est, sans conteste, la pièce maîtresse de toute installation haute fidélité : placé au centre des interconnexions, il constitue, en fait, le « tableau de bord » de l'auditeur, permettant à celui-ci de choisir son programme, de doser la puissance acoustique et d'apporter, à tout moment, la correction souhaitée pour le meilleur confort d'écoute.

Dans toute chaîne de qualité, digne de ce nom, l'amplification du message doit être quasi parfaite, sans déformations appréciables. Mais il est bien connu que la reproduction souffre souvent des insuffisances des enceintes acoustiques, de l'exiguïté ou de la mauvaise qualité du local d'écoute, voire de la mécanique de la table de lecture...

L'amateur ne peut guère agir sur ces paramètres qu'au prix d'une dépense parfois considérable pour le traitement ou l'aménagement de son salon d'audition, et par un choix judicieux dans l'acquisition de matériels dont les meilleurs sont souvent aussi — hélas ! — les plus chers.

La plupart des amplificateurs modernes disponibles sur le marché ont, à même puissance, des performances tout à fait satisfaisantes et il faut admettre qu'au-delà d'une certaine bande passante et qu'en-deçà d'une valeur inférieure de distorsion harmonique, limites relativement faciles à atteindre, l'oreille ne perçoit plus les différences subtiles d'un appareil à un autre. Ce qui distingue plutôt les appareils « de classe » sont la qualité

des composants et la perfection de la réalisation, pour ce qui concerne la technologie, la puissance de sortie pour l'aspect performances.

Il est assez facile de juger de la technologie, au moins suivant deux critères qui sont le choix des composants et la clarté du câblage : une forêt de connexions nuit souvent à la fiabilité d'un amplificateur au même titre que l'utilisation de condensateurs ou de résistances de mauvaise qua-

lité ou mal adaptés à leurs fonctions. C'est, de plus, un obstacle certain à toute intervention de dépannage.

Pour ce qui est de la puissance disponible, beaucoup de choses ont été dites ou écrites qui n'ont pas souvent de signification.

Le chemin de la perfection, même relative, dans la reproduction des graves passe souvent par la diminution du rendement acoustique des enceintes, ce qui implique, corrélativement, une

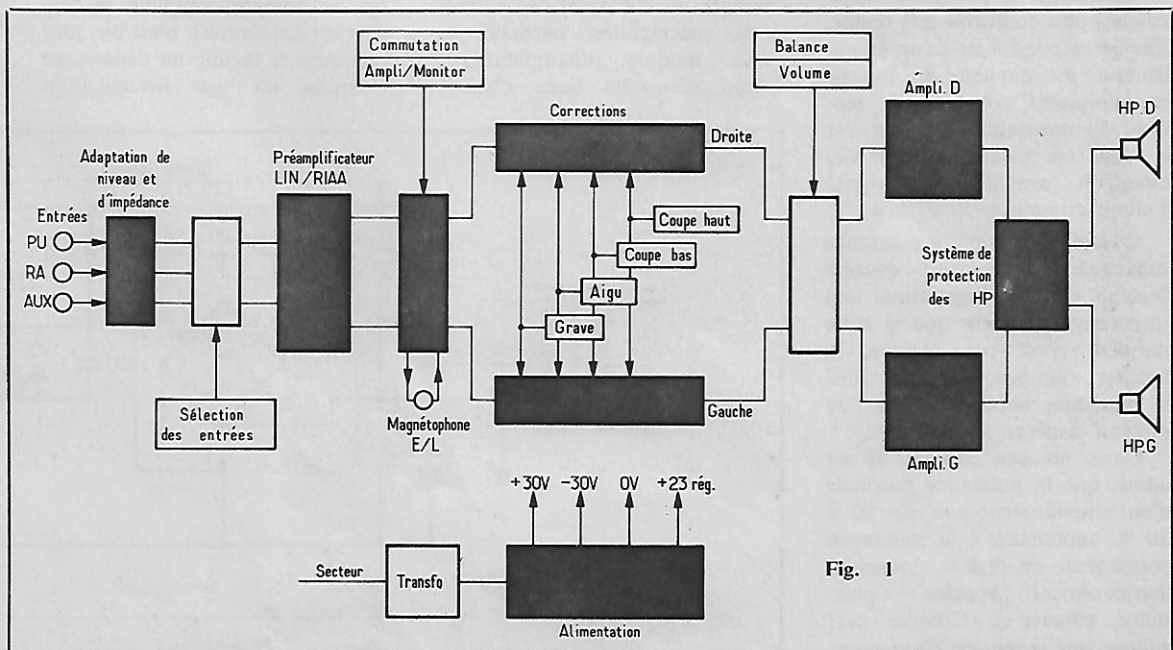


Fig. 1

augmentation de la puissance des amplificateurs. Il apparaît donc que ceux-ci se caractérisent principalement par le nombre de watts qu'ils sont susceptibles de fournir.

Encore faut-il s'entendre sur les définitions et comparer ce qui est comparable : seule la puissance électrique dissipée en permanence sur une charge résistive de valeur donnée (généralement 8 Ω) indique les limites que peut atteindre un amplificateur sans distorsion.

Cette puissance s'exprime comme le rapport :

$$W_{\text{watts}} = \frac{(U_{\text{eff}})^2}{R_{\text{ohms}}}$$

(U_{eff} étant la tension sinusoïdale efficace à 1000 Hz disponible aux bornes de la charge R).

Des quelque 5 à 10 W qui faisaient la fierté des possesseurs d'anciennes chaînes à tubes aux plusieurs centaines de watts dont se glorifient les heureux propriétaires des plus récentes réalisations à semi-conducteurs, il existe un choix raisonnable, dans une gamme de 15 à 30 W, capable de couvrir les besoins d'un auditeur sérieux dans une salle de dimensions courantes.

Certains constructeurs s'attachent à la puissance crête qui peut faire passer un très modeste amplificateur pour un fougueux appareil... Ce procédé (commercial s'il n'est pas indiqué qu'il s'agit de puissance crête) joue sur la terminologie : c'est ainsi que l'on peut annoncer 4 fois plus que la puissance permanente par voie en faisant la somme des puissances crête des deux voies !

La notion de puissance musicale est plus conforme à la réalité. Elle correspond à ce qu'un amplificateur est capable de fournir en supposant constante la tension d'alimentation, ce qui est le cas, en valeur instantanée, lorsqu'on amplifie un signal d'allure complexe.

Quand on dissipe la puissance maximale, le courant continu fourni par l'alimentation est important, de sorte que si cette dernière n'est pas régulée, la tension diminue limitant ainsi la puissance acoustique que l'on pouvait espérer atteindre.

Dans un cas concret, il est admis que la puissance musicale d'un amplificateur soit de 10 à 30 % supérieure à la puissance permanente en régime sinusoïdal (curieusement appelée « puissance efficace »). Comme ceci indique que la tension d'alimenta-

tion « s'écroule » en charge sensiblement dans le même rapport, plus un amplificateur affichera une puissance musicale supérieure à sa puissance permanente à 1000 Hz, et plus son alimentation sera sous dimensionnée, entraînant le risque d'une saturation prématurée sur les crêtes de modulation.

Suivant ces recommandations, il est proposé au lecteur ayant un minimum de connaissances et un peu d'adresse de réaliser un appareil qui réponde à de sévères exigences et qui puisse être adapté aux besoins spécifiques d'un auditeur particulier.

CARACTERISTIQUES DU H.P. 2 x 30

La figure 1 montre le diagramme d'ensemble de l'appareil.

On peut y voir que sa conception est relativement classique à l'exception de certains détails que nous indiquerons plus loin.

La puissance permanente, en régime sinusoïdal, susceptible d'être fournie à des charges de 8 Ω, a été fixée à 2 fois 30 W. Cette valeur, suffisante pour la plupart des cas, autorise une écoute très confortable avec des enceintes à faible rendement acoustique.

Le nombre des entrées a été fixé à 4, avec des possibilités d'aménagement de certaines d'entre elles. C'est ainsi que l'entrée P.U. peut convenir à une cellule magnétique ou céramique, par simple commutation, l'entrée radio est ajustable et la prise auxiliaire peut s'adapter à 2 niveaux différents.

Il est évidemment possible de changer ou d'adapter ces entrées à des spécifications particulières.

Le module préamplificateur stéréo comporte deux chaînes

d'amplification à commutation de caractéristiques linéaire/RIAA. Le niveau de sortie est suffisant pour attaquer, dans de bonnes conditions, l'entrée d'enregistrement d'un magnétophone.

Une prise magnétophone enr./lect. a été prévue. Ceci permet, avec une tête de lecture séparée, d'écouter le message enregistré en provenance de l'une des 3 autres entrées de l'amplificateur (commutation ampli/monitoring). Si la 3^e tête n'existe pas on peut tout de même se servir de l'appareil en lecture ou en enregistrement.

Les corrections s'opèrent sur des voies séparées. Chaque circuit comporte un réglage de grave et d'aigu, une commutation pour filtre coupe-bas (rumbly) ou coupe-haut (scratch).

Le réglage de balance a une efficacité de 100 %. Le potentiomètre de volume est placé à l'entrée des amplificateurs de puissance.

Afin d'obtenir un gain en puissance appréciable les modules amplificateurs ont été particulièrement soignés pour fournir une source de tension stable et sans distorsion, quel que soit le niveau de sortie.

Un dispositif de protection des enceintes confère à l'ensemble une sécurité d'emploi absolue, même à l'occasion des premières mises sous tension qui sont souvent déterminantes pour la vie des transistors de sortie...

Bien que l'emploi de circuits intégrés linéaires, adaptés à l'amplification audio - fréquence soit attrayant, nous avons préféré une conception plus classique à composants discrets qui, en fin de compte, simplifie la réalisation des circuits, n'est pas plus onéreuse et facilite un dépannage éventuel ou une investigation

rendue nécessaire en cas de difficulté.

L'alimentation est très simple : elle fournit les tensions négative et positive à fort débit pour les amplificateurs de puissance et une source de tension régulée pour les autres circuits. C'est par ce module que nous commencerons la description de l'appareil.

LE MODULE ALIMENTATION

Ainsi qu'il est indiqué plus haut les caractéristiques de l'alimentation influent directement sur les performances de l'amplificateur : c'est pratiquement le nombre de volts x ampères du transformateur qui limitera la puissance de sortie acoustique.

L'alimentation des modules de puissance nécessite des tensions continues de ± 30 V, non régulés, symétriques par rapport à la masse. Le débit en charge pourra atteindre 1,7 à 1,8 A sur chaque source, en régime maximal.

Une tension positive régulée de 23 V est requise pour l'alimentation du préamplificateur et des correcteurs ; le débit est en permanence de 20 mA.

Ces besoins pourront être couverts par un transformateur de 100 VA ayant une tension secondaire efficace de 2 fois 24 V avec un courant efficace de 2 A. A l'extrême rigueur un courant de 1,5 A eff. pourrait convenir, mais il y a lieu de s'assurer que la tension nominale est bien tenue en charge et que, dans ce cas, la chute de tension n'excède pas 10 % de la tension à vide.

Outre sa puissance électrique, le transformateur d'alimentation sera caractérisé par son faible flux de fuite. Les meilleurs résultats seront obtenus avec des tôles à faibles pertes (genre double C)

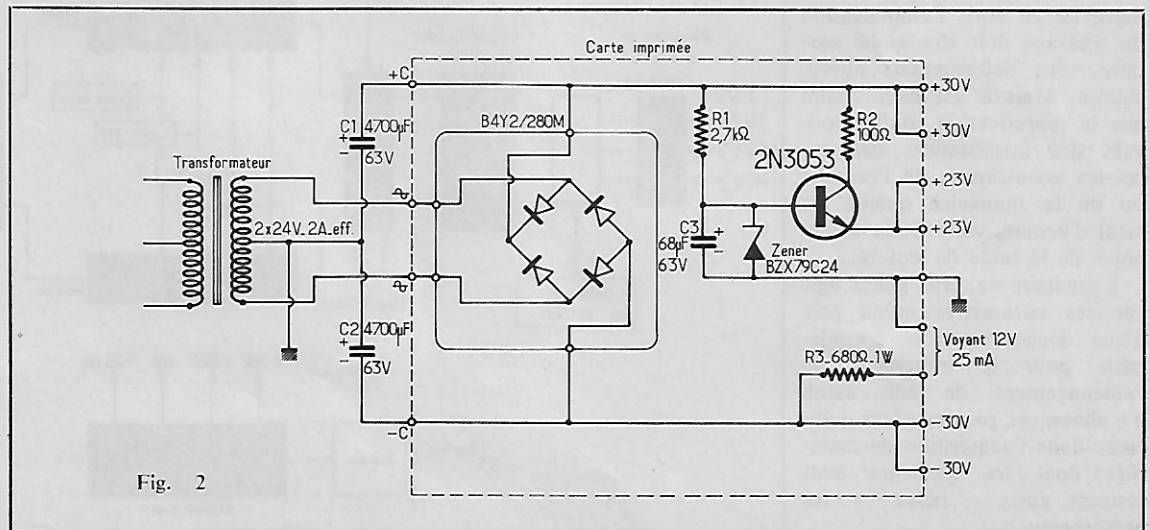


Fig. 2

ou à faible induction (dimensions plus importantes) au prix d'un coût plus élevé.

Il conviendra de ne pas lésiner sur le choix d'un transformateur si l'on veut éviter les ronflements indésirables sur les positions à grande sensibilité ce qui est plus particulièrement le cas de l'entrée PU. En effet, la sensibilité de l'amplificateur sur cette position est telle qu'une tension induite de $10 \mu\text{V}$ est suffisante à 50 Hz, pour être perçue.

La figure 2 indique le schéma du circuit correspondant. Il comporte un pont redresseur sous enrobage, monté de façon à fournir les 2 tensions égales et de sens opposé à partir du transformateur à point milieu. Comme celui-ci, les condensateurs de filtrages sont à l'extérieur du circuit, en raison de leurs dimensions. La valeur de C_1 et de C_2 n'est pas critique : elle a été choisie de $4\,700 \mu\text{F}$ mais on pourrait admettre $3\,300 \mu\text{F}$. L'essentiel est de respecter l'isolement (supérieur à 50 V) sous peine de surprises désagréables.

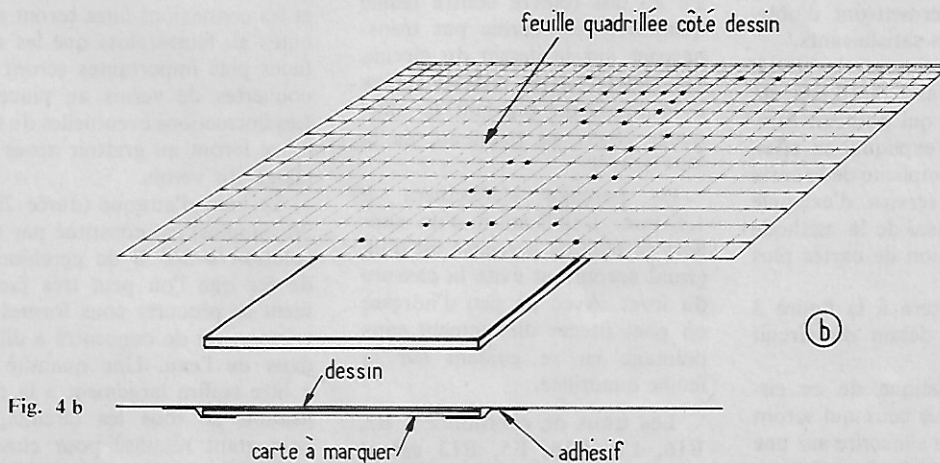
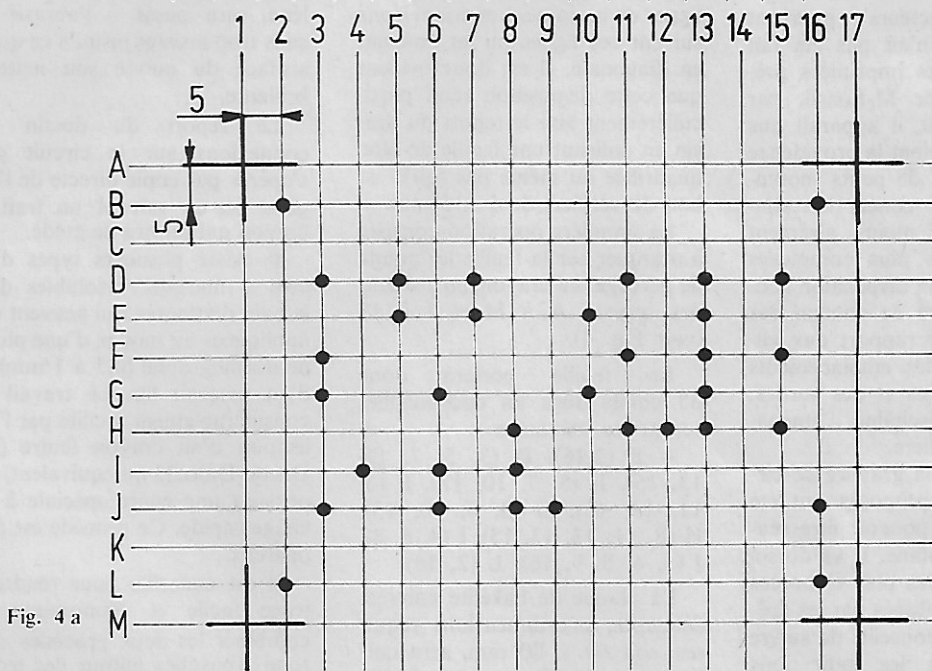
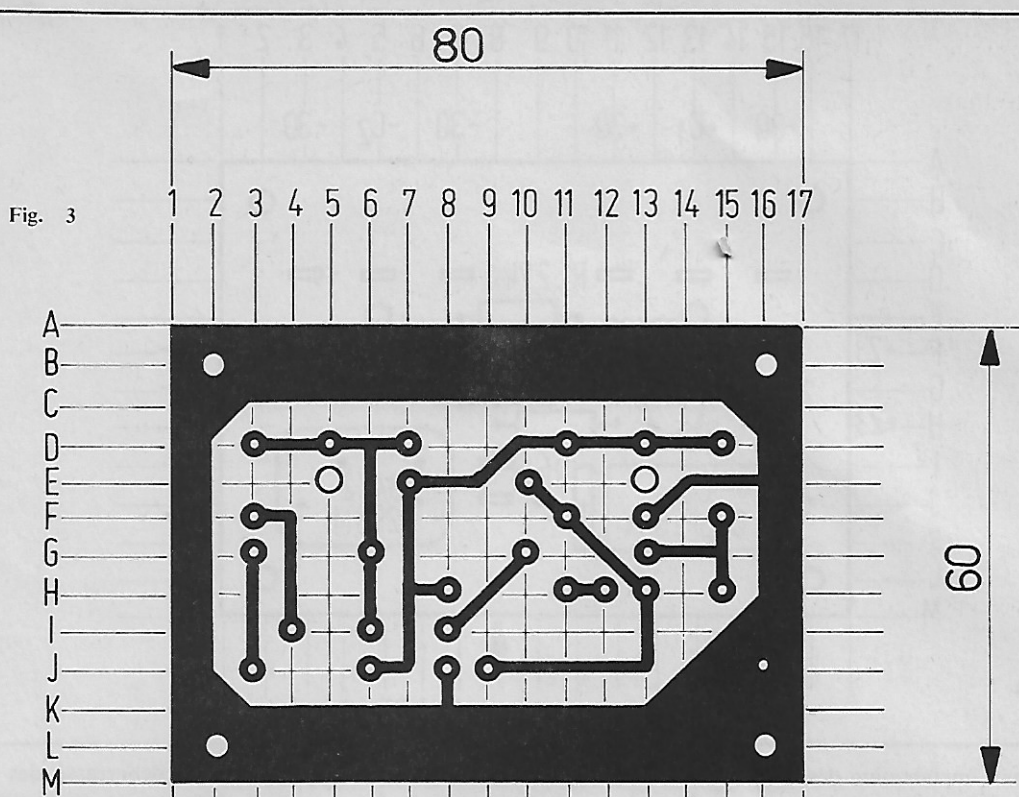
La régulation de la tension positive de 23 V est assurée par un transistor ballast dont la base est stabilisée en tension par une diode Zener alimentée à partir du + 30 V par la résistance R_1 . Le condensateur C_3 est destiné à parfaire le filtrage en éliminant une légère variation de tension qui pourrait apparaître aux bornes de la diode Zener lorsque les amplificateurs de puissance sont excités au maximum.

Le débit de ce régulateur est de l'ordre de 20 mA dans des conditions normales. L'utilisation d'un transistor 2N3053, relativement robuste, s'explique par le souci de prévenir les conséquences d'un malencontreux court-circuit en sortie portant le courant à une valeur qui détruirait rapidement un transistor de faible puissance. Précaution supplémentaire : la résistance R_2 de 100Ω limitera le courant de court-circuit qui peut être permanent.

Enfin, une résistance R_3 est prévue pour assurer l'alimentation d'un voyant de 12 V (25/30 mA) depuis le - 30 V.

REALISATION DES CIRCUITS

La figure 1 indique les différents modules en câblage imprimé. Chacun d'eux fera l'objet d'une description détaillée : schéma électrique commenté, dessin



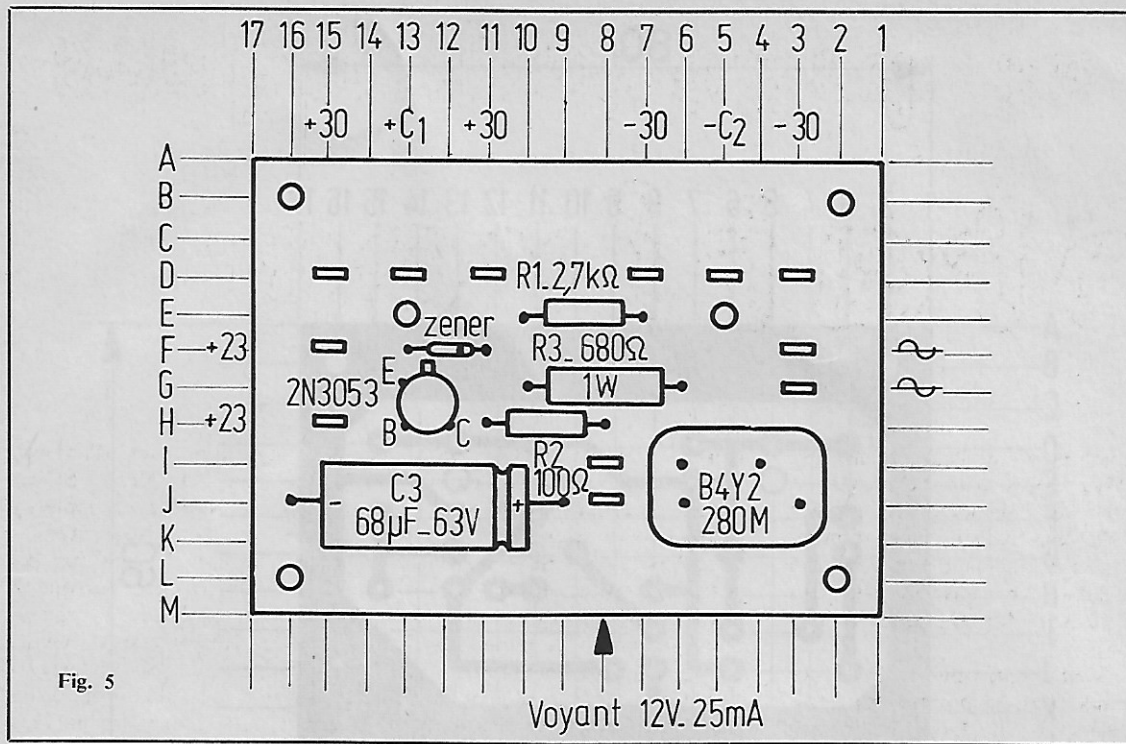


Fig. 5

du circuit, implantation des composants, etc.

Certains lecteurs pourront s'étonner qu'il n'ait pas été fait appel aux cartes imprimées pré-insérées du type M-Board, par exemple. En fait, il apparaît que ces circuits qui sont la providence des réalisateurs de petits montages d'essais, de conception simple, s'adaptent moins aisément aux réalisations plus complexes pour lesquelles la disposition géométrique relative de chacun des composants par rapport aux autres ainsi que les emplacements précis des entrées et des sorties, implique une discipline d'aménagement particulière.

Le dessin et la gravure de circuits qui sont proposés ont été simplifiés pour pouvoir être réalisés par un profane. Il va de soi que des méthodes plus élaborées pourront être utilisées par les spécialistes. Il est conseillé de suivre scrupuleusement les indications fournies qui permettront d'obtenir des résultats satisfaisants.

C'est à dessein que le circuit d'alimentation a d'abord été décrit. Ce choix, qui pourrait sembler illogique s'explique, en effet, par l'extrême simplicité de la carte imprimée qui servira d'exemple et de banc d'essai de la méthode pour la réalisation de cartes plus complexes.

On se reportera à la figure 3 qui montre le dessin du circuit côté cuivre.

La caractéristique de ce circuit, comme tous ceux qui seront proposés, est de s'inscrire sur une trame quadrillée de 5×5 mm.

C'est ainsi que les perçages sont disposés sur des intersections des lignes de la trame. Les connexions suivent ces lignes ou les coupent en diagonale. Il est donc évident que cette disposition rend particulièrement aisé le report du dessin en utilisant une feuille de bloc quadrillée au même pas (qu'il est bon de vérifier) de 5×5 mm.

La première opération consiste à marquer sur la feuille les points de perçage, au crayon, en s'aidant des repères A à M et 1 à 17 (voir Fig. 4).

La feuille portera donc 35 points dont les coordonnées seront les suivantes :

— B (2,16), D (3, 5, 7, 11, 13, 15), E (5, 7, 10, 13), F (3, 11, 13, 15), G (3, 6, 10, 13), H (8, 11, 12, 13, 15), I (4, 6, 8), J (3, 6, 8, 9, 16), L (2, 16).

La plaque de bakélite cuivrée, découpée aux dimensions requises, soit 60×80 mm, sera collée au dos (cuivre contre feuille quadrillée) et centrée par transparence sur le dessin du circuit. Un simple ruban adhésif suffira à la maintenir pendant le marquage léger, au pointeau, de la face cuivrée.

Le perçage s'effectuera à 1,2 mm. L'utilisation d'un support vertical de perceuse est d'un grand secours et évite la cassure du foret. Avec un peu d'adresse on peut percer directement sans pointage en se guidant sur la feuille quadrillée.

Les trous de coordonnées B2, B16, L2, L16, E5, E13 seront ensuite reperçés à 3,5 mm.

Le circuit débarrassé des copeaux, dégraissé au trichlorethylène, sera passé à l'abrasif fin, sans trop insister jusqu'à ce que la surface du cuivre soit nette et brillante.

Le report du dessin des connexions sur le circuit peut s'opérer par copie directe de l'original ou en suivant un trait de crayon qui servira de guide.

Il existe plusieurs types d'encres à marquer insolubles dans le bain d'attaque, qui peuvent être appliquées au moyen d'une plume de normographe (0,5 à 1 mm) ou d'un pinceau fin. Le travail est considérablement facilité par l'utilisation d'un crayon feutre (ref. Decon-Dalo 33 ou équivalent) qui possède une encre spéciale à séchage rapide. Ce procédé est plus onéreux.

Il est conseillé pour rendre le tracé facile et économique de combiner les deux procédés : les ronds (pastilles autour des trous) et les connexions fines seront exécutés au feutre alors que les surfaces plus importantes seront recouvertes de vernis au pinceau. Les corrections éventuelles du tracé se feront au grattoir après séchage du vernis.

Le bain d'attaque (durée 20 à 30 minutes) est constitué par une solution à 36° B de perchlore de fer que l'on peut très facilement se procurer sous formes de cristaux ou de concentré à diluer dans de l'eau. Une quantité de 1 litre suffira largement à la réalisation de tous les circuits, le bain étant réutilisé pour chaque opération.

Dès que l'attaque est terminée, on retirera la carte du bain et on procédera à un vigoureux lavage à grande eau pendant plusieurs minutes. Le vernis sera retiré au moyen du diluant approprié (le trichlo suffit le plus souvent). Cette opération termine la réalisation du câblage imprimé.

La bakélite cuivrée peut être d'un modèle très courant. Il est inutile d'approvisionner de la bakélite HF, à fortiori de l'époxy, matériau onéreux qui n'apporte pas d'avantages sensibles dans cette application particulière. Pour réaliser l'ensemble des circuits, trois plaques de 235×140 mm suffisent (ces dimensions correspondent à celles d'un fournisseur). Il est recommandé d'utiliser des cosses à souder à picot pour les départs de connexions extérieures au circuit : ces accessoires très bon marché rendent d'incontestables services en simplifiant le câblage d'interconnexions.

Le montage des composants sur la carte n'attire pas de commentaires particuliers (voir Fig. 5). Les précautions habituelles sont en général bien connues : utilisation d'un fer à souder de faible puissance (environ 30 W), respect de la polarité des condensateurs chimiques, etc.

La liste des composants à monter sur la carte est la suivante :

- Pont redresseur sous boîtier plastique B4Y2/280 M (R.T.C.).

- Transistor 2N3053 ou équivalent (Sesco, Texas, etc.).

- Diode Zener 24 V BZX79C24 (R.T.C.) ou BZX46C24 (Sesco).

- Résistance 0,5 W, à 5 % à couche de carbone CR37 Cogeco «(R.T.C.) 2,7 kΩ 100 Ω.

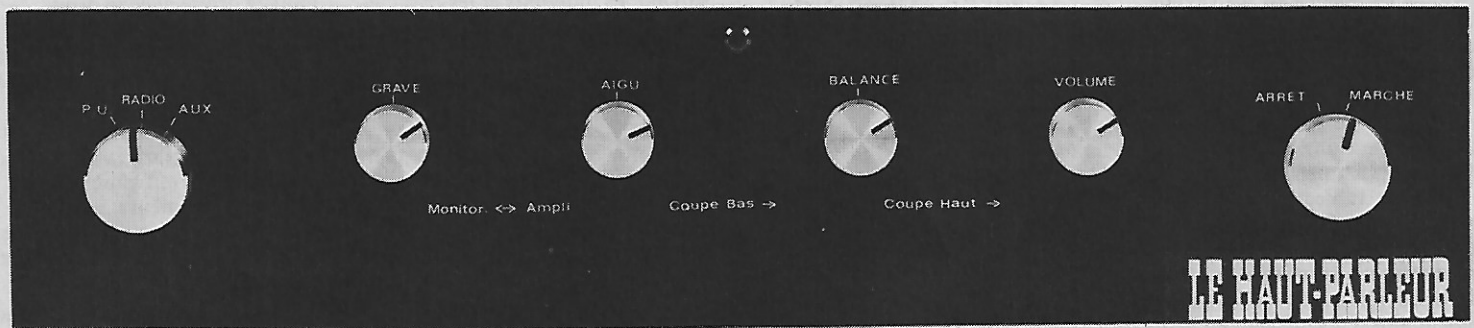
- Résistance 1 W, 5 % à couche de carbone CR52 Cogeco (R.T.C.) 680 Ω.

Les condensateurs de filtrage sont de 4 700 μF 63/70 V, de marque GV, fixation à collier. D'autres marques comme Cef, Micro, Novea... sont également recommandées.

Le problème du choix du transformateur d'alimentation a déjà été évoqué. Il existe un grand nombre de constructeurs capables de fournir un matériel sérieux comme Millerioux, Tesa, Lem, Rapsodie.

Jean CERF.

réalisez vous-même cet amplificateur



stéréophonique

2X30 W

(Suite voir n° 1433)

DANS le précédent article, nous avons défini les principales caractéristiques de l'amplificateur H.P. 2 x 30 et décrit une méthode de réalisation de câblage imprimé suivant une trame de 5 x 5 mm. La fabrication d'une carte simple telle que celle de l'alimentation a été proposée « pour se faire la main ».

Dans cette partie nous attaquons les deux amplificateurs de puissance. Comme les deux voies sont rigoureusement identiques, la description s'appliquera à un modèle unique dont il sera donné deux versions et quelques variantes. Le lecteur intéressé pourra ainsi choisir le schéma qui lui semble le plus rationnel pour sa propre utilisation et lui permettra

d'employer au mieux les composants qu'il possède.

Comme pour tous les modules décrits dans cette série d'articles, les indications complètes pour la réalisation pratique des circuits sont données sans omettre le moindre détail (schéma électrique, dessin de la carte, implantation des composants...).

Ces réalisations ont fait l'objet d'une mise au point soignée : les performances annoncées seront obtenues sans difficulté. Aucun réglage n'étant requis, cette réalisation est à la portée des lecteurs peu techniciens qui auront toutes les chances d'obtenir les résultats prévus en suivant les indications données.

l'amplificateur de puissance

Spécifications générales :

Ainsi que nous l'avions précédemment indiqué la **puissance permanente de sortie** devra atteindre 2-fois 30 W (valeur nominale), en régime sinusoïdal, sur des charges résistives de 8 ohms. Cette valeur résulte d'un compromis entre la nécessité de « sortie des watts » aux fréquences les plus basses et la simplicité et la sécurité du montage. Le résultat devra être obtenu sans faire appel à des composants spéciaux ni à des techniques de régulation thermiques très élaborées.

La **distorsion harmonique** devra être voisine ou inférieure à 0,5 % à 1 kHz et à la puissance nominale. Cette valeur pourrait être beaucoup plus faible en recherchant des composants passifs et des transistors (éventuellement appariés) aux caractéristiques définies dans une fourchette étroite. Nous avons délibérément écarté cette politique du tri des composants, mais les techniciens pointilleux pourront, évidemment, la mettre en pratique à leur avantage.

Pour ce qui est de la distorsion harmonique, on peut estimer que le chiffre que nous indiquons est

l'indice d'un amplificateur performant; une valeur plus basse n'est plus guère significative des qualités d'une chaîne car :

- l'oreille ne percevra pas les différences entre un signal à 0,1 % ou moins de distorsion et un autre à 0,5 %,

- les déformations introduites par les autres éléments de la chaîne (phonocapteur, magnétophone, décodeur FM, enceintes, etc.) sont bien plus importantes que celles qui proviennent des non-linéarités de l'amplificateur.

Rappelons à ce propos que la distorsion harmonique globale d'une chaîne est toujours (et c'est

heureux) inférieure à la somme des distorsions propres à chacun des éléments, mais un peu plus forte que celle du plus mauvais maillon de la chaîne (1).

La **bande passante** caractérise l'aptitude de l'amplificateur à traiter les signaux dans le spectre sonore. Bien que l'oreille ne distingue guère de sons purs hors d'une bande approximative de 50 Hz à 15 kHz, il est essentiel que ces deux limites soient élargies pour améliorer la restitution des sons complexes, notamment des transitoires et éliminer les distorsions de phase en haut et en bas de gamme.

La bande officielle 20 Hz à

20 kHz devra être passée sans atténuation. Partant du principe « qui peut le plus peut le moins », nous fixons à 5 Hz - 40 kHz la bande passante à -3 dB (soit à mi-puissance) de nos amplificateurs. On pourrait obtenir une bande plus étendue, toutefois, les exigences de stabilité de l'amplification appellent une certaine sagesse.

La sensibilité se définit comme la tension nécessaire à l'entrée pour obtenir la puissance nominale en sortie à la fréquence de référence de 1 kHz. Ce paramètre n'est pas le plus important : à un amplificateur à grand gain peut convenir un préamplificateur de performances modestes, ou, au contraire, un préamplificateur à grand gain peut attaquer un amplificateur de puissance à faible gain. Le passage de l'une à l'autre version ne représente que le déplacement de quelques composants vers l'amplificateur ou le préamplificateur, suivant le cas. Ce qui compte c'est la sensibilité globale de l'appareil et l'adaptation des niveaux (sortie préampli/entrée ampli).

Dans le cas présent et pour faciliter cette adaptation, nous avons fixé à 600 millivolts la sensibilité de l'amplificateur de puissance.

Aucune spécification n'est établie pour la distorsion d'intermodulation et pour le rapport signal/bruit, ce qui peut surprendre : il apparaît, en fait, que les résultats obtenus sur des amplificateurs ayant, par ailleurs, de bonnes performances et utilisant des composants de qualité, sont sans surprise.

Caractéristiques de l'amplificateur de puissance. Analyse du schéma en version 1.

On se reportera à la figure 1 qui représente le schéma de principe (donc un peu simplifié) de l'amplificateur en version 1.

Ce montage, mis au point par RCA, il y a quelques années a prouvé sa fiabilité, même sur des amplificateurs à forte puissance; c'est pourquoi nous l'avons adopté, après quelques adaptations. On reconnaîtra le dispositif à peu près universellement adopté de push-pull en classe B à transistors de sortie quasi-complémentaires.

Les deux NPN de sortie sont excités par des drivers NPN/PNP montés en « Darlington » qui font assimiler respectivement les ensembles T_4/T_6 et T_5/T_7 à des transistors complémentaires NPN - PNP montés en série en collecteur commun. Il en résulte qu'un signal sinusoïdal envoyé sur les bases de T_4 et de T_5 se retrouvera en phase avec une tension sensi-

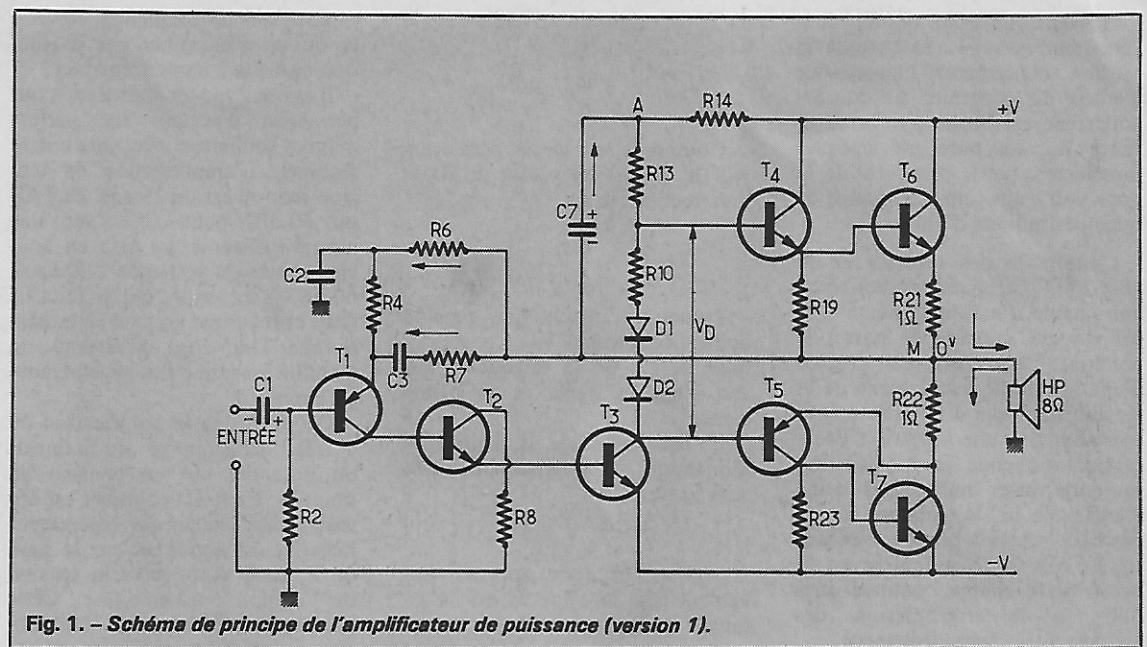


Fig. 1. - Schéma de principe de l'amplificateur de puissance (version 1).

blement égale au point M de jonction des résistances R_{21} et R_{22} . Le bilan est une très forte amplification de courant puisque cette tension peut être maintenue aux bornes d'une résistance de quelques ohms : on a ainsi constitué un **générateur de tension** (la tension reste stable lorsque le courant varie dans de grandes limites).

Le couplage à la charge est direct, sans interposition de condensateur de couplage entre l'amplificateur et le, ou les, haut-parleurs. Cela permet d'obtenir une meilleure reproduction des fréquences basses et une augmentation sensible du facteur d'amortissement du montage (supérieur à 70 pour 8 ohms). Ce résultat ne peut être atteint qu'en utilisant deux sources d'alimentation de même amplitude et de sens opposés. Malgré les petits inconvénients inhérents à cette complication - apparente - de l'alimentation, qu'il n'est pas nécessaire de réguler (un bon filtrage suffit amplement, voir l'article précédent), nous avons adopté cette solution qui a la préférence de nombreux constructeurs.

Les signaux positifs sont amplifiés par T_4 - T_6 et les négatifs par T_5 - T_7 , de sorte qu'une tension sinusoïdale à l'entrée est reconstituée en sortie par deux demi-sinusoïdes raccordées. La classe B se caractérisant par une polarisation au seuil de conduction, pour éviter une distorsion d'amplitude, dite de recouvrement, il y a lieu de prévoir un léger chevauchement des caractéristiques des transistors de sortie : une polarisation convenable des bases de T_4 et T_5 permet d'obtenir un courant de repos non nul dans les transistors de sortie.

L'ensemble des composants R_{14} , R_{13} , R_{10} , D_1 , D_2 et T_3 , montés en série entre +V et -V, déter-

mine cette polarisation. Soit V_D croît, les tensions base-émetteur de T_4 et de T_5 augmenteront également. Cela se traduira par des courants collecteur plus importants et, par voie de conséquence, un débit-repos plus élevé des transistors de sortie.

De la même façon, à une tension V_D plus faible correspondent des courants moindres jusqu'à l'annulation éventuelle de ceux-ci (blocage au seuil de conduction). Il est donc clair que le courant circulant à travers les diodes D_2 et D_3 , dépendant de R_{10} , déterminera la valeur de V_D donnant en sortie le courant de repos souhaité.

Les diodes se comportent, on le sait, comme des éléments non linéaires : leur résistance interne dépend du courant qui les traverse, mais comme, à un type de diode déterminé correspond une caractéristique donnée, on peut fixer la valeur de R_{10} pour obtenir un courant de repos dans les transistors T_6 et T_7 de 25 à 50 mA.

L'élévation de température, décelable après un fonctionnement à puissance élevée, procurera une augmentation du courant de repos jusqu'à 80 mA dans des conditions normales d'utilisation (signal d'amplitude variable, radiateurs bien dimensionnés).

Pour une puissance permanente de 30 W en régime sinusoïdal, la tension aux bornes d'une charge de 8 ohms est de 15,5 V efficaces. Cela représente une tension crête de $15,5 \times \sqrt{2} = 22$ V. Le courant correspondant atteint $30 : 15,5 = 1,93$ A eff. ou 2,74 A crête.

Les résistances de protection R_{21} et R_{22} de 1 ohm procurent une chute de tension de 2,74 V crête, qui tend à freiner l'emballement thermique.

Par ailleurs, les transistors de sortie assureront leurs performances optimales dans cette application, pour une tension V_{CE} voisine de 5 V, ce qui permet de déterminer la tension d'alimentation correspondante :

$22 + 2,74 + 5 = 29,74$ V arrondi à 30 V

Donc, si l'on désire obtenir un signal non écrêté de 15,5 V eff. sur 8 Ω, il convient d'alimenter le montage avec ± 30 V (en fait, compte tenu des marges prises, on obtiendra le résultat escompté avec ± 28 V).

Puisque, comme nous l'avons indiqué, l'ensemble T_4/T_6 , T_5/T_7 ne procure aucun gain en tension, l'amplification sera réalisée au moyen des transistors T_1 et T_3 montés en cascade, via T_2 .

La charge de collecteur de T_3 , monté en émetteur commun, est constituée par la chaîne R_{14} , R_{13} , R_{10} , D_1 , D_2 . Ainsi les variations de courant collecteur détermineront les variations de polarisation des courants base de T_4 et T_5 qui se traduiront par des variations de courant dans la charge.

Toutefois, comme le courant collecteur de T_3 traverse R_{10} , D_1 , D_2 et risque d'engendrer une modulation parasite de V_D qui doit rester constante, il y a lieu de prévoir un dispositif qui évite la distorsion qui prendrait naissance dans la branche T_4/T_6 . C'est le rôle du condensateur C_7 qui réinjectera en A (Fig. 1) la tension aux bornes de la charge c'est-à-dire les variations de la tension collecteur de T_3 , de sorte que V_D demeurera constante même en présence de modulation (montage Bootstrap).

Le transistor NPN T_3 présente une résistance dynamique d'entrée assez faible, de sorte que si le collecteur de T_1 était relié directement à la base de T_3 , le gain serait

insuffisant. Le rôle de T_2 dont l'émetteur est relié à la base de T_3 est donc d'augmenter l'impédance d'entrée de ce dernier. Le courant collecteur est limité par la résistance R_3 . La base est attaquée directement par le collecteur de T_1 qui « voit » ainsi une résistance de quelques milliers d'ohms.

L'ensemble des circuits de la base de T_1 à la charge constitue une chaîne d'amplification à liaison directe, capable de passer le continu. Cependant, les risques d'une instabilité accidentelle de la tension continue à l'entrée se traduiraient par une variation de la tension moyenne en M qui doit toujours rester nulle sous peine d'entraîner la destruction du ou des haut-parleurs branchés en sortie. Le rôle de C_1 à l'entrée est de briser cette chaîne continue sans nuire à la transmission des signaux à très basse fréquence.

L'émetteur de T_1 est relié au point M par deux cheminements :

- L'un par R_4 et R_6 constitue la résistance d'émetteur valable pour le continu. La valeur de $(R_4 + R_6)$ permet de fixer le courant traversant T_1 , la tension en M étant, en continu, supposée nulle de même que la tension base de T_1 . On a ainsi une boucle de stabilisation en continu : toute variation lente de la tension moyenne en M engendrera une variation de courant de T_1 et de toute la chaîne en liaison directe dans un sens tel que la tension en M tende à s'annuler. C'est un réseau de contre-réaction (ou de stabilisation) en continu.

- L'autre par R_7 et C_3 constitue la contre-réaction « dynamique » valable seulement en alternatif, le condensateur C_3 bloquant le continu.

La tension réinjectée $V_{réinj}$ en opposition de phase sur l'émetteur

de T_1 est approximativement égale à

$$V_{réinj} = V_{M,alt} \frac{R_4}{R_7 + R_4}$$

Comme R_7 est très supérieure à R_4 , $(R_7 + R_4)$ est voisin de R_7 et l'on peut écrire :

$$V_{réinj} \approx V_{M,alt} \frac{R_4}{R_7}$$

Lorsqu'on injecte une tension audio-fréquences, $V_{entrée}$, sur la base de T_1 , on la retrouvera sur son émetteur égale et de même signe.

En boucle fermée, la tension de réinjection et la tension d'entrée sont égales :

$$V_{réinj} = V_{entrée}$$

et le gain

$M_{alt}/V_{entrée}$ et donc approximativement égal au rapport des résistances R_7/R_4 .

Cette propriété que l'on retrouve sur les amplificateurs opérationnels, de pouvoir fixer le gain en tension par le rapport de deux résistances, permet, dans le cas présent, de définir la sensibilité avec une bonne précision.

Le condensateur C_2 de forte valeur, sépare bien les deux types de contre-réaction en bloquant les signaux alternatifs en provenance de R_6 .

Le choix du gain résulte des considérations suivantes :

La distorsion harmonique est d'autant plus faible que le taux de contre-réaction est élevé. On a donc tout intérêt à avoir un gain en boucle ouverte c'est-à-dire sans C.R., le plus élevé possible. On règle ensuite R_7 pour obtenir la sensibilité voulue.

Mais, par ailleurs, une valeur élevée du gain en boucle ouverte et un taux de C.R. important se traduisent par des rotations de phase

rapides vers les fréquences élevées, ce qui peut entraîner une oscillation parasite à haute fréquence.

Il existe donc un compromis qui permettra d'obtenir les performances souhaitées avec une bonne stabilité. L'amplification de tension requise est de 26 soit 28,3 dB ou 30 dB, pour conserver une marge suffisante. Le gain en boucle ouverte est voisin de 1 000 soit 60 dB. Il en résulte que le taux de C.R. correspond au gain en boucle fermée. Dans ces conditions, la stabilité est tout à fait satisfaisante en alternatif.

On a vu que la polarisation de T_1 était déterminante du maintien du potentiel nul en continu au point M. En fait, l'équilibre est obtenu lorsqu'une tension légèrement négative est appliquée sur la base de T_1 pour compenser la tension de jonction base-émetteur. Cette polarisation de 0,6 à 0,7 V est obtenue par l'intermédiaire de la diode D_6 (voir Fig. 2) alimentée dans le sens direct par un courant de 3 mA dérivé du -30 V à travers R_3 . Cette tension reste stable quelles que soient les variations intervenant dans le reste du montage, elle contribue à maintenir la valeur moyenne de la tension en M entre 0 et 0,5 V.

Caractéristiques propres à la version 2.

Seule la partie en amont de T_3 a été modifiée. La particularité essentielle de cette version réside dans l'entrée différentielle (voir Fig. 3).

Un peu plus simple que le montage précédent dont il conserve les performances, cette disposition est retenue sur la grande majorité des amplificateurs récents à liaison directe. Le schéma reproduit, dans son principe, les circuits des amplificateurs opérationnels à

deux entrées en circuit intégré (ceux-ci demandent d'ailleurs également deux tensions d'alimentation).

Les transistors PNP T_1 et T_2 ont une résistance d'émetteur commune de valeur relativement élevée qui définit et stabilise le courant (système « paire à longue queue »).

Le signal d'entrée envoyé sur la base de T_1 se retrouve amplifié sur le collecteur relié directement à la base de T_3 . La charge de collecteur est relativement faible, ce qui ne nécessite pas d'adaptation de résistance comme dans la version précédente.

La contre-réaction en continu et en alternatif s'opère par une résistance unique R_6 entre le point M et la base de T_2 . Le couplage T_1/T_2 s'effectue par la résistance commune d'émetteurs R_4 .

Le condensateur C_2 de forte valeur, bloque le continu et court-circuite l'alternatif, de sorte qu'en boucle fermée la tension continue sur la base de T_2 est nulle ainsi que V_M moyen, et la tension de réinjection en alternatif est :

$$V_{réinj} = V_{M,alt} \frac{R_7}{R_6 + R_7} \approx V \frac{R_7}{M_{alt}} = V_{entrée}$$

De la même façon que dans la version 1, le gain en tension s'obtiendra par le rapport de deux résistances R_6/R_7 dans le cas présent). Ce rapport a été choisi légèrement plus faible que dans le cas précédent (marge de gain nulle) ce qui augmente d'autant le taux de contre-réaction.

Système de limitation d'intensité des transistors de puissance.

Il est bien connu des expérimentateurs malchanceux (ou maladroits?) que la mise en court-circuit des bornes de sortie d'un

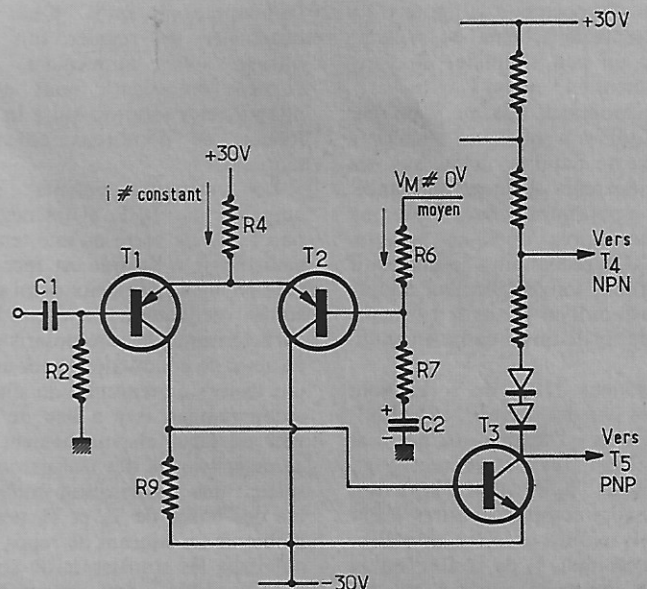
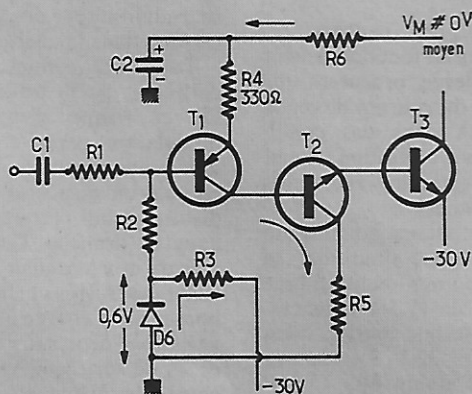


Fig. 2. - Polarisation de T_1 (version 1).

Fig. 3. 8 Entrée différentielle (version 2).

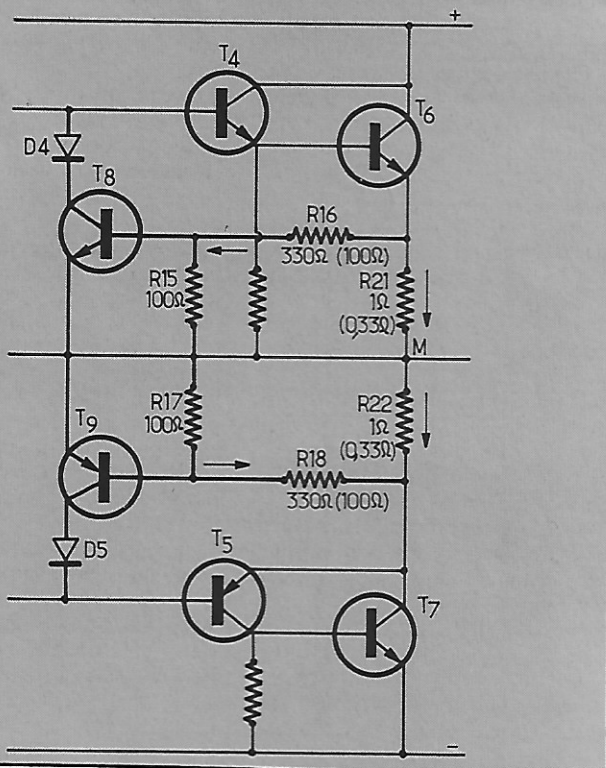


Fig. 4. -
Limiteur
d'intensité
des
transistors
de
puissance.

amplificateur à liaison directe, en présence de modulation, se traduit - inmanquablement - par la destruction quasi immédiate des transistors de sortie et de leurs drivers par excès de débit.

Pour pallier cet inconvénient majeur des amplificateurs à transistors, il existe des dispositifs

simples et très efficaces qui limitent le courant traversant les transistors de puissance à une valeur prédéterminée, légèrement supérieure à l'intensité crête maximale admise pour le signal (soit un peu au-delà de l'écrêtage).

Le système que nous avons adopté et qui est représenté sur la

figure 4 est très répandu avec de nombreuses variantes. Il consiste à prélever une fraction de la tension apparaissant sur la résistance de protection du transistor de puissance sur lequel on désire agir. Lorsque cette tension atteint une valeur de seuil jugée suffisante, elle débloque un transistor de commande connecté entre le point M et la base du driver correspondant, tendant ainsi à le bloquer.

Le courant du transistor de sortie sera donc limité à la valeur du seuil d'action du système qu'il est facile d'ajuster en jouant sur le rapport des résistances de prélèvement (R_{15} , R_{16} et R_{17} , R_{18}). Les diodes en série avec les collecteurs des transistors de commande protègent ceux-ci contre une inversion de tension toujours possible en présence de signal ou au démarrage.

Le circuit NPN (R_{15} , R_{16} , T_8 , D_4) protège l'ensemble T_4/T_6 sur les alternances positives alors qu'un complément PNP (R_{17} , R_{18} , T_9 , D_5) est prévu pour la sécurité de T_5/T_7 .

Nous avons prévu plusieurs éventualités d'utilisation de ce système pour en accroître la souplesse : les résistances de protection R_{21} et R_{22} peuvent être abaissées à 0,33 Ω pour augmenter la puissance disponible en sortie, particulièrement lorsqu'on utilise une charge de 4 Ω. Dans ce cas la tension aux bornes des

résistances est trois fois moins élevée, ce qui entraîne la modification des résistances série des ponts diviseurs R_{16} et R_{18} (100 Ω au lieu de 330 Ω).

La puissance obtenue est alors de 43 W sur 4 Ω, de 34 W sur 8 Ω (valeur un peu supérieure au cas nominal) et de 23 W sur 15 Ω (même valeur que pour le cas nominal).

La mise en court-circuit des sorties limitera la valeur crête du courant traversant chaque transistor T_6 ou T_7 à 5 A au maximum, ce qui constitue une marge raisonnable pour permettre le maintien d'un court-circuit pendant un temps limité sur la charge sans détériorer les transistors de sortie. Au cas où l'on conserverait aux résistances de protection leur valeur nominale de 1 Ω la marge de sécurité est encore plus grande puisque le court-circuit peut être maintenu de façon permanente si les radiateurs sont suffisants et si les résistances de protection peuvent dissiper au moins 4 W.

Dans l'un et l'autre cas, on pourrait augmenter encore la sécurité en disposant les diodes D_1 et D_2 en contact thermique direct avec les boîtiers des transistors T_6 et T_7 : de cette façon une augmentation de température due à un courant élevé dans les transistors de sortie, diminuera la résistance des diodes et par conséquent la tension V_D qui à son tour abais-

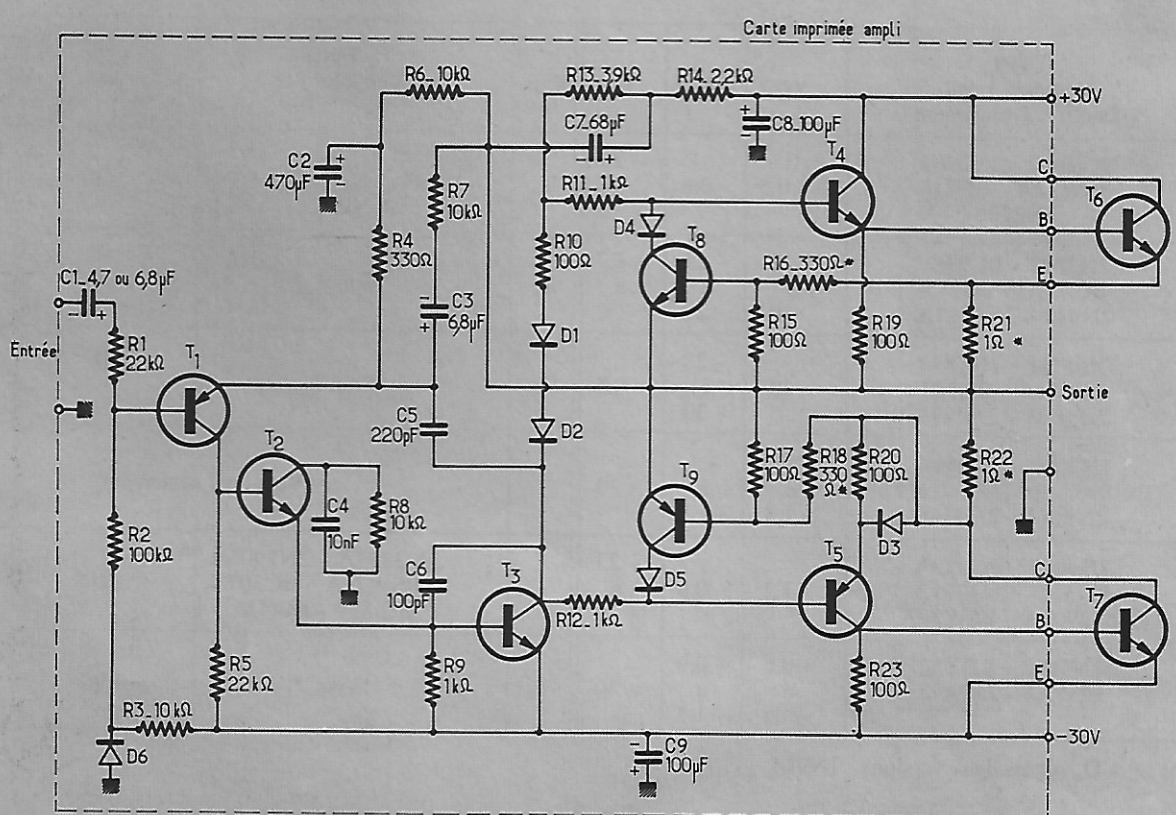


Fig. 5. -
Schéma
du circuit
ampli
de puissance
(version 1).

* Voir texte

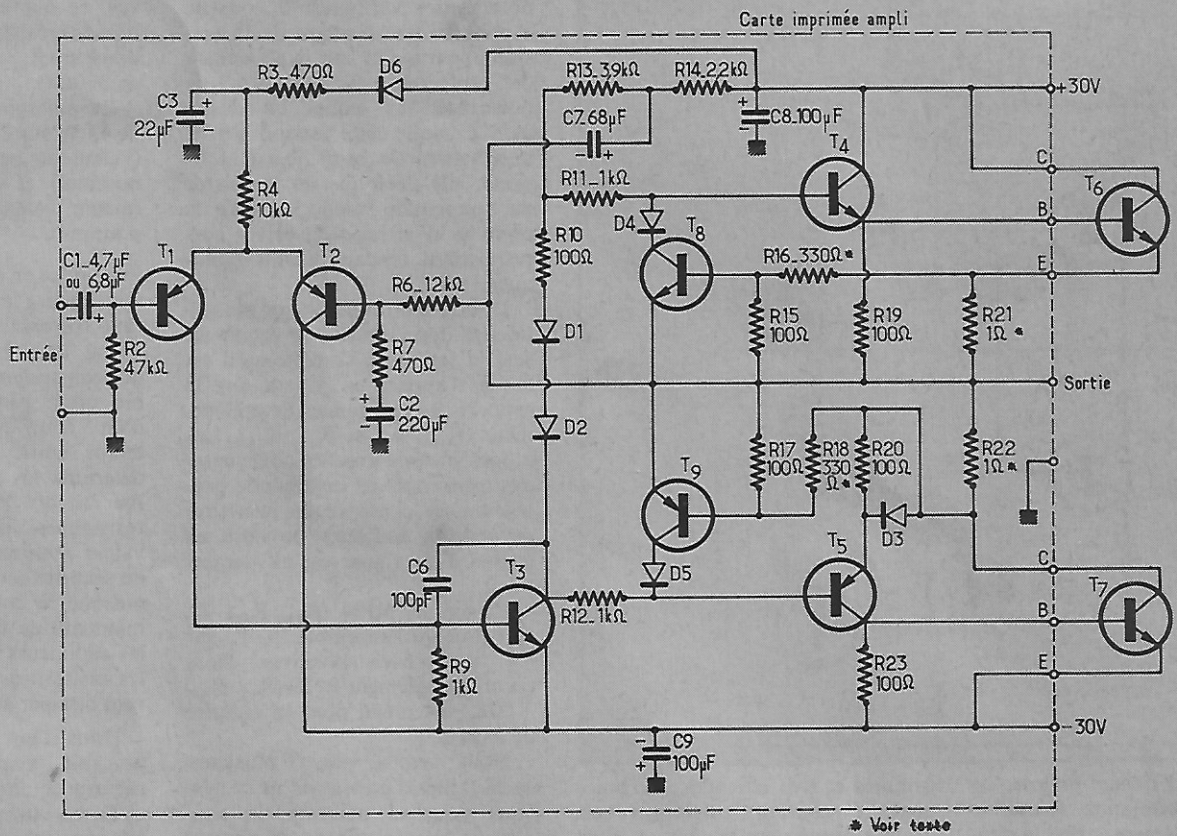


Fig. 6. - Schéma du circuit ampli de puissance (version 2).

Rep.	TYPE Versions 1 et 2 (sauf** : 1 seulement)	V _I	V _B	V _C	Rep.	TYPE Versions 1 et 2	V _I	V _B	V _C
T ₁ **	2N2907 - 2N2905 BSW22A - BC415 2N2906	- 0 à + 0.5	- 0.6	- 26 à - 30	T ₇	Voir T ₆	- 30	- 27 à - 30	+ 0.4 à - 0.4
T ₂ **	2N2222 - BC338 BC238B - BC211 2N930 - 2N3391A	- 28 à - 30	- 25 à - 29	- 6.7 à - 7	T ₈	Voir T ₂ **	0 à + 0.5	0 à + 0.5	+ 1 à + 1.5
T ₃	2N1711 - 2N1893 BC211A - BC207 2N1613 - 2N2193	- 30	- 28 à - 30	- 0.5	T ₉	Voir T ₁ **	0 à - 0.5	0 à - 0.5	- 0.5 à - 1
T ₄	2N3053 - BC211A 2N1893 - BC337 - 2N1711 2N1613 - 2N1566	+ 0.9 à + 1.8	+ 1 à + 1.5	+ 30	Version 2 seulement :				
T ₅	2N4037 - BC313A BC327 - 2N2905A 2N2907A - BSW22A	+ 1.2	- 0.6	- 27 à - 30	T ₁	2N2907A - 2N2905A BSW22A - BC307 BC 327 - BC 416	+ 0.8	+ 0.2	- 29
T ₆	2N3055 - BDY55 BDY53 - 2N3442	+ 0.6 à + 1.4	+ 0.9 à + 1.8	+ 30	T ₂	Voir T ₁	+ 0.8	+ 0.2	- 30

Diodes D₁ à D₆ sur les deux versions : 1N914

Fig. 7

AMPLI DE PUISSANCE

LISTE DES TRANSISTORS RECOMMANDÉS - TENSIONS RELEVÉES (AU REPOS)

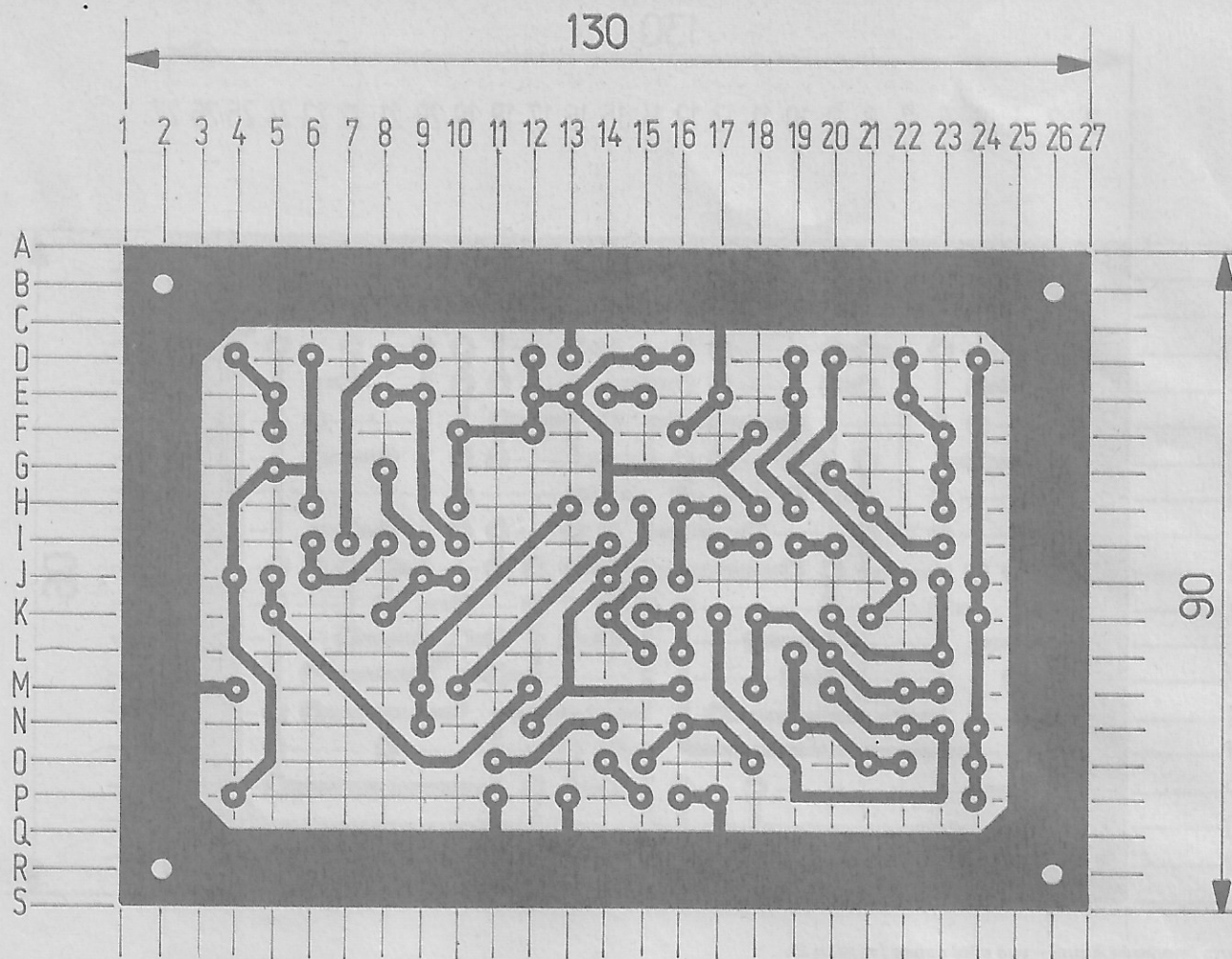


Fig. 8. - Carte imprimée Ampli - vue côté cuivre (version 1).

sera le courant de sortie. On crée ainsi un système de régulation thermique assez simple et efficace s'il est mécaniquement bien conçu. Cependant, s'il n'est pas prévu de sortir en permanence la puissance maximale de l'amplificateur cette disposition est tout à fait inutile (99 % des cas?).

Autres particularités.

Les figures 5 et 6 représentent les schémas complets des deux versions de l'amplificateur de sortie.

Une résistance de 100Ω et une diode en parallèle (R_{20} , D_3) ont été disposés en série avec l'émetteur de T_2 . Cet arrangement dû à Baxandall est destiné à améliorer le fonctionnement de T_5 et à diminuer la distorsion de recouvrement.

Les lignes d'alimentation $\pm 30 V$ sont découplées par des condensateurs de $100 \mu F$ dont la présence est absolument indispensable pour éviter les couplages entre voies et les accrochages intempestifs.

On notera la contre-réaction haute fréquence appliquée sur l'étage T_3 , au moyen de C_6 placé

entre collecteur et base de ce transistor. Dans la version 1, une autre correction est prévue par C_5 entre l'émetteur de T_1 et le collecteur de T_3 . Le condensateur C_4 aux bornes de R_8 est destiné à régulariser la courbe de phase.

Sur la version 2, un dispositif très simple constitué par la diode D_6 , la résistance R_3 et le condensateur C_3 prévient le « cloc » désagréable à la coupure d'alimentation. Ce bruit est dû au brutal déséquilibre de la tension de sortie qui apparaît lorsque les transistors d'entrée se bloquent par la diminution rapide de la tension d'alimentation positive après arrêt de l'appareil. Avec ce système, le condensateur C_3 chargé à travers la diode D_6 (sens direct) et la résistance R_3 de limitation de courant, ne se décharge que lentement après l'extinction de l'appareil car, dès que le $+30 V$ décroît, la diode D_6 se trouve polarisée en sens inverse et ne conduit plus, isolant ainsi l'alimentation positive de l'étage d'entrée. La charge de C_3 assure le fonctionnement de T_1/T_2 pendant quelques secondes ce qui est suffisant puisqu'au bout de ce temps les tensions $\pm 30 V$ se seront pratiquement annulées.

Quelle version choisir? Quels transistors employer?

Nous avons indiqué qu'au plan des performances l'une et l'autre version répondait aux spécifications fixées. Le critère de choix sera donc la disponibilité des composants. La version 1 autorise des dispersions assez grandes sur T_1 et T_2 alors que l'entrée différentielle de la version 2 serait plus sensible à un écart important des caractéristiques des transistors d'entrée.

On pourra se faire une idée des possibilités d'adaptation des transistors du commerce sur ce montage en examinant le tableau de la figure 7 qui donne une liste recommandée ainsi que les tensions relevées au repos sur les électrodes des transistors correspondants.

Nous conseillons, évidemment le 2N3055 comme transistor de sortie : il est assez répandu, relativement économique, robuste et performant; quelques équivalents peuvent lui être opposés. Pour les autres transistors, notre préférence est moins marquée et la liste des équivalences est loin d'être épuisée; les meilleurs résultats seront

obtenus avec des modèles à grand gain et à V_{CE0} d'au moins $30 V$.

L'utilisation éventuelle de transistors PNP au Germanium est absolument proscrite en raison de l'instabilité thermique élevée de ces composants qui n'est pas compatible avec les liaisons directes de notre amplificateur. Le prix des transistors au Silicium est si faible (même en PNP) et leurs performances tellement supérieures qu'il serait insensé de ne pas les utiliser exclusivement sur ce type de montage.

Une mention particulière est à faire à propos des drivers. Leur rôle essentiel étant de procurer un gain de courant ou - ce qui revient au même - de présenter à l'amplificateur de tension une impédance de charge suffisante pour ne pas détériorer ses performances en modulant au maximum les transistors de sortie, il convient de les choisir avec un soin particulier. Si le gain β des transistors de sortie est supérieur à 50, ce qui est souvent le cas, ils n'auront pas trop d'efforts à faire pour remplir leur rôle et un choix large de transistors peut être fait (avec $V_{CE0} \geq 50 V$).

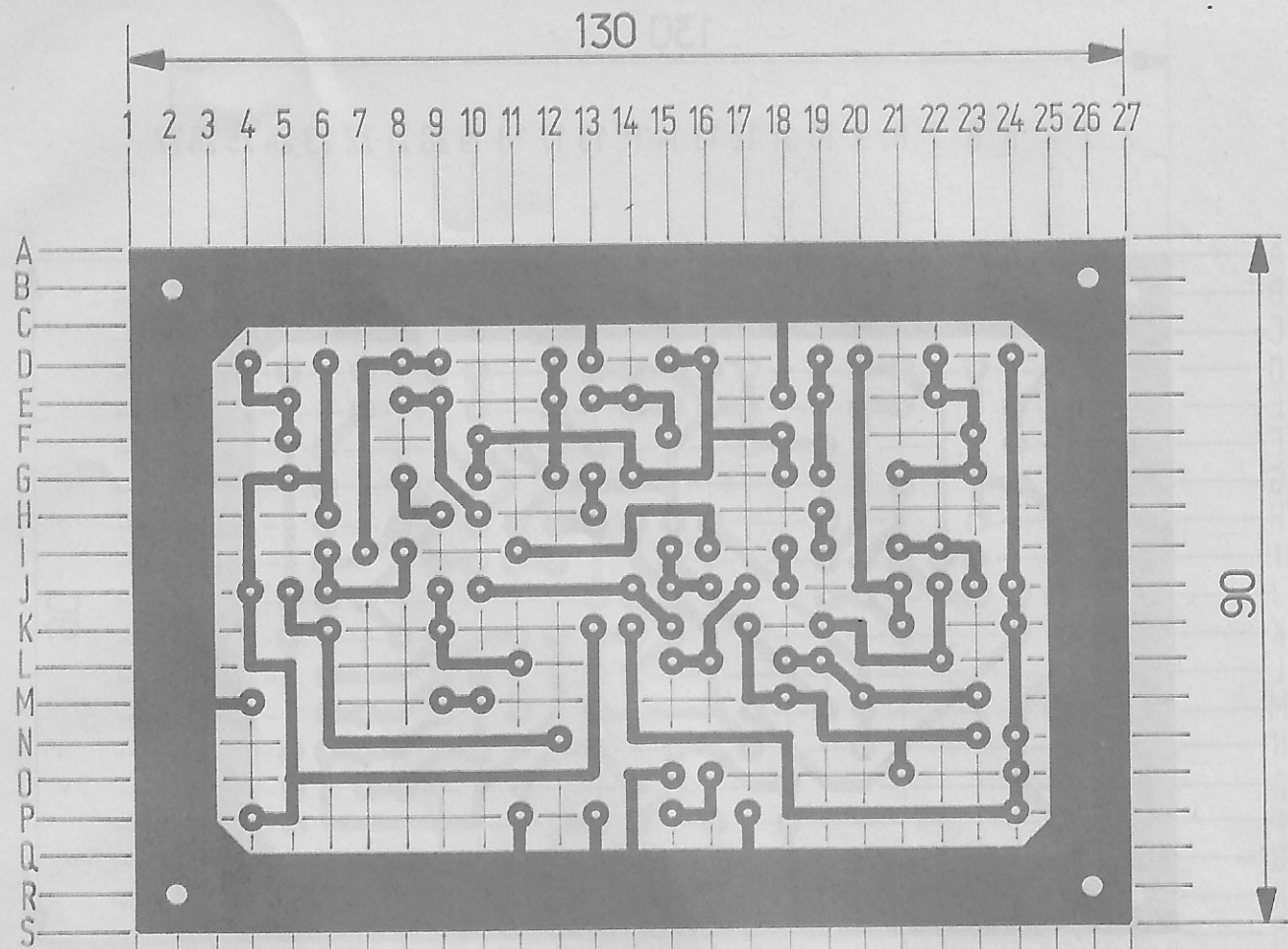


Fig. 9. - Carte imprimée Ampli - vue côté cuivre (version 2).

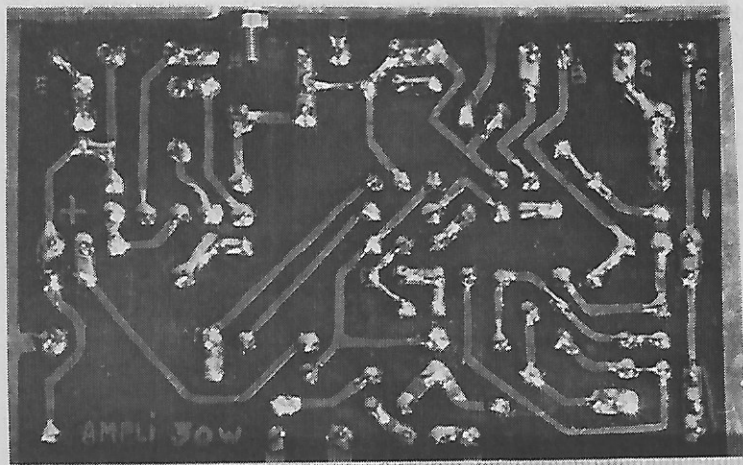


Photo A - Vue du circuit imprimé côté cuivre (version 1).

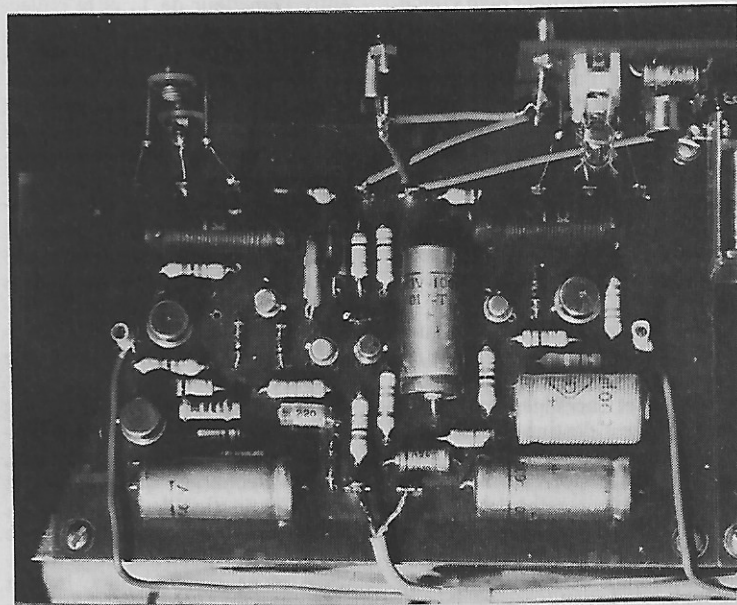


Photo B - Vue du circuit imprimé côté composants (version 1).

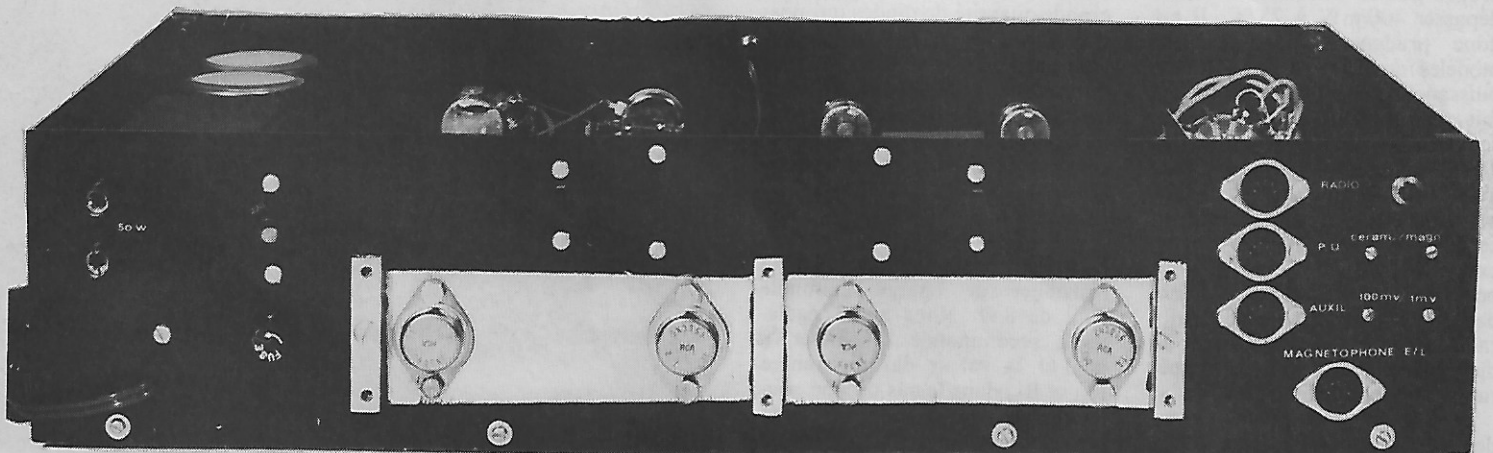
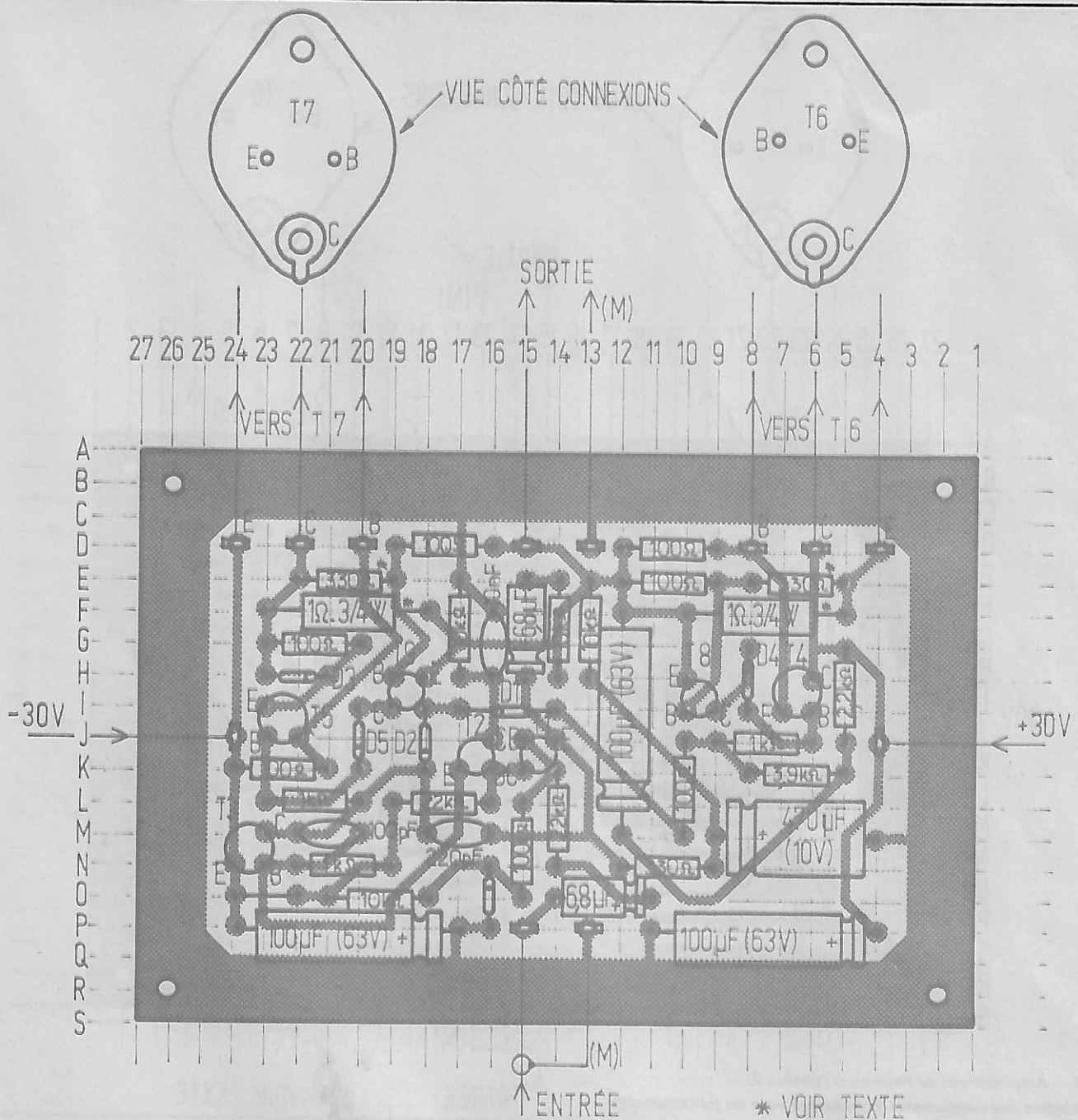


Photo C - Vue arrière de l'amplificateur terminé (remarquez la disposition des transistors de puissance).

les tensions d'alimentation jusqu'à ± 40 V, sans changer la valeur des autres composants (à l'exception de R_{21} et R_{22} évidemment).

L'utilisation de tensions plus élevées est à déconseiller sur ce type de montage en raison des risques de claquage de jonctions ou de dissipation excessive.

L'utilisation de charges voisines de 15 Ω est naturellement possible. L'ennui avec cette valeur élevée est que l'on ne pourra pas tirer de notre amplificateur toute la puissance qu'il est capable de donner. La valeur obtenue est presque la moitié de celle que l'on a en version nominale. On pourra cependant combler cette différence avec des tensions d'alimentation de ± 40 V. On obtiendra alors une trentaine de watts comme en version nominale.

Ces considérations démontrent qu'il est essentiel, avant toute chose, de choisir le transformateur d'alimentation correspondant à la puissance désirée sur l'impédance des enceintes que l'on possède ou que l'on désire acquérir. Nous avions déjà insisté sur ce point dans la première partie de cette étude.

Réalisation, liste des composants.

Les figures 8 et 9 représentent le dessin (côté cuivre) à l'échelle 1 des cartes imprimées de 130 \times 90 mm correspondant respectivement aux versions 1 et 2. Les connexions inscrites sur la trame de 5 \times 5 mm seront scrupuleusement copiées. La bordure de 1 cm qui entoure le circuit sert de masse de référence et doit être conservée.

Puisque les amplificateurs des deux voies sont absolument identiques, il est conseillé de procéder au perçage simultané des deux cartes. Les trous pour la fixation des composants sont de 1 ou 1,2 mm. Toutefois certaines fabrications de résistances bobinées (R_{21} et R_{22}) sont réalisées, parfois, avec des connexions en méplat qui nécessitent un trou de diamètre supérieur (1,5 ou 2 mm).

La méthode à suivre pour la réalisation du câblage imprimé par report de dessin sur cuivre et attaque chimique est la même que celle qui a été indiquée pour la carte « Alimentation » dans l'article précédent.

On ne saurait trop recommander de faire une très soignée vérification du dessin réalisé sur cuivre avant de plonger les cartes dans le bain d'attaque. Une erreur peut facilement être corrigée au grattoir à ce stade; la rectification ultérieure du câblage risque d'être beaucoup plus problématique.

Nous conseillons également de procéder à un lavage prolongé des cartes après attaque car les traces éventuelles de perchlore de fer séchées se traduiraient par des fuites

électriques préjudiciables au bon fonctionnement des circuits.

Les transistors de puissance sont fixés sur un radiateur à l'extérieur de la carte. Il en existe de nombreux modèles, très efficaces, à ailettes, pour un ou deux transistors en boîtier TO 3. Plus simplement, la paire de transistors peut être fixée sur une plaque d'aluminium de 3 mm de mêmes dimensions que celles de la carte. L'ensemble peut être assemblé au

moyen d'entretoises de 20 mm et de 4 vis de 3 \times 35. Dans la réalisation mécanique de l'amplificateur H.P. 2 \times 30, que nous proposerons bientôt, l'emplacement des transistors de sortie est prévue sur la plaque de fond de l'appareil.

Les figures 10 et 11 montrent l'implantation des composants sur la face « isolant ». Toutes les valeurs sont indiquées ainsi que les polarités des condensateurs et les brochages (vus de dessus) des transistors et des diodes.

Là aussi, un examen comparatif entre le dessin et la carte câblée permettra d'effectuer l'indispensable contrôle rigoureux qui évitera les erreurs, sources de déboires et de destruction de composants. Les connexions vues en transparence facilitent ce contrôle et en améliorent la qualité.

Voici, enfin, par voie et pour chacune des versions proposées, la liste complète des composants nécessaires à la réalisation de ces amplificateurs de puissance :

Version 1 – Transistors et diodes : voir tableau de la figure 7 – Résistances

repère	quantité	valeur			référence
R_{21}^* , R_{22}^*	2	1 Ω	10 %	4 W	Bobinée SFERNICE, ALTER SETA...
R_{10} , R_{15} , R_{17} R_{19} , R_{20} , R_3	6	0,5 W	5 %	100 Ω	Couche carbone COGECO
R_4 , R_{16}^* , R_{18}	3	«	«	330 Ω	«
R_9 , R_{11} , R_{12}	3	«	«	1 k Ω	«
R_{14}	1	«	«	2,2 k Ω	«
R_{13}	1	«	«	3,9 k Ω	«
R_3 , R_6 , R_7 , R_8	4	«	«	10 k Ω	«
R_1 , R_5	2	«	«	22 k Ω	«
R_2	1	«	«	100 k Ω	«

– Condensateurs :

C_6	1	100 pF	10 %	Céramique COGECO, LCC...
C_5	1	220 pF	10 %	«
C_4	1	10 nF	10 %	Polyester C280 COGECO
C_1 , C_3	2	4,7 μ F ou 6,8 μ F	63 V	FITCO de COGECO
C_7	1	68 μ F	63 V	«
C_8 , C_9	2	100 μ F	63 V	«
C_2	1	470 μ F	10 V	«

Version 2 – Transistors et diodes : voir tableau de la figure 7 – Résistances :

repère	quantité	valeur			référence
R_{21}^* , R_{22}^*	2	1 Ω	10 %	4 W	Bobinée SFERNICE, ALTER, SETA...
R_{10} , R_{15} , R_{17} R_{19} , R_{20} , R_{25}	6	0,5 W	5 %	100 Ω	Couche carbone COGECO
R_{16}^* , R_{18}^*	2	«	«	330 Ω	«
R_3 , R_7	2	«	«	470 Ω	«
R_9 , R_{11} , R_{12}	3	«	«	1 k Ω	«
R_{14}	1	«	«	2,2 k Ω	«
R_{13}	1	«	«	3,9 k Ω	«
R_4	1	«	«	10 k Ω	«
R_6	1	«	«	12 k Ω	«
R_2	1	«	«	47 k Ω	«

– Condensateurs :

C_6	1	100 pF	10 %	Céramique COGECO, LCC...
C_1	1	4,7 μ F ou 6,8 μ F	63 V	FITCO de COGECO
C_3	1	22 μ F	63 V	«
C_7	1	68 μ F	63 V	«
C_8 , C_9	2	100 μ F	63 V	«
C_2	1	220 μ F	10 V	«

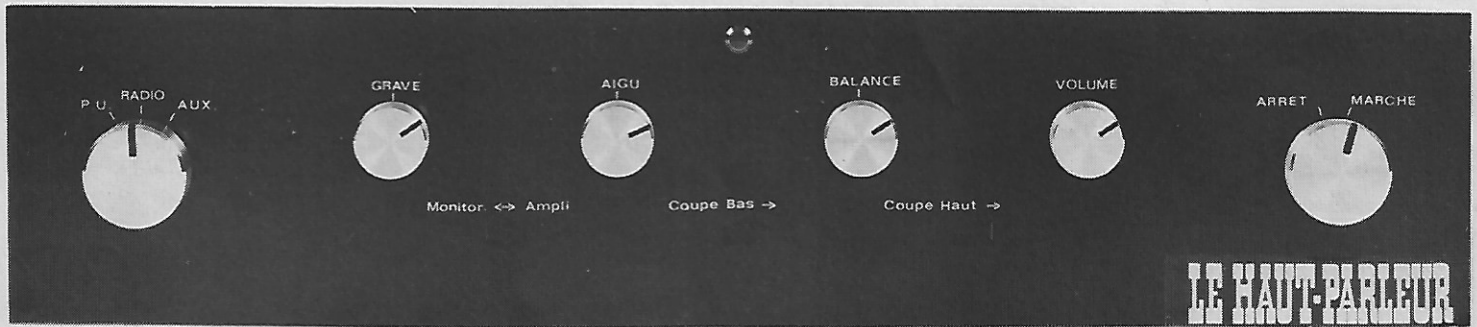
Remarque : En option 4 Ω et/ou à puissance plus élevée que la valeur nominale les résistances marquées d'un astérisque sont modifiées de la façon suivante :

- R_{21} et R_{22} deviennent 0,33 Ω au lieu de 1 Ω ,
- R_{16} et R_{18} deviennent 100 Ω au lieu de 330 Ω .

(à suivre)

J. CERF

réalisez vous-mêmes cet amplificateur stéréophonique



2X30 W

(Suite voir n° 1433 et 1437)

III. Le préamplificateur

LES spécifications générales applicables à l'amplificateur de puissance nous ont amenés à fixer sa sensibilité à 600 mV eff. (voir le précédent article). Cette valeur n'est évidemment pas compatible avec les tensions susceptibles d'être fournies par les sources à bas niveau (phonocapteur, microphone dynamique etc.). De plus, la commutation des signaux d'entrée, les modifications de la réponse en fréquence requises pour les indispensables corrections de lecture phonographique ou l'adaptation d'une « tonalité » satisfaisant l'esthétique auditive, enfin, la commande de balance et de puissance sonore, introduisent un affaiblissement parfois considérable qu'il est nécessaire de compenser par des circuits amplificateurs appropriés : c'est le rôle du préamplificateur.

Page 178 - N° 1441

En fait, les exigences de l'auditeur se sont énormément accrues en matière de réglages; il semble, d'ailleurs, que, pour certains, la manipulation des commandes d'un amplificateur participe, pour beaucoup, à la joie du mélomane qui se crée ainsi l'ambiance sonore qu'il désire et souhaite faire apprécier...

C'est la raison pour laquelle les préamplificateurs sont parfois encombrés d'une quantité invraisemblable de boutons, manettes, commutateurs en tous genres qui en « mettent plein la vue sinon plein l'oreille » en permettant à l'auditeur de sculpter sa courbe de réponse et créer des effets spéciaux à un point tel qu'il n'est pas interdit de se demander où se trouve la haute-fidélité après toute cette chimie du son qui s'ajoute, chez l'utilisateur, à celle parfois

excessive et pas toujours justifiée qui a été appliquée, à son insu, aux enregistrements phonographiques ou magnétiques et aux émissions radiophoniques.

Il est cependant difficile d'éviter d'incorporer un certain nombre de réglages, sinon indispensables, du moins appelés par l'habitude. C'est pourquoi nous avons recherché le raisonnable compromis qui, nous l'espérons, donnera satisfaction à la majorité des lecteurs mélomanes, en laissant aux super-exigeants la liberté d'adjoindre les adaptations supplémentaires qu'ils souhaiteraient et que la souplesse de nos modules autorise.

Pour rendre plus faciles ces éventuelles adaptations, et plus simple la réalisation des circuits, parfois complexes, nous avons divisé notre préamplificateur en deux parties :

- Une carte circuits d'entrée qui comprend les adaptations d'impédance et de niveau aux diverses sources et une correction de la caractéristique normalisée de gravure pour l'entrée phonocapteur. Cette carte comprendra les circuits identiques des deux voies stéréophoniques.

- Une carte tonalité qui groupe les dispositifs classiques de correction de timbre (grave et aigu), les éléments d'un filtre coupe-bas et ceux d'un filtre coupe-haut, l'adaptation d'impédance aux circuits de liaison vers les amplificateurs de puissance.

En raison de nombreux branchements extérieurs qu'il convient d'effectuer à partir des circuits de tonalité (entrées, sorties, alimentations, potentiomètres grave et aigu, inverseurs, pour la mise en

œuvre des filtres), nous avons préféré séparer les deux cartes semblables des deux voies : la clarté du câblage y gagne.

La carte circuits d'entrée est réunie à la carte tonalité par l'intermédiaire d'un commutateur monitoring/ampli sur lequel nous reviendrons.

Le potentiomètre de balance et celui de volume sont branchés en cascade entre la sortie de la carte tonalité et l'entrée des amplificateurs de puissance.

L'alimentation des cartes du préamplificateur est assurée par la tension régulée de +23 volts disponible sur la carte alimentation précédemment décrite.

Chaque voie comporte 5 transistors à faible bruit (soit 10 au total) du type 2N 3391 A ou BC 109 dont il existe de nombreux équivalents : BC 209, BC 238, BC 409, BC 413, BC 414, BC 549, PBC 109, PBC 184 etc. Pour des raisons évidentes de standardisation, nous avons adopté le même type de transistor sur l'ensemble des circuits du préamplificateur, mais la carte circuits d'entrée, seule, nécessite l'emploi des transistors à faible bruit. Les circuits de tonalité peuvent être équipés de tout NPN d'au moins 200 mW, ayant une tension $V_{CB} \geq 25$ volts et un gain β supérieur à 150, ce qui autorise un très large choix dans les catalogues des constructeurs.

Carte circuits d'entrée

Le schéma de principe du fonctionnement d'une voie est indiqué sur la figure 1.

Le signal d'entrée peut être appliqué directement (bas niveau) à travers C_1 ou, au moyen d'un commutateur S_1 ou S_2 , par le diviseur $R_S R_P$ (haut niveau). La résistance R_1 , de valeur élevée, est destinée à écouler la charge du condensateur C_1 .

Les deux étages T_1 et T_2 sont montés en liaison directe suivant une technique assez largement adoptée qui offre l'avantage de la simplicité alliée à une bonne performance.

La base de T_1 est polarisée à partir de la tension d'émetteur découplée de T_2 . La stabilisation est ainsi assurée en continu, car toute augmentation du courant de base de T_1 entraîne une diminution de sa tension de collecteur, donc de la tension d'émetteur de T_2 et du courant de la base de T_1 .

En alternatif, un réseau de contre-réaction commutable entre

le collecteur de T_2 et l'émetteur de T_1 donnera au gain une valeur stable, choisie pour chaque utilisation.

Pour l'entrée P.U. (aux réserves près, que nous expliquerons plus loin), une correction est prévue suivant la normalisation CCIR/RIAA adoptée. On notera la présence du condensateur C_5 , qui isole le continu du réseau de C.R. alternative. Le pont diviseur R_3-R_4 dans l'émetteur de T_1 permet de renforcer l'action de la correction RIAA vers les fréquences basses et régularise la résistance d'entrée de T_1 en fonction de la fréquence.

Les sorties sont envoyées vers le commutateur S_4 ampli/monitoring.

En position ampli, le signal amplifié est acheminé, d'une part, vers l'entrée de la carte tonalité, d'autre part, vers la prise enregistrement d'un magnétophone, mais si celui-ci possède une tête de lecture séparée, dite tête de monitoring, il fournira une tension de lecture qui, après les corrections d'usage, sera amplifiée par la chaîne. L'avantage de cette disposition est évident : c'est le signal enregistré, puis lu aussitôt, qui est entendu dans les enceintes, ce qui permet un contrôle sonore de l'enregistrement en vraie grandeur et en temps presque réel (seul le décalage des têtes intervient). L'utilisation du commutateur S_4 permettra ainsi de comparer, à tout moment, le signal lu après enregistrement avec le signal initial.

Si le magnétophone ne possède pas de tête de monitoring, l'enregistrement se fera en position amplificateur : on ne contrôle que le message avant enregistrement.

La lecture se fera séparément après rebobinage et commutation de S_4 en position monitoring.

Des résistances sont prévues en série avec les entrées d'enregistrement et les sorties de lecture et les sorties et entrées correspondantes du préamplificateur afin de réduire les influences mutuelles des impédances des deux appareils qui sont rarement adaptés.

La figure 2 représente le schéma des circuits d'entrée compris dans la carte imprimée correspondante. Les deux voies sont rigoureusement identiques.

On distinguera les entrées droite et gauche (ED, EG), les sorties (SD, SG), la ligne de contre-réaction droite (curseur CRD, positions CRD_1, CRD_2, CRD_3), celle de gauche (curseur CRG, positions CRG_1, CRG_2, CRG_3), enfin, les entrées de l'alimentation +23 V régulée, séparées pour les deux voies, afin de réduire le couplage.

La résistance de collecteur de T_1 a une valeur élevée qui pourra surprendre (180 k Ω) : le choix provient du fait que le courant collecteur de T_1 doit être très faible pour diminuer le plus possible le bruit de fond.

Le condensateur d'entrée C_1 a une importance capitale. Notre expérience en la matière nous a appris à être méfiants : la moindre fuite aléatoire, fut-elle d'une fraction de microampère, risque fort d'entraîner un bruit intempestif en sortie, et ce n'est pas le changement du transistor d'entrée, souvent décidé dans un tel cas, qui apportera la solution. Nous avons eu l'occasion d'utiliser des modèles de condensateurs fort différents dont certains, à l'usage, ont montré qu'ils vieillissaient assez mal : il est difficile de déterminer, à

l'avance, si un condensateur électrochimique courant conservera ses propriétés au cours du temps. La recherche d'un courant de fuite est, en général, assez délicate et le phénomène peut varier dans le temps ou d'un lot de condensateurs à un autre sans cause apparente.

Nous avons d'abord envisagé l'utilisation d'un modèle au polycarbonate qui aurait éliminé, à coup sûr, le défaut. La nécessité de disposer d'un modèle de 2 μF pour transmettre correctement les fréquences basses nous amenaient à prendre un condensateur de dimensions prohibitives qui transformait le circuit de base de T_1 en... collecteur de tension parasite à 50 Hz. Il aurait alors fallu blinder ce condensateur, ce qui compliquait notablement la réalisation de notre circuit.

Un modèle au tantale, vingt fois moins encombrant que le précédent nous a finalement donné satisfaction et nous conseillons vivement l'utilisation de ce type de composant à l'entrée de tout préamplificateur à grand gain, même si un essai avec un autre modèle semble convenir dans l'immédiat.

La tension nominale de sortie est de 250 mV eff. Les sensibilités définies plus loin sont donc établies en tenant compte de ce niveau.

Le gain correspondant à chaque utilisation est fixé par la configuration du réseau de contre-réaction. En boucle ouverte, c'est-à-dire sans C.R., ce gain atteint au moins 60 dB soit 1 000 en tension. Trois positions ont été prévues.

La position 1, non linéaire, correspond à une amplification des signaux en provenance d'un phonocapteur et à la compensation de la caractéristique de gravure normalisée RIAA. On sait que les enregistrements phonographiques modernes présentent une accentuation des fréquences supérieures à 2 kHz, et un affaiblissement des fréquences inférieures à 500 Hz qu'il convient de compenser, à la reproduction dans le préamplificateur : par ce procédé on obtient une réduction appréciable du niveau de bruit qu'aurait amené, sans cela, la lecture d'un enregistrement linéaire. L'obtention d'un rapport signal/bruit convenable est, en effet, un problème délicat avec les méthodes de fabrication et les matériaux utilisés pour les disques microsillons.

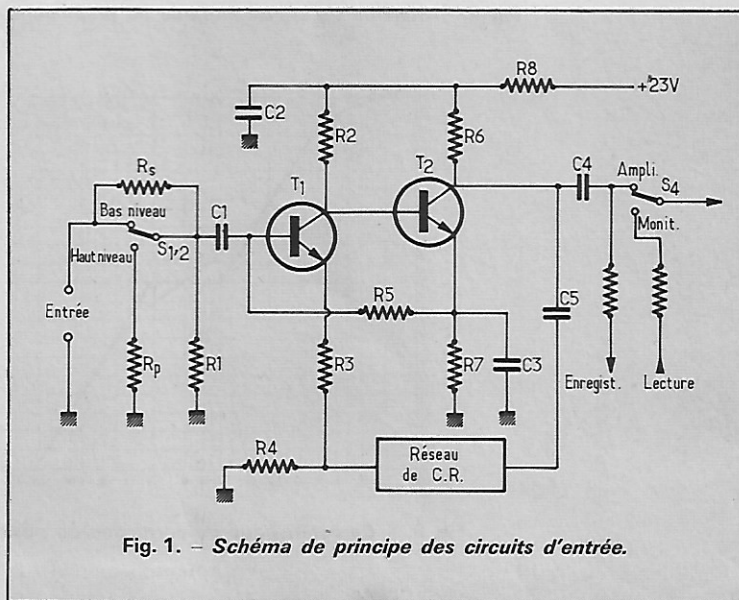


Fig. 1. - Schéma de principe des circuits d'entrée.

Pour une restitution fidèle du message sonore, il ne suffit pas de se contenter d'une compensation approximative; il est indispensable d'opérer une correction qui corresponde très exactement à l'inverse de la courbe d'enregistrement.

On trouvera, sur la figure 3, la caractéristique de lecture. Le réseau de contre-réaction sélective (R_9, C_7, R_{10}, C_6) présente une impédance qui varie très sensiblement dans la gamme des fréquences qui nous intéresse. Il a été calculé pour reproduire fidèlement la caractéristique souhaitée en agissant sur le gain du préamplificateur avec une accentuation de 6 dB/octave de 500 Hz vers 50 Hz, et une atténuation de même pente à partir de 2 120 Hz.

La sensibilité à 1 kHz est de 3 mV eff. On voit de suite qu'à 50 Hz, l'accentuation étant de 18 dB (valeur mesurée), soit un rapport de 8 en tension, la sensibilité atteint $375 \mu V$: on comprend aisément la nécessité de blinder très soigneusement les circuits d'entrée qui ne demanderont qu'à recueillir les tensions indésirables à la fréquence du secteur. Dans cet ordre d'idées, nous avons déjà signalé la gêne que pouvait entraîner le rayonnement d'un transformateur d'alimentation de médiocre qualité ou insuffisamment dimensionné.

Les positions 2 et 3 sont linéaires. Elles peuvent être employées pour l'amplification de signaux ne nécessitant pas de corrections particulières (radio, par ex.). Comme les tensions peuvent varier entre quelques millivolts et plusieurs volts, nous avons prévu deux valeurs de la résistance de C.R.

En position 2, R_{11} de 10 k Ω procure un gain de 25, soit une sensibilité de 10 mV. En position 3, on obtient un gain de 250 et une sensibilité de 1 mV avec R_{12} de 100 k Ω .

Entrées disponibles.

Il est rappelé que les sensibilités citées plus haut correspondent, pour chaque cas, à la tension nécessaire à l'entrée de la carte circuits d'entrée, pour obtenir, lorsque le potentiomètre de volume est réglé au maximum, la valeur nominale de puissance que peuvent délivrer les amplificateurs de sortie. Les valeurs globales que nous indiquons maintenant tiennent compte des réseaux disposés entre les entrées générales et celles du préamplificateur pour conserver à notre réalisation une grande simplicité de commutation,

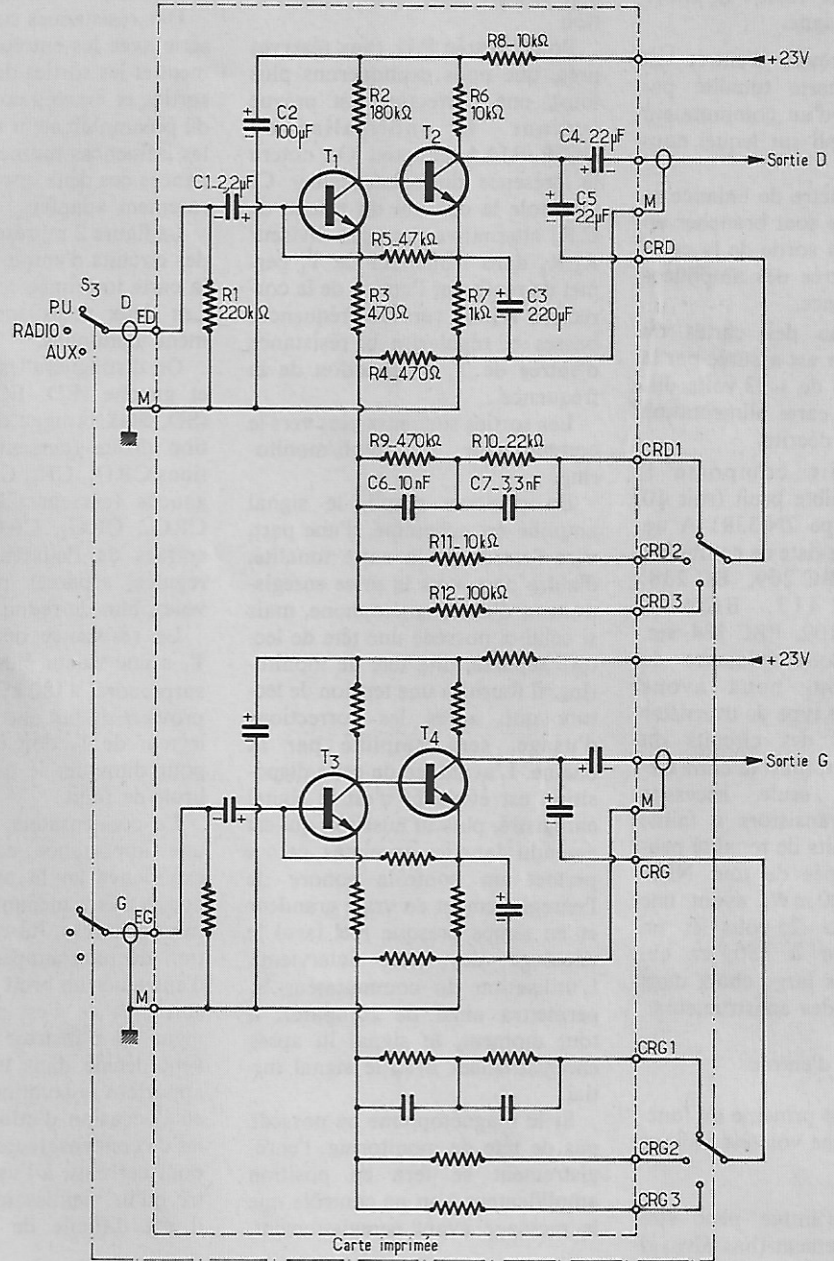


Fig. 2. - Schéma du circuit imprimé du préamplificateur d'entrée.

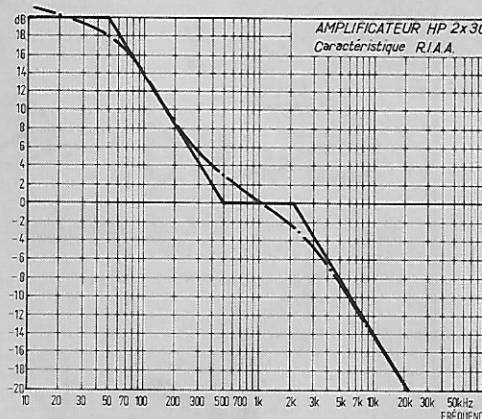


Fig. 3. - Caractéristique de correction en position P.U.

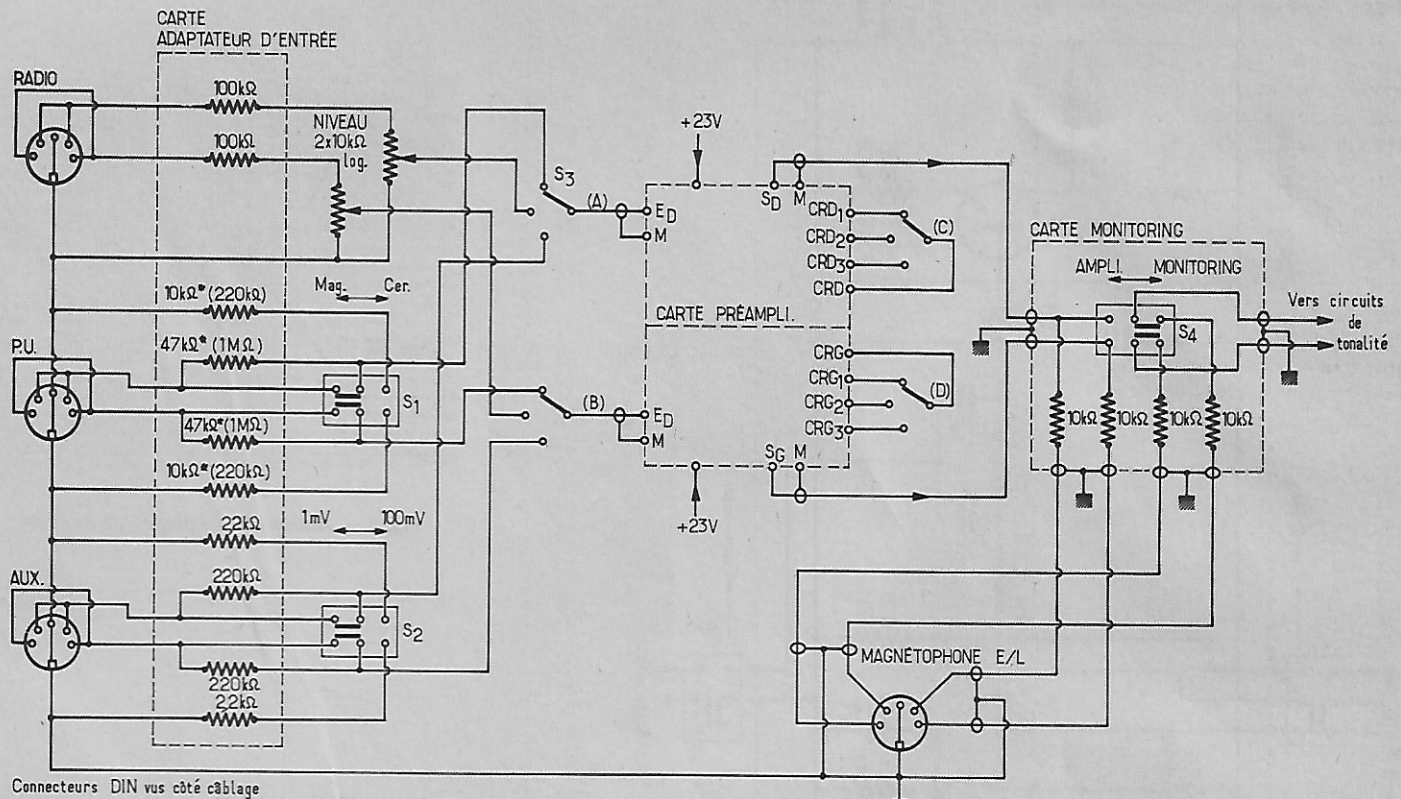


Fig. 4. - Interconnexions d'entrée.

nous avons limité à 3 le nombre des positions du sélecteur d'entrées : comme nous avons besoin de 4 circuits, il est donc possible de n'utiliser qu'une seule galette de 4 circuits de 3 positions, soit les 12 paillettes réglementaires.

Le lecteur pourra s'étonner du nombre restreint de positions du sélecteur d'entrées. Outre l'argument de la simplicité que nous avons avancé, nous pensons que l'auditeur moyen a rarement plus de trois sources sonores à commuter, d'autant qu'une entrée magnétophone a été prévue spécialement pour une mise en œuvre indépendante.

Cependant, pour répondre aux exigences d'entrées plus spécifiques, certaines commutations et branchements supplémentaires ont été prévus à l'arrière de l'appareil. Pour mieux comprendre les possibilités ainsi offertes, on se reportera à la figure 4 qui donne une vue d'ensemble des circuits d'entrée.

Nominalement, les trois entrées principales sont prévues pour :

P.U.

Phonocapteur magnétique : impédance d'entrée 50 kΩ, sensibilité 3 mV ou 25 mV, correction RIAA.

Phonocapteur piézoélectrique : impédance d'entrée 50 kΩ, sensi-

bilité 25 mV en « transducteur de vélocité », correction RIAA.

Phonocapteur piézoélectrique : impédance d'entrée 1 MΩ, sensibilité 500 mV en « transducteur d'amplitude » (dans ce cas, la correction RIAA doit être supprimée en réunissant CRD₁ à CRD₂ et CRG₁ à CRG₂ sur la carte imprimée).

RADIO :

En raison des niveaux très différents disponibles à la sortie des récepteurs du commerce (tuners FM ou AM/FM), nous avons prévu un réglage progressif de la sensibilité entre 150 mV et 10 V, impédance d'entrée 100 kΩ.

AUX. :

Deux sensibilités :
bas niveau, 1 mV sur 50 kΩ
haut niveau, 100 mV sur 220 kΩ.

La prise « MAGNÉTOPHONE » spéciale pour enregistrement et lecture d'un magnétophone stéréo, possède les caractéristiques suivantes :

enregistrement : tension disponible 250 mV eff. impédance de sortie 10 kΩ

lecture : (les corrections de lecture de bande doivent déjà avoir été appliquées) 250 mV eff., impédance d'entrée 0,5 MΩ environ.

Toutes les entrées sont prévues au standard DIN 5 broches, mais peuvent être réalisées en

connexions CINCH, ce qui demande un peu plus de place mais peut aérer le câblage.

Toutes les résistances sont groupées sur une carte adaptateur d'entrées. On peut voir que les entrées P.U. sont prévues pour couvrir tous les cas de figure, notamment pour l'utilisation d'une tête de lecture piézoélectrique (ou céramique) pour laquelle il n'existe malheureusement pas de standardisation bien établie, et il est rare que l'on connaisse avec précision l'impédance optimale et l'allure de la correction à appliquer. C'est pourquoi les indications que nous donnons à propos des têtes piezo sont très générales et ne devraient être appliquées qu'après avis du constructeur de la cellule si l'on veut en tirer le maximum. Certaines cellules délivrent une tension élevée qui pourrait saturer le préamplificateur : dans ce cas, pour une lecture de vélocité, il est conseillé de porter les valeurs des résistances du pont d'entrée à 15 kΩ (série) et 3,3 kΩ (parall.) ce qui confère une sensibilité de 1,5 V.

Dans le cas d'une tête magnétique, qui est le plus souvent utilisée dans les installations sérieuses, l'adaptation est réalisée sur 50 kΩ sans problèmes. Certains modèles à impédance plus basse sont livrés

avec un transformateur d'adaptation élévateur d'impédance.

La commutation Magn./Ceram. peut être remplacée par une simple commutation de niveau ou par la commutation sur une autre table de lecture magnétique, en jouant sur les broches disponibles de la prise P.U.

Le niveau ajustable en position RADIO est réalisé par un potentiomètre double à axe unique de 2 x 10 kΩ logarithmique. Si les niveaux sont connus et stables, ce qui est souvent le cas, cette disposition peut être supprimée en remplaçant chaque piste du potentiomètre par une résistance fixe :

avec 10 kΩ on aura une sensibilité de 150 mV

avec 3,3 kΩ on aura une sensibilité de 450 mV

avec 1 kΩ on aura une sensibilité de 1,5 V

La prise AUXiliaire déjà prévue pour deux niveaux différents peut, elle aussi, être adaptée à des besoins spécifiques autres que ceux que nous avons prévus en impédance ou en niveau en modifiant les valeurs des résistances d'adaptation.

Bien que pour la clarté de l'exposé, nous ayons donné ces quelques indications sur les circuits d'entrée et leur adaptation ainsi que sur la commutation de

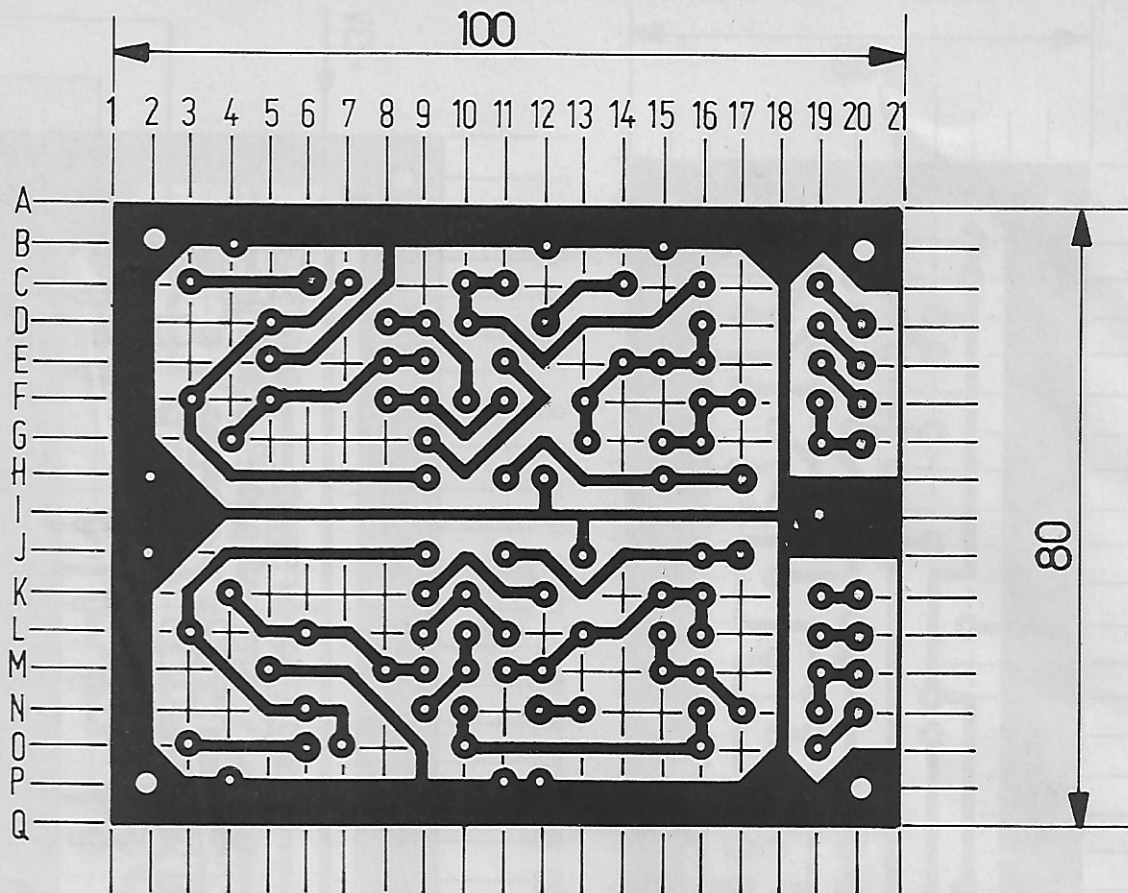


Fig. 8. - Préampli (circuit côté cuivre).

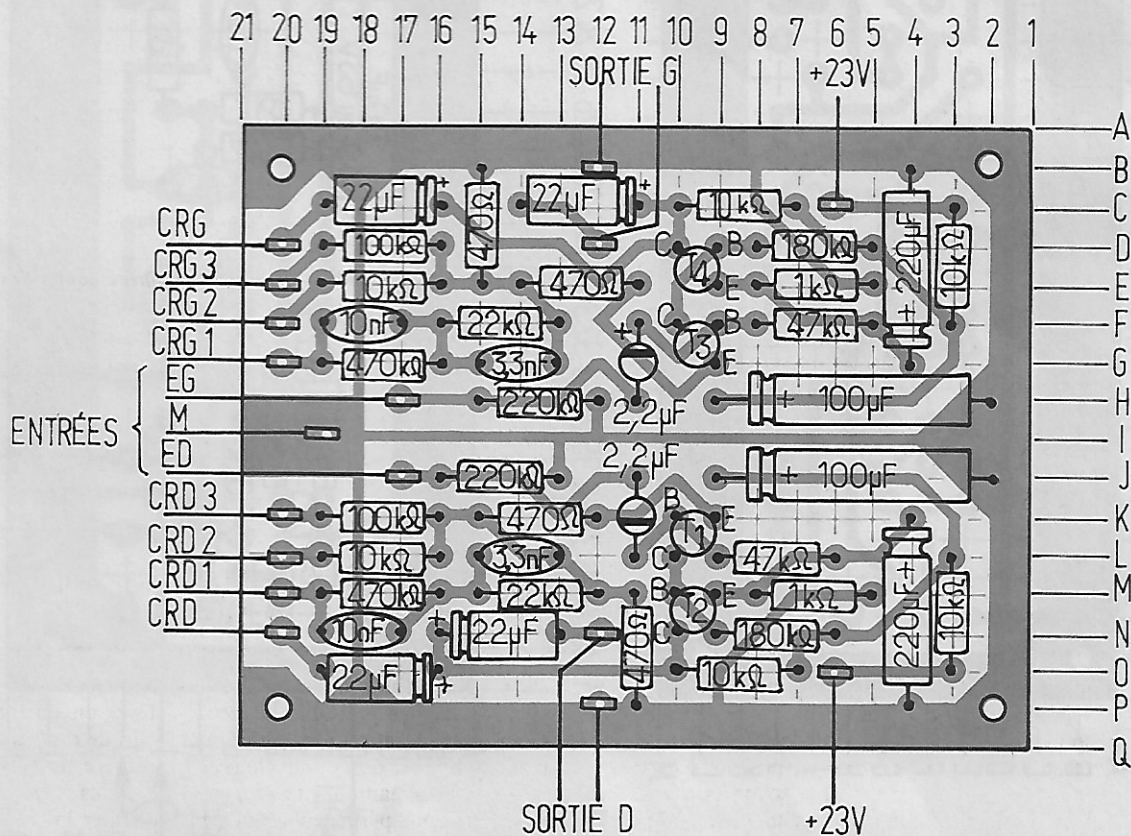


Fig. 10. - Préamplificateur d'entrée - Circuit côté composants, les connexions sont vues en transparence).

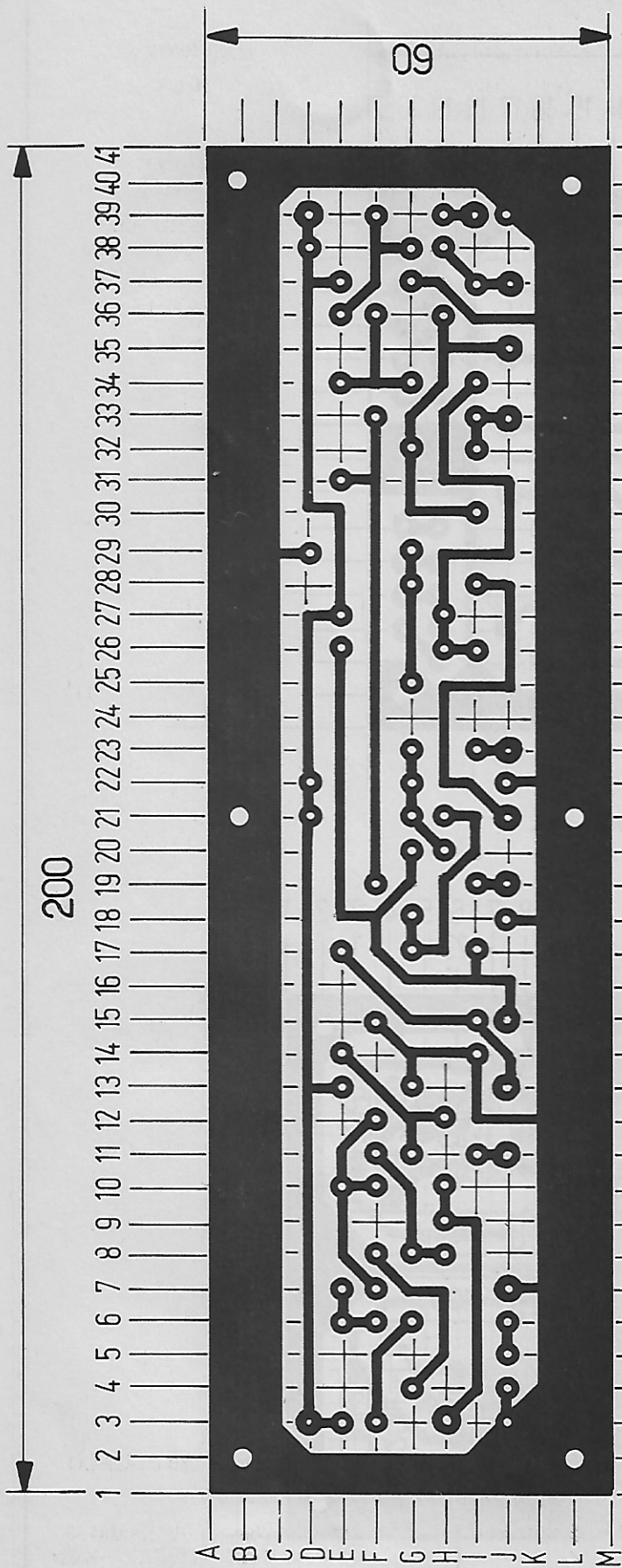


Fig. 9. - Carte « Tonalité » (côté cuivre).

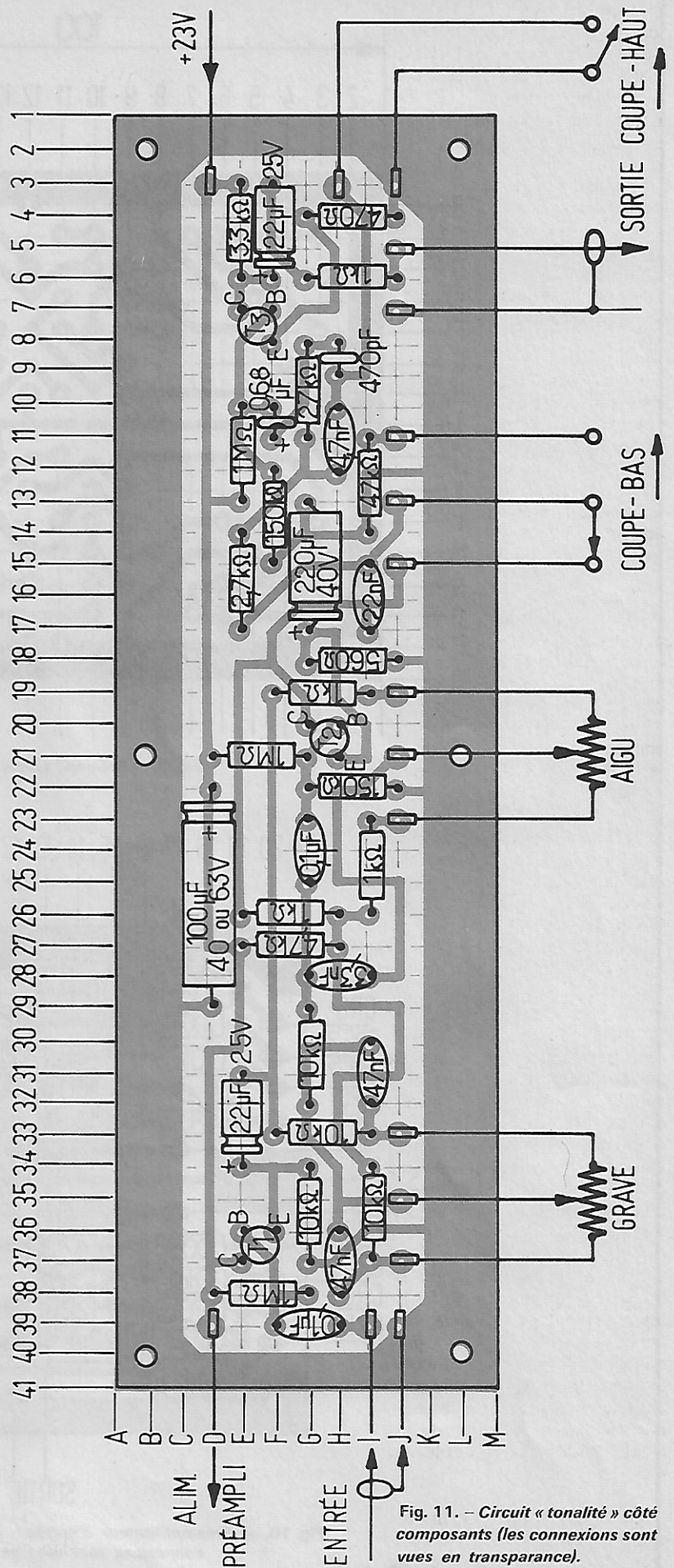


Fig. 11. - Circuit « tonalité » côté composants (les connexions sont vues en transparence).

deux branches : l'une agit sur les fréquences inférieures à 1 kHz (registre grave), l'autre sur les fréquences supérieures à 1 kHz (registre aigu), par l'intermédiaire des potentiomètres P₁ et P₂. Pour obtenir un rendement optimal et un fonctionnement sans distortions, il est nécessaire :

- que l'attaque soit réalisée à basse impédance (rôle de T₁),
- que la sortie du réseau correcteur soit chargée par une impédance élevée,
- que le système soit placé en contre-réaction d'un étage à gain élevé.

Le transistor T₂ est monté en émetteur commun. Sa base est polarisée par le pont de résistances R₈, R₉. La charge de collecteur est divisée en deux résistances R₁₁ et R₁₂ montées en série et dont le point commun sert au prélèvement de la tension de C.R. qui est renvoyée vers le réseau correcteur.

Globalement, l'opération de correction de timbre n'apporte aucun gain à 1 kHz ou en position linéaire des potentiomètres (point milieu); par contre, les niveaux des signaux graves ou aigus peuvent être relevés ou abaissés comme indiqué sur les courbes de la figure 6 soit aux maximum :

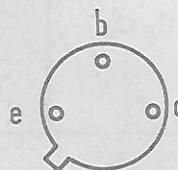
- + 18 dB à - 20 dB à 20 Hz
- + 16 dB à - 14 dB à 20 kHz,

ce qui est plus que satisfaisant pour la pratique courante. D'ailleurs nous ne mettrons jamais assez l'utilisateur en garde contre l'usage intempestif des réglages de tonalité accentuant le grave et l'aigu au maximum, pour en tirer « plus de relief ». Une telle pratique qui va à l'encontre de la fidélité sonore - fût-elle moyenne - finit par donner de mauvaises habitudes d'écoute en faussant les valeurs relatives de l'intensité sonore des instruments d'un orchestre, par exemple. Mieux vaut choisir de bons enregistrements et du matériel de qualité, plutôt que de jouer du potentiomètre grave ou aigu pour corriger les défauts de l'installation, en se donnant l'illusion que celle-ci est parfaite, ou pour se créer de fausses joies subjectives d'écoute. Une chaîne haute-fidélité n'est pas un amplificateur pour guitare électrique, qui recherche un effet particulier par l'introduction de non-linéarités, mais un reproducteur aussi « fidèle » que possible d'un message préétabli.

C'est pour sacrifier à une tendance répandue que nous avons prévu des filtres coupe-bas et coupe-haut commutables. Ces filtres

TABLEAU I

paramètre	carte circuits d'entrée			carte tonalité			
sensibilité pour 600 mV eff. à l'entrée de l'ampli de puiss.	de 1 à 10 mV suivant les positions, et jusqu'à 10 V avec les entrées ext.			250 mV			
gain en tension à 1 kHz	16 à 250 (24 à 48 dB) suivant sélection			3,2 (10 dB)			
niveau de sortie nominal à 1 kHz	250 mV eff.			à vide : 800 mV avec les pot. de balance et de volume : 600 mV			
bande passante à - 0,5 dB (fonctions linéaires)	7 Hz à 100 kHz (varie un peu avec les transistors utilisés)			10 Hz à 80 kHz			
niveau de sortie maximal (sans écrêtage)	2,5 V eff.			3,5 V eff. (marge 15,5 dB)			
distorsion harmonique au niveau de sortie nominal à 1 kHz	0,15 %			0,2 %			
impédance d'entrée	50 kΩ (carte préampli)			0,5 MΩ			
impédance de sortie	5 kΩ			3 kΩ			
consommation (par voie)	1 mA			9 mA			
tension continue sur : (volts)	T ₁	E	B	C	E	B	C
	T ₂	0,008	0,7	1,3	19	19,7	23
	T ₃	0,7	1,3	10	1	1,7	14
		-	-	-	2	2,7	11



2N3391-BC109

TABLEAU II

LISTE DES COMPOSANTS
(pour les deux voies)

Carte circuits d'entrée

repère	quantité	valeur	référence
R ₃ , R ₄	4	470 Ω, 5 %, 0,5 % W (ou 0,25 W)	Couche carbone COGECO
R ₇	2	1 kΩ « «	« «
R ₆ , R ₈ , R ₁₁	6	10 kΩ « «	« «
R ₁₀	2	22 kΩ « «	« «
R ₅	2	47 kΩ « «	« «
R ₁₂	2	100 kΩ « «	« «
R ₂	2	180 kΩ « «	« «
R ₁	2	220 kΩ « «	« «
R ₉	2	470 kΩ « «	« «
C ₇	2	3,3 nF, 10 %, 250 V	Polyester plat C 280 COGECO
C ₆	2	10 nF « «	« «
C ₁	2	2,2 μF (35 V) Tantale sec	Perle enrobée SIEMENS B4134 ou type II AEG/TELEFUNKEN
C ₄ , C ₅	4	22 μF (25 V) Electroch.	Fitco de COGECO
C ₂	2	100 μF (25 V) «	« «
C ₃	2	220 μF (10 V) «	« «

ne sont à utiliser que dans le cas extrême où une audition normale serait perturbée par un bruit à basse fréquence (Rumble) ou à fréquence élevée (Scratch). Ces gadgets peuvent évidemment être la meilleure ou la pire des choses suivant l'utilisation qu'on en fait.

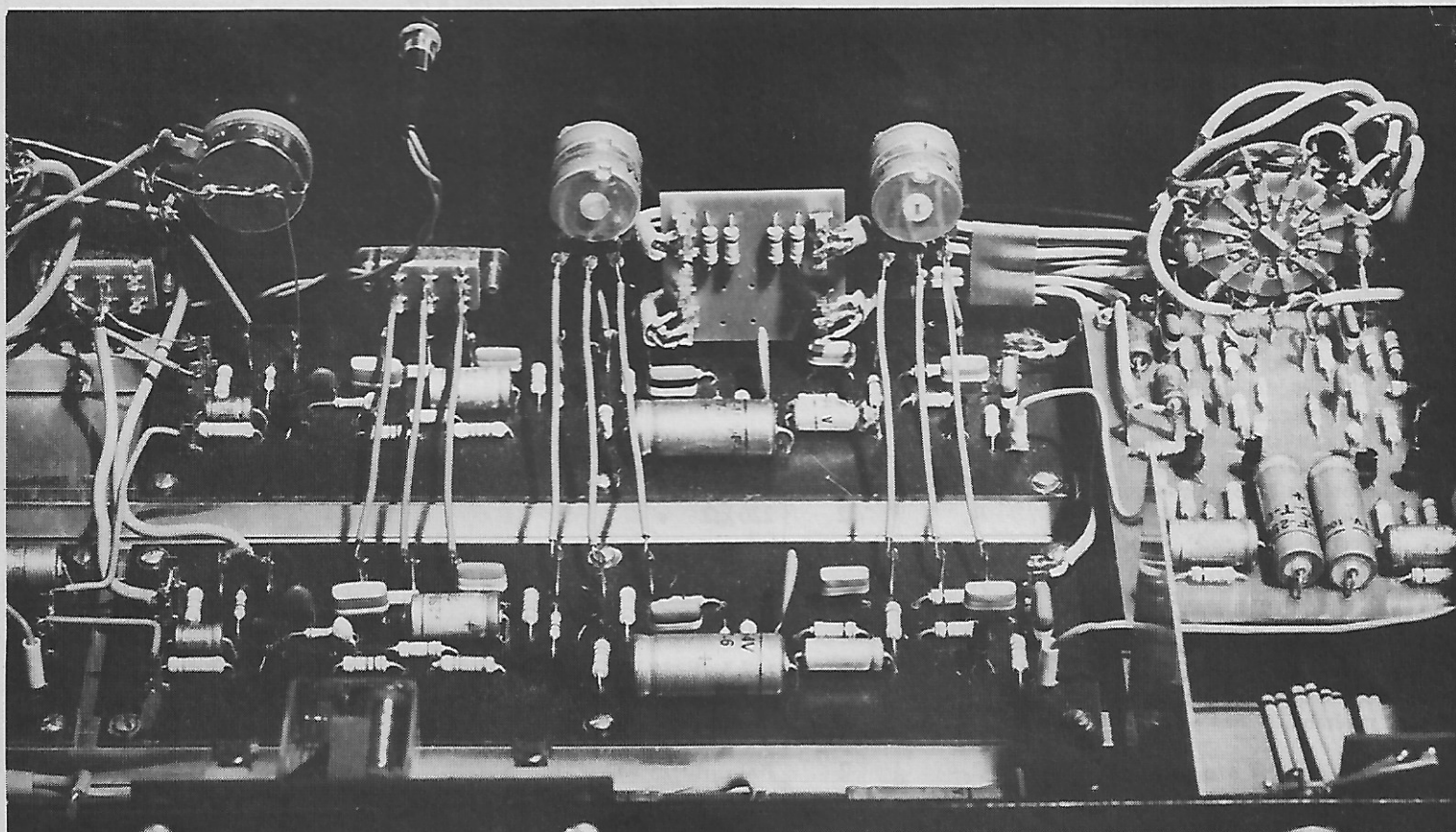
Le filtre coupe-bas (ou passe-haut) est constitué d'une cellule (C_8, R_{13}) montée en série dans la transmission de T_2 vers T_3 . Il en est de même du filtre coupe-haut (ou passe-bas) qui comprend deux cellules (R_{14}, C_9 et R_5, C_{10}). Les réponses correspondantes ont été portées sur le graphique de la figure 7. On peut y voir une action relativement progressive de l'atténuation des fréquences basses par le coupe-bas à partir de 200 Hz pour atteindre - 20 dB à 20 Hz. Le filtre coupe-haut, avec ses deux cellules, agit théoriquement deux fois plus vite depuis 5 kHz, et l'on obtient - 16 dB à 20 kHz.

Il est évident que ces caractéristiques peuvent être modifiées à la demande en agissant sur les valeurs des composants, particulièrement sur les condensateurs. La fréquence de coupure basse est inversement proportionnelle à C_8 , tandis que la fréquence de coupure haute peut être augmentée en diminuant C_9 et C_{10} , tout en

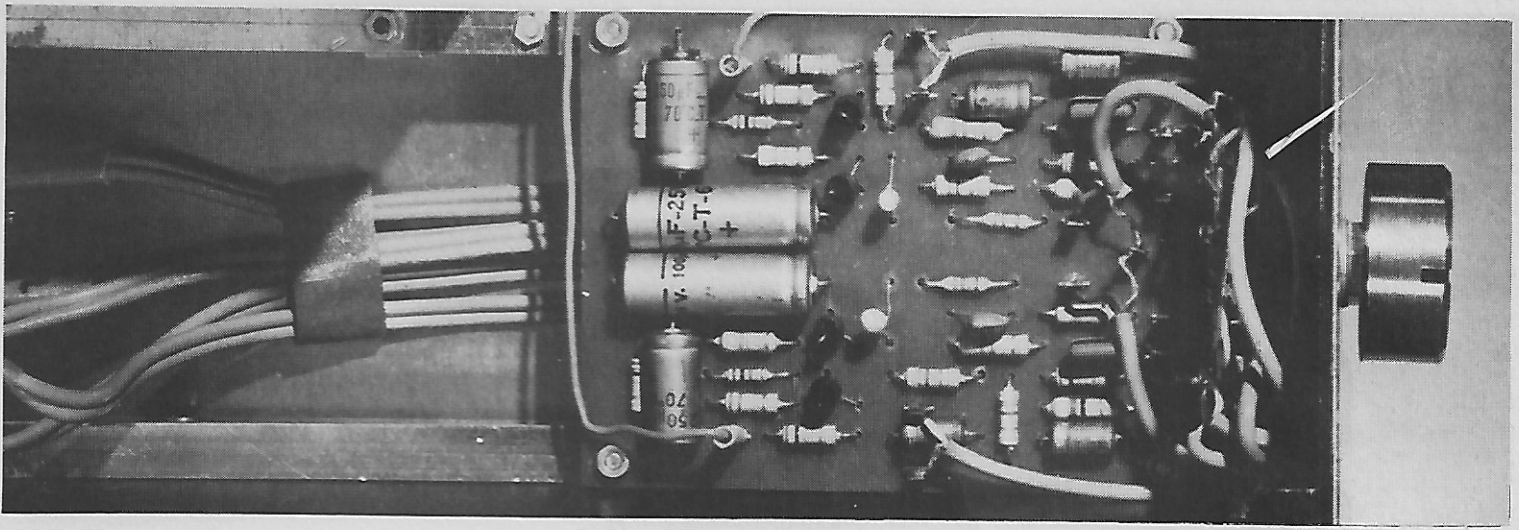
TABLEAU III

Carte tonalité.

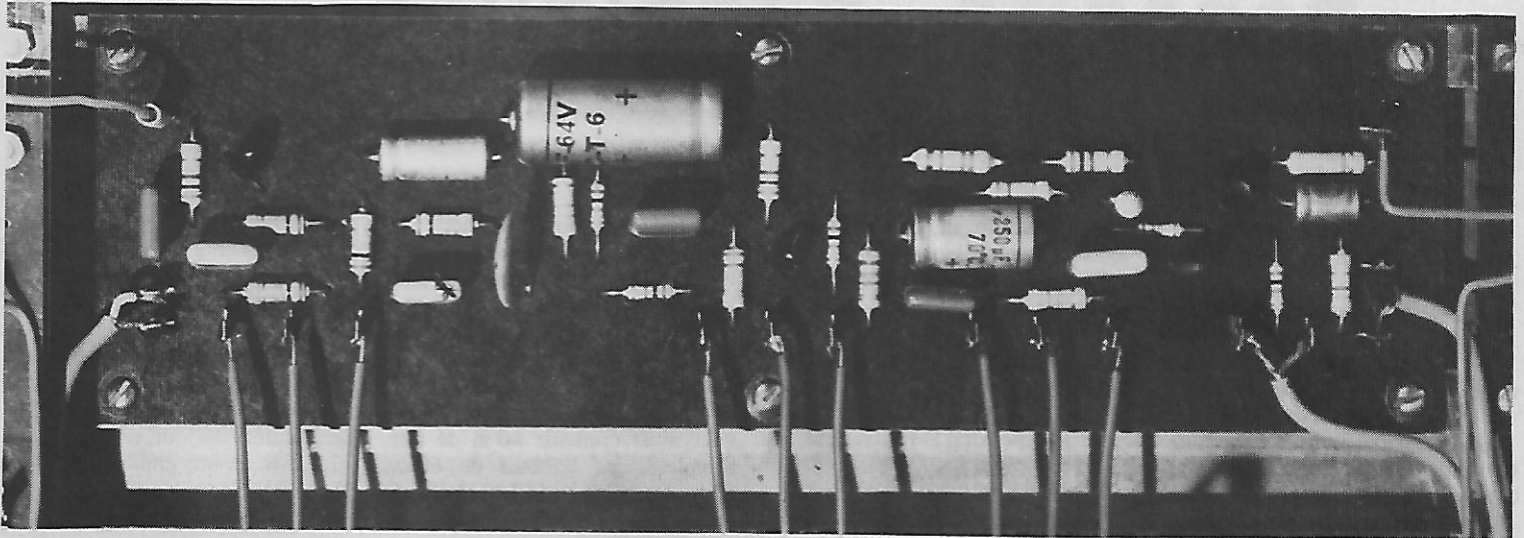
repère	quantité	valeur	référence
R_{18}	2	470 Ω , 5 %, 0,5 W (ou 0,25 W)	Couche carbone COGECO
R_{10}	2	560 Ω « «	« «
R_5, R_6, R_{11}, R_{20}	8	1 k Ω « «	« «
R_{14}	2	2,7 k Ω « «	« «
R_{19}	2	3,3 k Ω « «	« «
R_{12}	2	4,7 k Ω « «	« «
R_2, R_3, R_4, R_7	8	10 k Ω « «	« «
R_{15}	2	27 k Ω « «	« «
R_{13}	3	47 k Ω « «	« «
R_8, R_{16}	4	150 k Ω « «	« «
R_1, R_9, R_{17}	6	1 M Ω « «	« «
C_{10}	2	1 nF, 10 %, 250 V	Polyester plat C280 COGECO
C_5	2	3,3 nF « «	« «
C_9	2	4,7 nF « «	« «
C_8	2	22 nF « «	« «
C_3, C_4	4	47 nF « «	« «
C_{11}, C_6	4	0,1 μ F « «	« «
C_{11}	2	0,68 μ F (35 V) Tantale sec	Perle enrobée SIEMENS B4134 ou type II AEG/TELEFUNKEN
C_2, C_{12}	4	22 μ F (25 V) Électrochim.	Fitco de COGECO
C_{13}	2	100 μ F (64 V) «	« »
C_7	2	220 μ F (10 V) «	« »



Vue intérieure de L'amplificateur



Vue du préamplificateur



Vue supérieure des circuits de tonalité

conservant au rapport C_9/C_{10} la même valeur.

Les commutations En/Hors des filtres se font de façon simple en court-circuitant C_8 pour le coupe bas, et en coupant le point commun de C_9 et C_{10} du coupe-haut vers la masse. La configuration du réseau de liaison de T_2 vers T_3 en position Hors ne modifie pas la linéarité de la transmission dans la bande qui nous intéresse en raison de l'impédance relativement élevée de la base de T_3 (#100 k Ω). De simples commutateurs à glissière (doubles inverseurs) suffisent pour les deux voies.

Le transistor de sortie T_3 donne une amplification au signal pour lui permettre d'attaquer convena-

blement et à basse impédance deux exemplaires, qui seront l'amplificateur de puissance en tenant compte de la perte d'insertion du potentiomètre de balance. Ce gain est de 10 dB. Il est limité par la présence de la résistance d'émetteur R_{18} , non découplée, qui donne à la base de T_3 une impédance d'entrée relativement élevée et introduit une contre-réaction favorable à une diminution de la distorsion à fort niveau.

Le condensateur C_{11} de 0,68 μ F est un modèle au tantale. La résistance R_{20} en série avec le condensateur de sortie a été calculée pour éviter de modifier trop sensiblement les caractéristiques de l'étage lorsque le potentiomètre de balance est ajusté de part et d'autre du point milieu.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PRÉAMPLIFICATEUR

Nous avons réuni dans un tableau les principales caractéristiques électriques qui n'auraient pas été citées dans le texte ainsi que les tensions continues sur les électrodes des transistors pour chacune des cartes d'une voie (voir tableau I).

Réalisation des circuits.

On trouvera sur les figures 9 et 10 les dessins des circuits imprimés réalisés à l'échelle 1 sur une trame de 5 x 5 mm. Le circuit préamplificateur d'entrée mesure 80 x 110 mm mais comporte les deux voies; celui de tonalité de 60 x 200 mm n'est valable que pour une voie et devra être réalisé en

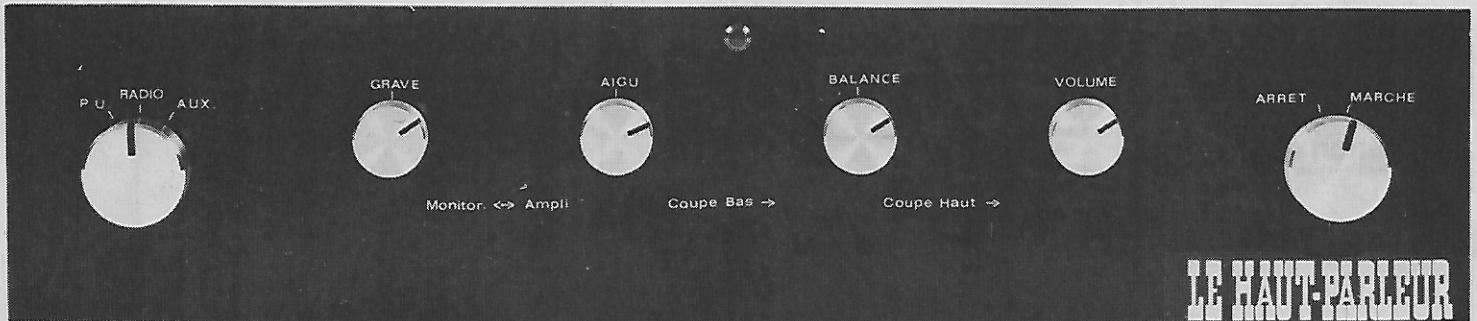
percés ensemble ainsi que nous l'avions recommandé pour les amplificateurs de puissance.

Les trois circuits seront réalisés suivant la méthode exposée dans les articles antérieurs, aussi n'y ajouterons-nous aucun commentaire, en priant nos lecteurs de se reporter aux n^{os} de décembre 73 et janvier 74 du Haut-Parleur.

Les composants sont disposés comme indiqué sur les figures 10 et 11. L'ingrat mais indispensable contrôle visuel détaillé, portant régulièrement sur les valeurs des résistances, les polarités des condensateurs électrochimiques et le sens de branchement des transistors, terminera la réalisation des cartes du préamplificateur H.P. 2 x 30.

J. CERF
(à suivre)

réalisez vous-mêmes cet amplificateur stéréophonique



2X30 W

(suite et fin, voir depuis n° 1433)

NOUS avons terminé, par le dernier article, la description des modules de l'amplificateur HP 2 x 30, et nous avons donné les indications et recommandations pour résoudre les problèmes d'interconnexions.

La construction d'un châssis ne doit pas présenter de difficultés aux amateurs adroits et bien outillés ou qui ont la possibilité et les moyens de faire appel à une sous-traitance des travaux mécaniques.

Nous avons pensé à la grande majorité de ceux de nos lecteurs qui ne possèdent que l'outillage mécanique traditionnel à l'exclusion d'une cisaille de grande capacité et d'une plieuse... Pour eux, nous avons conçu une configuration simple et facile à réaliser et à

assembler, qui permettra une construction par étapes en laissant le maximum d'accessibilité aux circuits pour le câblage des interconnexions, les mesures et contrôles éventuels.

L'idée d'utiliser un châssis-support en barres d'aluminium de section carrée vint à l'auteur en septembre dernier alors que tous les grands magasins présentaient les classiques rayons de rentrée des classes et c'est au BHV ainsi qu'au Bazar de la rue d'Amsterdam à Paris que les premiers approvisionnements de... règles graduées, en alliage d'aluminium de 32 et 50 cm, furent faits afin de construire l'armature de base de notre châssis!

Ce type de construction s'avère

fort intéressant puisqu'il permet d'effectuer assez facilement la fixation de la totalité des grands modules, des panneaux avant, arrière, latéraux, de la plaque de fond, du transformateur d'alimentation et des condensateurs de filtrage.

Nous avons récupéré les chutes de ce matériau pour constituer les fixations d'angles et le support du blindage protecteur et dissipateur des transistors de puissance.

De la sorte, sans aucun pliage, les panneaux se présentent rigoureusement à angle droit avec une excellente rigidité et un aspect d'ensemble assez agréable à l'œil.

Nous présentons dans le présent article tous les dessins mécaniques qui permettront de construire le

châssis assemblé dans ses dimensions nominales.

Plus que de longues explications, nous avons préféré donner au lecteur des dessins clairs et précis et quelques conseils de réalisation.

Afin d'offrir une souplesse plus grande dans l'aménagement de ce châssis, qui peut recevoir, par exemple plusieurs types de transformateurs d'origines variées, donc de dimensions différentes, nous avons marqué un astérisque après certaines cotes pour indiquer que cette valeur peut être adaptée à des besoins particuliers, les autres dimensions devant rester inchangées.

V. Réalisation mécanique

LE CHASSIS-SUPPORT

On trouvera sur la figure 1 la vue d'ensemble du châssis-support composé de 10 barres de section carrée de 10×10 mm en AG5 ou en duralumin, assemblées par vis et écrous.

Les barres A, B, C, F marquent les limites extérieures du châssis et assurent la fixation des panneaux. Les barres intermédiaires D, E, G, H, I supportent les cartes imprimées et augmentent la rigidité de l'ensemble.

Des zones ont été indiquées pour le repérage topographique des circuits; les cartes imprimées sont représentées par les surfaces hachurées.

La zone 1, comprise entre les barres C et D, est destinée à recevoir la carte des circuits d'entrée. Un dégagement est prévu pour assurer une bonne accessibilité au câblage des prises d'entrée sur le panneau arrière.

La zone 2, entre les barres E et F, est réservée au montage du transformateur d'alimentation et des deux condensateurs de filtrage. Ainsi qu'on l'a indiqué, cette zone peut être élargie de plusieurs centimètres pour permettre la fixation d'un transformateur de grandes dimensions. Dans ce cas, pour

conserver à l'appareil une bonne symétrie de présentation, on agrandira la zone 1 à une même largeur.

Deux régions interdites dans la zone 2 ont été aménagées, à l'arrière pour le montage et le câblage de la prise secteur, du répartiteur de tension et du fusible, à l'avant pour le commutateur marche/arrêt.

La zone 3, entre les barres B et G, reçoit les amplificateurs de sortie dont les bornes sont disposées de façon à ce que les connexions vers les transistors de puissance, fixés sur la face arrière, soient aussi courtes que possible.

La zone 4, entre H et I, est occupée par le circuit de tonalité de la voie gauche et par le module d'alimentation.

La zone 5, entre J et A, est prévue pour le circuit de tonalité de la voie droite. L'espace inoccupé à droite de ce circuit permet de dégager les connexions des potentiomètres de balance et de volume et d'installer une éventuelle prise de casque (jack).

LES BARRES DU SUPPORT

La construction du châssis support est extrêmement simple à par-

tir des barres de 10×10 mm coupées au x dimensions et percées suivant les indications de la figure 2.

La facilité d'assemblage dépend beaucoup du soin que l'on aura apporté à la réalisation de ces opérations.

Les barres A et B ont une longueur de 450 mm*

Les barres C, D, E, F ont une longueur de 240 mm

Les barres G, H, I, J ont une longueur de 310 mm

Certaines dimensions des barres E et F sont assorties d'indices (T) et (C) qui indiquent que les perçages correspondants sont respectivement relatifs aux fixations du transformateur et des condensateurs de filtrage en version nominale. Ces dimensions pourront être adaptées à des cas spécifiques faisant appel à d'autres modèles de composants.

On veillera à ce que les faces terminales soient bien perpendiculaires aux arêtes.

Il est déconseillé d'utiliser des barres en aluminium pur, trop malléable et peu aisé à percer avec précision. On écartera catégoriquement l'acier doux qui pose des problèmes d'oxydation à l'air et nécessite une peinture ou un vernis incompatibles avec une bonne

continuité électrique du châssis. L'alliage AG5 ou le duralumin sont les matériaux les mieux adaptés à cet usage.

Afin de faciliter l'assemblage, nous avons imaginé 4 types de perçage des barres dont les symboles indiqués sur les différents dessins sont explicités sur la figure 3.

Toutes les opérations de perçage seront grandement facilitées par l'utilisation d'une chignole électrique montée sur un support vertical.

Le perçage du type a/ est un simple trou de 3,5 cm de diamètre. En b/ on ajoute un élargissement de ce trou à 7 mm sur la moitié de l'épaisseur pour pouvoir loger une tête de vis de 3 fraises.

Les perçages c/ et d/ sont un peu particuliers: la moitié de l'épaisseur est percée à 3,5 mm et l'autre à 5,5 mm. Un écrou de 3 sera coincé dans le trou le plus large: pour mener à bien cette opération, il est essentiel que l'écrou rentre bien en force dans le trou. On choisira de la visserie de bonne qualité pour éviter les surprises et l'on coincera les écrous dans leur logement en s'aidant d'un marteau et, éventuellement d'une tige d'acier de 5 mm de diamètre. Il est évidemment préféra-

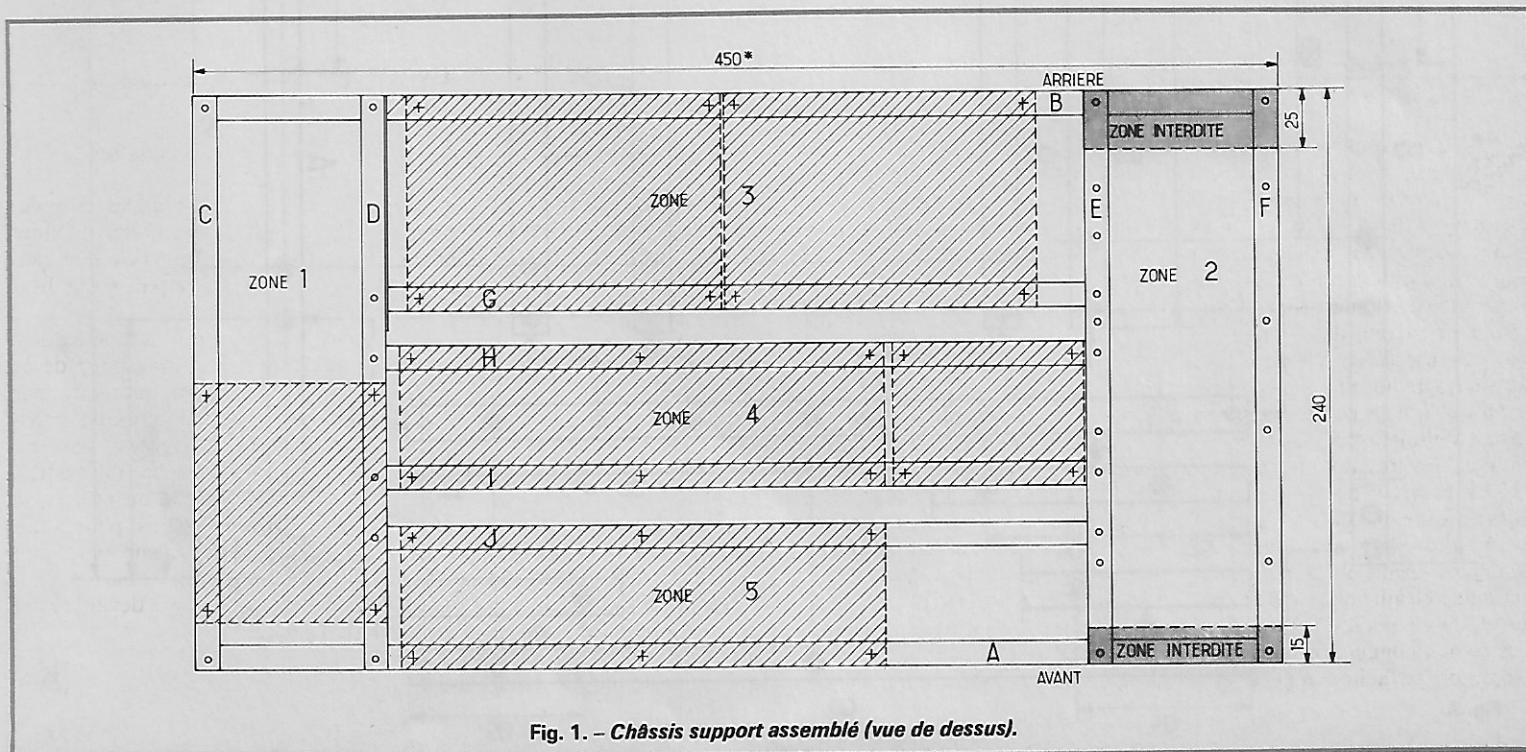
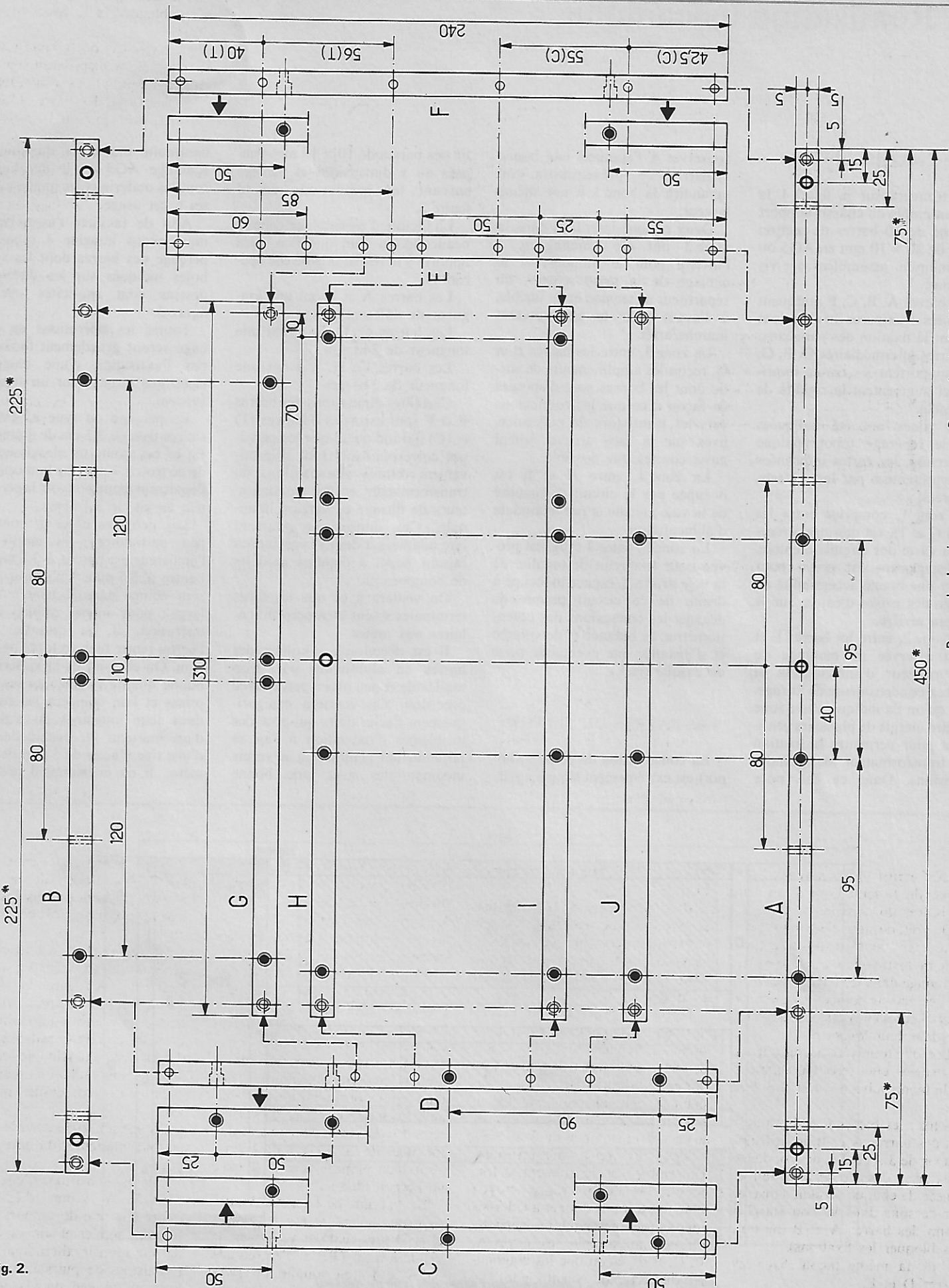


Fig. 1. - Châssis support assemblé (vue de dessus).

Fig. 2.



Barre dural 10x10mm ou AG5

Barres de chassis support

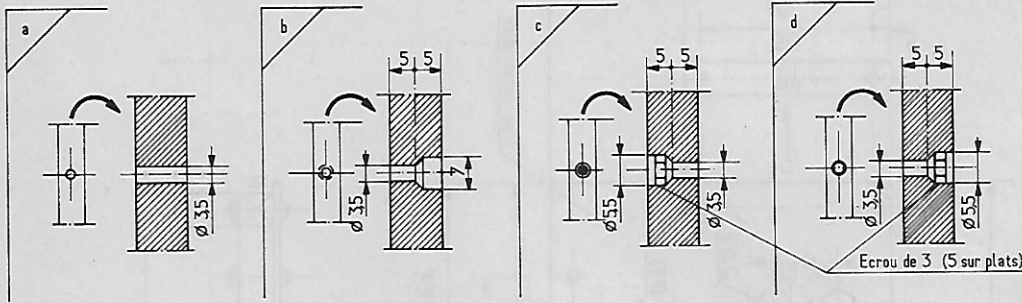


Fig. 3. - Symboles de perçage transposés en coupe.

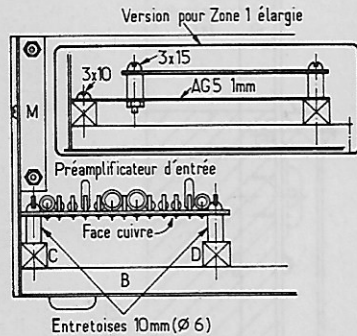


Fig. 4. - Fixation du préamplificateur d'entrée.

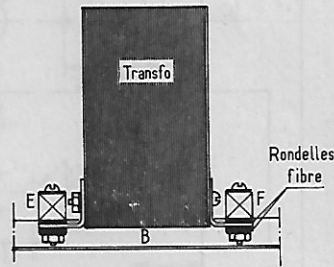


Fig. 5. - Montage isolant pour la fixation du transformateur.

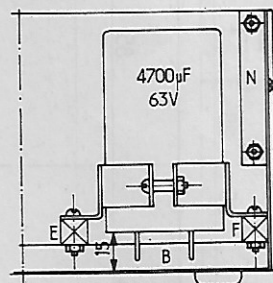


Fig. 6. - Fixation d'un condensateur de filtrage (C₁ ou C₂) (modèle à Collier).

ble d'effectuer un essai avant d'entreprendre la série d'opérations sur les barres du châssis.

On voit, de suite, l'avantage présenté par cette disposition qui évite de fastidieuses opérations de taraudage dans les barres : les arêtes des écrous coincés bloqueront ceux-ci et les empêcheront de tourner dans leur logement.

Lorsque toutes les barres auront été usinées, elles seront assemblées de la façon suivante (voir Fig. 1 et 2) :

- fixer les barres C et F au-dessus des barres A et B en utilisant des vis de 3 x 25 TF, des rondelles éventail et des écrous de 3; la tête fraisée de chaque vis doit s'insérer par dessous dans le trou élargi à 7 mm des barres A et B (ne doit pas bloquer les fixations),

- de la même façon, fixer les barres D et E,

- de la même façon, fixer les

barres G, H, I, et J sous les barres D et E.

Il est important de bien vérifier au montage l'orientation relative des trous à écrou bloqué : les fixations des cartes imprimées seront telles que l'écrou bloqué se trouve en dessous.

Après ces opérations on procédera au montage des cartes imprimées représentées dans les zones 3, 4 et 5 de la figure 1 et orientées comme indiqué sur le plan de câblage général (voir Haut-Parleur de mars). On utilisera des vis à tête plate bombée de 3 x 10.

Par les jeux mécaniques, l'ensemble est légèrement déformable. On s'efforcera, au moyen d'une équerre de donner au châssis une forme rectangulaire parfaite. On peut aussi régler les barres A, B, C, F de façon que les diagonales du rectangle soient égales.

Dès que cet ajustement est réa-

lisé, on peut bloquer les 4 fixations d'angle, puis les barres intermédiaires D et E, les barres G, H, I, J; enfin, les cartes imprimées seront assujetties par un serrage modéré des vis de fixation.

Les bandes de masse des cartes devront être en bon contact électrique avec les barres sur lesquelles elles sont fixées. Si l'on désire obtenir un très bon contact, il est recommandé, comme nous l'avons indiqué au chapitre des interconnexions, d'insérer une rondelle éventail entre le cuivre du circuit et la barre. Dans ce cas, la longueur de la vis sera de 12 mm pour bien prendre tout le filetage de l'écrou bloqué.

La fixation de la carte préamplificateur d'entrée sur les barres C et D sera réalisée au moyen de vis de 3 x 20 TPB et d'entretoises de 6 x 10 en aluminium (voir Fig. 4). La surélévation de cette

carte facilitée, en le raccourcissant, le câblage vers le sélecteur d'entrées.

Dans le cas où la zone 1 serait à élargir, on disposerait une plaque d'aluminium de 1 mm, longue de 10 cm, sur les barres C et D, comme indiqué dans la cartouche de la figure 4.

La fixation du transformateur dans la zone 2 risque de poser certains problèmes, notamment si cet élément est un peu juste en puissance, car, dans ce cas, le flux de fuite important nécessitera la recherche de l'orientation optimale, de façon à diminuer, le plus possible, l'induction à 50 ou 100 Hz avec les circuits d'entrée.

Par ailleurs certains transformateurs présentent une légère fuite électrique qui oblige à prévoir un isolement du châssis. Si l'on se trouve dans ce cas extrême (ce qui est, tout de même, un point de vue assez pessimiste), on s'inspirera des indications données par la figure 5 où l'on peut voir que des rondelles de fibre isolent le corps du transformateur du châssis-support.

Nous donnerons plus loin quelques indications sur le choix du transformateur d'alimentation.

Les condensateurs de filtrage seront aisément fixés par les étriers sur les barres espacées de 70 mm (Fig. 6). Une grande latitude de choix est permise et l'on peut également utiliser d'autres modèles (fixation par écrou, cartouche) en imaginant une méthode de fixation différente.

LA PLAQUE ARRIÈRE

Nous avons représenté, sur la figure 7, le dessin de la plaque arrière, du blindage dissipateur et leur assemblage sur le châssis-support.

On se reportera aux articles précédents qui précisent les versions possibles des circuits d'entrée (commutation ou non de certaines entrées, présence ou non du potentiomètre de niveau radio etc.), afin d'apporter au dessin que nous présentons en version nominale les éventuelles corrections nécessaires.

La plaque arrière a été figurée en vue intérieure (du côté du traçage).

Elle est constituée d'une plaque d'AG5 de 2 mm d'épaisseur. Outre son rôle de support des différentes entrées et sorties, elle sert de dissipateur thermique aux 4 transistors de puissance qui sont fixés au moyen de vis de 3,5 x

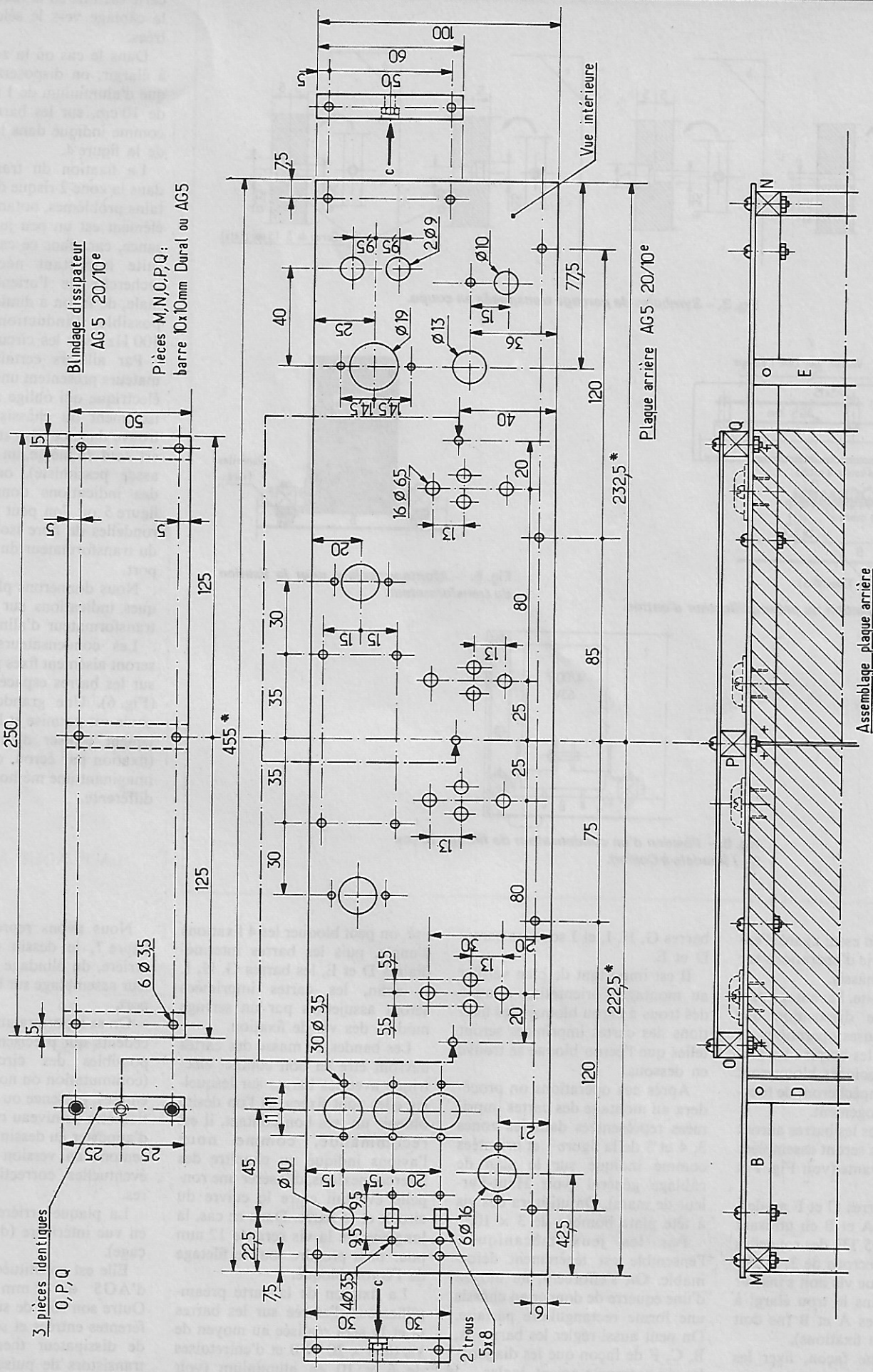


Fig. 7.

10 TPB et d'écrous de 3,5, avec les indispensables plaques de mica et traversées isolantes, au droit des sorties des cartes correspondantes. On notera l'orientation alternée de ces transistors.

Pour améliorer le refroidissement et isoler les boîtiers des transistors de sortie (collecteurs) des contacts extérieurs indésirables, une plaque de blindage d'AG5 de 2 mm d'épaisseur est fixée au moyen de 3 chutes de barres de châssis (O,P,Q) à 10 mm de la plaque arrière. On constitue ainsi une importante surface de dissipation, laissant une libre circulation de l'air, de sorte que le fonctionnement permanent de l'amplificateur à 2×40 W, au moins, ne pose aucun problème.

Les pièces M et N sont, également des chutes de barres. Elles sont disposées aux endroits indiqués sur la figure 7 pour permettre la fixation des panneaux latéraux.

La plaque arrière peinte et équipée de ses accessoires sera montée sur la barre B du châssis-support par des vis TPB de 3×15 , des rondelles éventail, et des écrous de 3.

LE PANNEAU AVANT

On trouvera sur la figure 8 le dessin de ce panneau qui comporte 2 plaques.

L'une, en AG5 de 2 mm, est assujettie à la barre A du châssis-support par une visserie de 3 mm à tête fraisée. Elle reçoit les inverseurs à glissière, les commutateurs et potentiomètres ainsi que les pièces K et L de fixation des panneaux latéraux.

L'autre, en AG5 de 1 mm, ne comporte que les trous laissant passer les axes de commande et les poussoirs à glissière. Cette plaque est destinée à cacher les têtes fraisées, peu esthétiques, de la première plaque sur laquelle elle se fixe par les écrous de serrage des axes rotatifs. Elle reçoit la gravure décalquée ou fraisée sur la face avant.

On peut remarquer que les perçages des deux plaques sont rigoureusement symétriques par rapport à un axe passant au milieu de la longueur du panneau.

BLINDAGE, PANNEAUX LATÉRAUX ET PLAQUE DE FOND (Fig. 9)

Pour éviter les effets indésirables d'un couplage entre les sorties de l'amplificateur de gauche et les entrées à bas niveau, un blindage interne de 80×100 mm, en AG5

de 1 mm est fixé sur le bord latéral droit de la barre D par 2 vis de 3×10 TPB.

Les panneaux latéraux droite et gauche, en AG5 de 1 mm sont identiques. Ils se fixent, à gauche, sur la barre C, les pièces d'angle K et M, et, à droite, sur la barre F, les pièces L et N, par des vis de 3×10 TPB. On remarquera que les panneaux avant et arrière

le repérage des perçages en présentant le châssis sur la plaque de fond et en traçant l'emplacement des trous à travers les ouvertures correspondantes des barres A, B et H.

La plaque de fond remplit un triple rôle de blindage électrique, de protecteur des circuits et de rigidificateur du châssis. Elle reçoit également les « pieds de

PEINTURE ET GRAVURE

Les barres du châssis-support ne subiront aucun traitement, elles seront simplement nettoyées de tout copeau et de toute trace de corps gras.

De même, la plaque de fond et le blindage interne qui doivent également assurer une continuité électrique ne seront recouverts d'aucun produit.

Les autres parties de la tôlerie seront peintes ou vernies suivant les indications que nous donnons ci-après.

On peut simplement brosser les différents panneaux puis leur appliquer un vernis incolore. Cette méthode de présentation n'est sûrement pas la plus esthétique, car elle ne dissimulera pas les petits défauts de surface du panneau avant. De plus, si le brossage n'est pas fin et régulier, l'aspect final risque d'être décevant.

Nous conseillons donc de passer en peinture les panneaux avant, arrière et latéraux.

Avant de procéder à cette opération, il convient de prendre certaines précautions :

- dépolissage à la toile émeri ou à la brosse métallique fine et dégraissage des surfaces à peindre,
- montage des pièces K, L, M, N, O, P et Q sur les panneaux correspondants,
- protections des surfaces suivantes par un ruban adhésif :
 - surfaces de contact des panneaux avant et arrière respectivement avec les barres A et B,
 - surfaces recouvertes des semelles des transistors de puissance entre les pièces O, P et P, Q,
 - surfaces extérieures des pièces O, P et Q,
 - orifices des trous à écrous bloqués sur les pièces K, L, M et N.

Le meilleur résultat de peinture sera obtenu par un procédé au pistolet ou, plus simplement, par une bombe à aérosols. Nous nous dispenserons de donner des indications trop précises sur le choix du coloris, mais nous signalons qu'il est conseillé de peindre la plaque arrière en noir mat pour augmenter le rayonnement thermique du dissipateur.

Pour rendre plus résistante la surface peinte, on la recouvrira ensuite d'une ou deux couches de vernis incolore.

Nous donnons plus loin quelques références.

La gravure la plus résistante est obtenue par fraisage après peinture. Cette opération ne peut être effectuée par l'amateur et nécessite

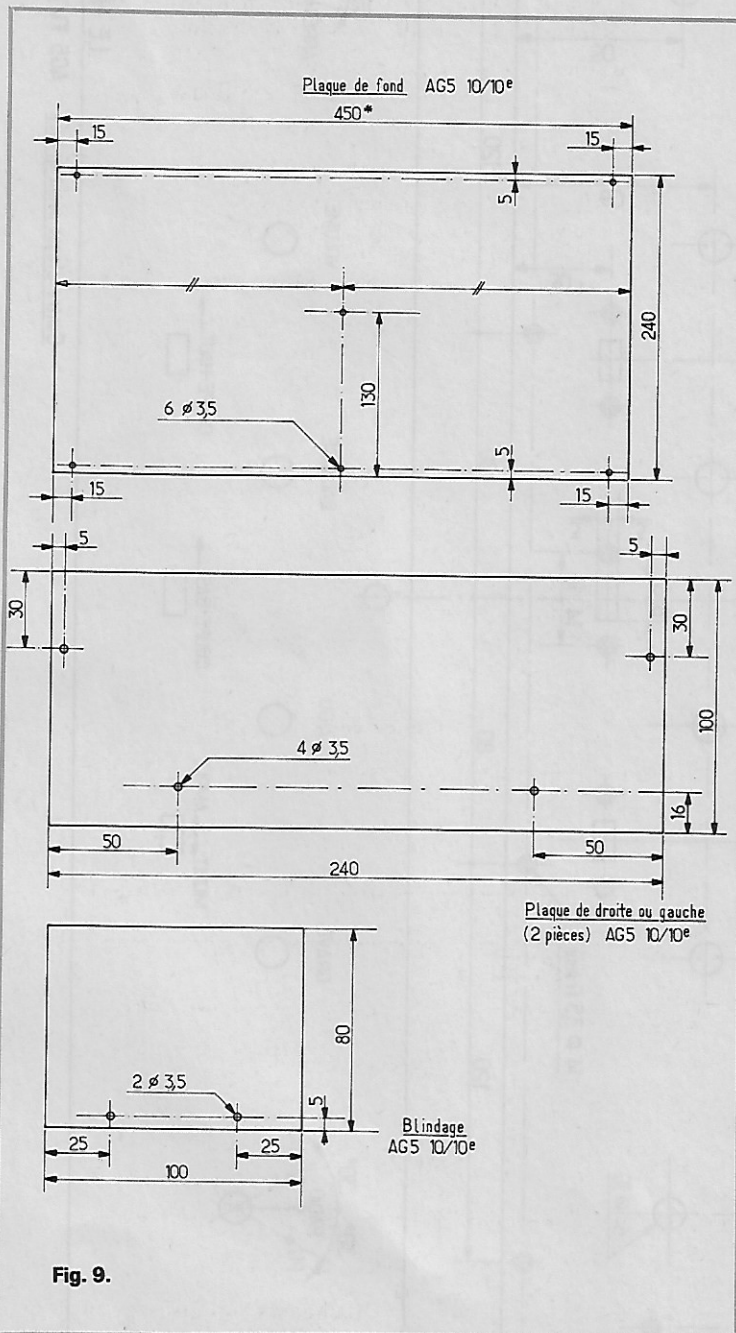


Fig. 9.

débordent légèrement du châssis-support et des panneaux latéraux pour éviter que les vis de fixation de ces derniers ne fassent saillie.

La plaque de fond recouvre entièrement la partie inférieure du châssis-support auquel elle se fixe par 6 vis de 3×10 . On effectuera

chat » de notre amplificateur qui évitent que les têtes de vis ne viennent rayer la surface sur laquelle reposera l'appareil : ce sont six rondelles de plastique, auto-adhésives, de 20 mm de diamètre, comme on en installe sous les pieds de certains meubles.

quelques précautions comme le choix d'une peinture appropriée qui ne craquèle pas. Les lecteurs intéressés par cette présentation auront intérêt à confier leurs travaux de peinture et de gravure à des spécialistes.

Beaucoup plus simple, économique et accessible à tous est le procédé utilisant la décalcomanie à sec, par contact, de lettres, chiffres ou signes spécialement déposés sur des feuilles en matière plastique : lettres noires sur support clair, lettres blanches sur support noir ou foncé.

Pour réussir une belle présentation de la face avant, il convient de placer la contre-plaque recouverte d'une peinture mate, bien sèche, sur une surface plane. Le report des lettres se fera sans trop appuyer sur le support plastique. Au cas où les lettres se décalqueraient mal sur la surface peinte, il conviendrait de passer sur celle-ci (légèrement) une gomme à encre aux endroits à marquer. Un essai préalable sur une chute de métal est vivement conseillé.

Un vernis spécial (fixatif) sera ensuite déposé sur les panneaux marqués, avant de les recouvrir du vernis durcisseur qui risquerait de dissoudre les lettres.

Les boutons seront choisis pour être en harmonie avec la présentation d'ensemble : les reflets métalliques se marieront bien avec une peinture sombre et les boutons noirs avec une surface claire. On ne choisira pas de boutons trop petits pour bien dissimuler l'écrou de fixation des commandes.

ÉBÉNISTERIE

Le châssis terminé peut être incorporé à un meuble possédant une ouverture appropriée aux dimensions du panneau avant.

Plus généralement, il sera prévu une ébénisterie dont nous indiquons une version assez sobre et facile à réaliser sur la figure 10.

Cette ébénisterie a l'avantage d'être simplement posée comme un couvercle sur l'appareil dont elle épouse exactement les formes. On peut ainsi accéder très facilement à l'intérieur du châssis, en cas de nécessité, sans démontage acrobatique et fastidieux.

Des tasseaux de centrage permettront une mise en place bien ajustée : ils viennent se caler entre les faces internes des panneaux avant et arrière.

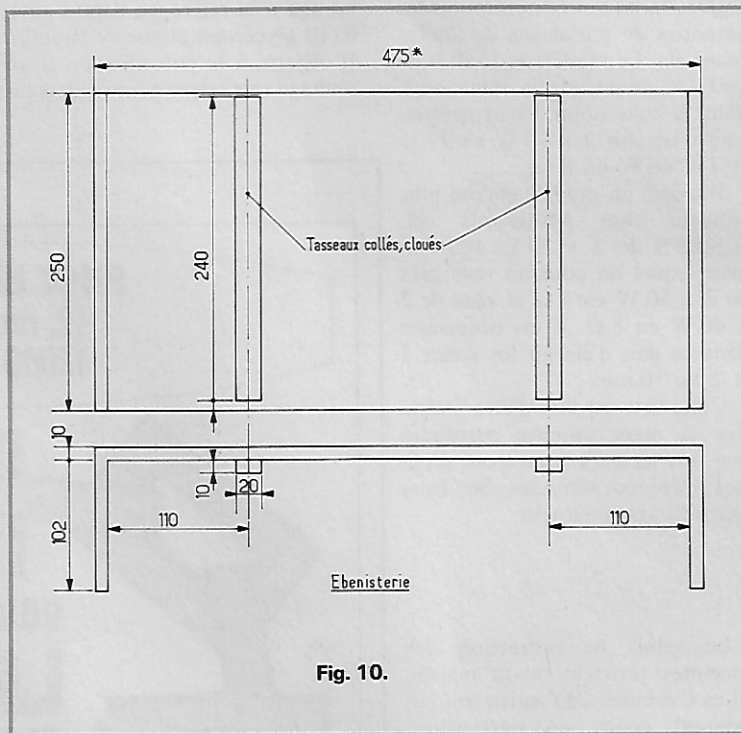


Fig. 10.

POUR CONCLURE

Ainsi que nous avons eu l'occasion de l'indiquer, cet amplificateur, réalisé conformément aux instructions détaillées que nous avons prodiguées sur cinq articles, ne nécessite aucune mise au point et doit fonctionner tel quel s'il a été correctement réalisé.

Le lecteur a tous les éléments

(schémas, plans de câblage, conseils divers) qui lui permettront d'effectuer tous les contrôles préalables à une mise sous tension : il va de soi que cette opération est absolument indispensable si l'on veut éviter de désagréables surprises. La grande accessibilité à tous les circuits et recoins de câblage facilite grandement cette inspection.

Il se peut, néanmoins, qu'après

RÉCAPITULATION DES FOURNITURES MÉCANIQUES

- 2 barres AG5 ou duralumin, section carrée de 10 × 10 mm longueur = 450 mm*
- 4 barres AG5 ou duralumin, section carrée de 10 × 10 mm longueur = 240 mm
- 4 barres AG5 ou duralumin, section carrée de 10 × 10 mm longueur = 310 mm
- 4 barres AG5 ou duralumin, section carrée de 10 × 10 mm longueur = 60 mm
- 3 barres AG5 ou duralumin, section carrée de 10 × 10 mm longueur = 50 mm
- 2 plaques AG5 de 20/10°, dimensions 455 × 100 mm*
- 1 plaque AG5 de 20/10°, dimensions 250 × 50 mm
- 1 plaque AG5 de 10/10°, dimensions 455 × 100 mm*
- 1 plaque AG5 de 10/10°, dimensions 100 × 80 mm
- 2 plaques AG5 de 10/10°, dimensions 240 × 100 mm
- 1 plaque AG5 de 10/10°, dimensions 450 × 240 mm*

visserie : (quantités approximatives)

- 70 vis de 3 × 10, tête plate bombée, acier traité.
- 120 écrous de 3, laiton ou acier traité.
- 80 rondelles éventail de 3.
- 20 vis tête fraisée de 3 × 25.
- 20 vis tête plate bombée de 3 × 15.
- 4 vis tête plate bombée de 3 × 20.
- 4 entretoises alu de 6 × 10.
- 8 vis de 3,5 × 10, tête plate bombée et 8 écrous pour 3,5.

la mise en route aucun son ne sorte, ou qu'une désagréable cacophonie soit perçue. Dans ce cas, le secours d'un multimètre est indispensable pour relever les tensions que nous avons indiquées sur chaque transistor, seule voie pour découvrir le circuit en dérangement.

Il n'est pas possible, sur un appareil comprenant autant de composants de dresser une liste des cas de panne possibles. La plupart sont d'ailleurs mineures et n'entraînent pas de destruction en raison des protections que nous avons prévues. Si une difficulté se présente, toutefois, seule une méthodologie rigoureuse dans l'investigation, un peu de bon sens et beaucoup de soin guideront vers le succès une opération de dépannage.

Entreprendre la construction d'un amplificateur tel que celui que nous avons décrit n'est pas une entreprise d'une folle audace pour peu que l'on ait quelques notions, même très élémentaires, d'électronique, une bonne habitude de manier le fer à souder et la perceuse, un goût prononcé pour le bricolage et... un doigt de patience.

Si ces conditions sont remplies, les lecteurs intéressés éprouveront la légitime satisfaction de meubler leurs loisirs par une réalisation attrayante et enrichissante (au moins pour l'esprit!) et nous aurons atteint notre but.

A la demande de nombreux lecteurs, nous indiquons les origines des fournitures nécessaires pour la réalisation de cet amplificateur.

Toutes les pièces que nous avons choisies sont très courantes et disponibles chez la plupart des revendeurs spécialisés (sans engagement, toutefois, sur l'état de leur stock).

Bien que nos références se situent dans la région parisienne, nous estimons que notre choix ne devrait pas trop défavoriser nos nombreux lecteurs de province qui trouveront cet approvisionnement dans les grandes villes ou qui pourront commander par correspondance dans la capitale.

Les sources que nous indiquons sont celles que nous avons utilisées comme client anonyme, donc sans intention publicitaire.

PETITS COMPOSANTS ELECTRONIQUES

(résistances, condensateurs, potentiomètres...).

Ce sont les pièces les plus courantes qu'il sera possible de se procurer chez tout détaillant de Paris ou de province. Nos approvisionnements se sont faits chez :

- Radio-Voltaire, 155, avenue Ledru-Rollin, 75011 Paris.

- Téral, 26 ter, rue Traversière, 75012 Paris.

- Les Cyclades, 11, boulevard Diderot, 75012 Paris.

- Radio MJ, 19, rue Claude-Bernard, 75005 Paris.

St-Germain Composants, 4, rue à la Farine, 78100 St-Germain-en-Laye.

SEMI-CONDUCTEURS

Tous les semi-conducteurs utilisés sont très courants et peuvent être approvisionnés sous les références nominales ou leurs équivalents chez l'un des revendeurs ci-dessus indiqués.

TRANSFORMATEUR D'ALIMENTATION

Le choix du transformateur d'alimentation est de loin le plus préoccupant.

Nous avons utilisé, sur la maquette, un modèle \varnothing \times 24 V,

1,5 A acheté chez Radio-Voltaire. Il s'est avéré, à l'usage, que ce modèle était un peu « juste » si l'on voulait obtenir le maximum de puissance et il aurait été nécessaire de prendre le modèle de 3 A pour être tranquille, mais ce dernier ne tenait pas dans la zone de fixation aux dimensions nominales.

De construction plus sérieuse, mais aussi plus onéreuse, nous citerons le modèle cuirassé imprégné de 2×25 V, 2 A (100 VA) sur circuit double C référence 35 U 32 fabriqué par LEM, 127, avenue de la République, 92 Chatillon, dont les dimensions sont $80 \times 82 \times 102$ mm.

Pour les lecteurs exigeants et... fortunés, nous recommandons les fabrications Millérioux (Magnétique-France, 175, rue du Temple, 75003 Paris) qui offrent toutes les garanties de puissance, de faibles fuites etc. Le modèle A 2160 B de 100 VA conviendrait pour tenir dans la zone nominale et permettrait d'obtenir 2×30 W en 15Ω et 2×40 W en 8Ω .

Il existe un modèle encore plus robuste chez Millérioux réf. F 2200 B de 2×30 V, 160 VA, avec lequel on pourrait tirer près de 2×50 W en 4Ω et plus de 2×40 W en 8Ω . Il est nécessaire dans ce cas, d'élargir les zones 1 et 2 de 10 mm.

Cette liste est loin d'être limitative et nous sommes persuadés que nos lecteurs trouveront d'autres références sérieuses chez leurs fournisseurs habituels.

RELAIS

Le relais de protection des enceintes provient de la maison « Les Cyclades ». D'autres sources existent (voir, en particulier, Cerel, 14-16, rue des Lilas, 75019 Paris).

FOURNITURES MÉCANIQUES

Les barres du châssis (à défaut de règles d'écolier de 10×10 mm!) ainsi que la visserie peuvent être obtenues chez un quincaillier sérieux et bien achalandé : le Bazar de l'Hôtel-de-Ville, Sté Weber, 9, rue de Poitou, 75003 Paris etc.

Les plaques d'AG5 proviennent de la maison Weber, 9, rue du Roi Doré, 75003 Paris, qui découpe les panneaux aux dimensions voulues lorsque la commande est passée sur place.

PEINTURE ET GRAVURE

La maquette a été peinte au moyen d'une peinture aérosol en bombe noire mate de Dupli-Color (Rallye-Schwarz-matt réf. 253-59) achetée dans un supermarché.

Les décalcomanies sont des lettres blanches de 3 ou 4 mm (procédé Decadry ou Letraset) recouvertes d'un fixatif Letraset ou Let-fix de Mecanorma, disponibles chez les marchands de fournitures pour le dessin.

Le vernis durcisseur incolore en bombe a la référence Ripo-Laque 8110 glycérophthalique de Ripolin. Il dégage, à la pulvérisation et au séchage une odeur assez désagré-

ble mais qui se dissipe après quelques heures. Ce vernis protège très bien les surfaces recouvertes.

PRIX DE REVIENT

L'ensemble des composants électroniques et des différentes pièces mécaniques et fournitures diverses revient, au prix de détail à fin 1973 à 600 F environ. Des écarts de - 100 F à + 150 F peuvent être enregistrés sur le prix des fournitures d'origine ou de qualité différentes.

J. CERF

PHOT HIFI 3 000

**18, rue Neuve
12000 RODEZ**



vous propose

**LA CHAINE
D'OR**
haute fidélité

où chaque maillon est
une marque prestigieuse

**EXCEL SOUND • LAFAYETTE
JENSEN • GARRARD • FRANK**