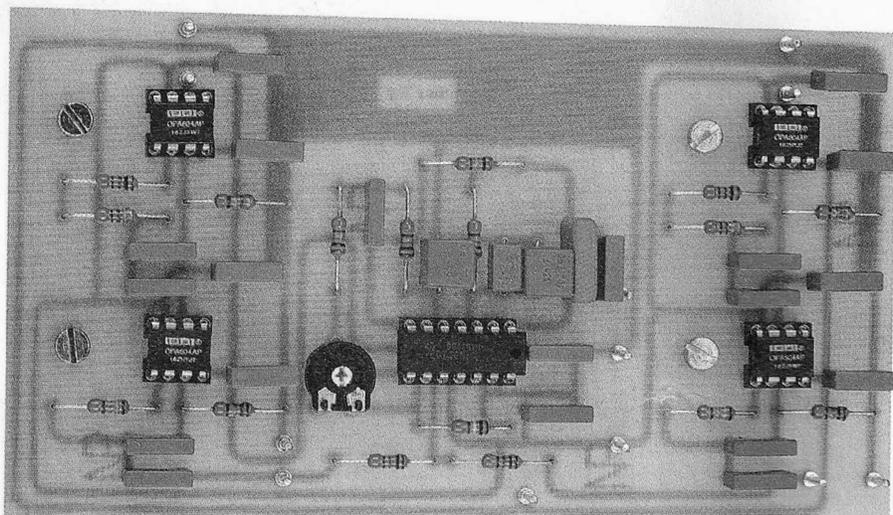


FILTRE ACTIF TRIPHONIQUE 24 dB/OCTAVE AIGUILLAGE À 100 Hz



Le filtre actif triphonique est le maillon indispensable à tout mélomane qui veut pouvoir élargir la reproduction des basses fréquences de sa chaîne Hi-Fi lorsqu'il ne possède que des enceintes 2 voies munies de haut-parleurs «grave/médium» de 17 cm de diamètre.

Étant donné qu'il est impossible, physiquement, de concevoir une mini-enceinte à haut rendement capable de reproduire des fréquences en deçà de 60 Hz, le caisson grave central est le complément indispensable pour se donner encore plus de satisfaction lors de l'écoute de ses CD, que la musique soit classique ou moderne.

Il faut savoir qu'en dessous de 100 Hz, les ondes de pression sonore sont sphériques et donc omnidirectionnelles. L'effet stéréo obtenu à ces fréquences très basses est très réduit et permet donc l'utilisation d'un élément central sans aucune perte de qualité dans la reproduction.

Notre étude aiguille les signaux provenant d'un préamplificateur stéréophonique en les «débarrassant» de tout ce qui est inférieur à 100 Hz. Les enceintes satellites respirent alors mieux, les membranes des 17 cm n'ayant plus à s'affoler et la distorsion devient plus acceptable.

Le caisson central peut jouer parfaitement son rôle jusqu'à 100 Hz, étant directement chargé par un amplificateur, et le trajet du signal n'est plus perturbé par un circuit L/C à la volumineuse self de filtrage.

LE FILTRE ACTIF

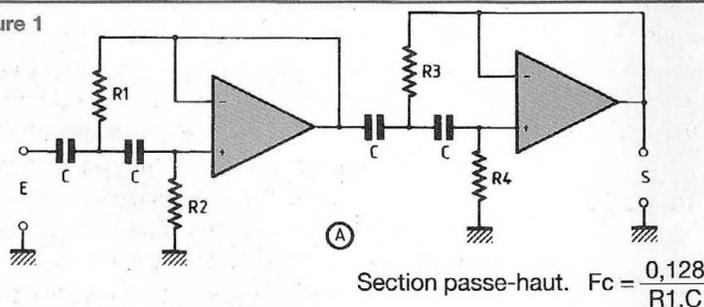
Nous avons choisi un raccordement à la fréquence de 100 Hz, valeur assez classique pour un caisson de graves, mais avec une pente très raide de 24 dB/octave de part et d'autre de la fréquence de raccordement.

Pourquoi ce choix ?

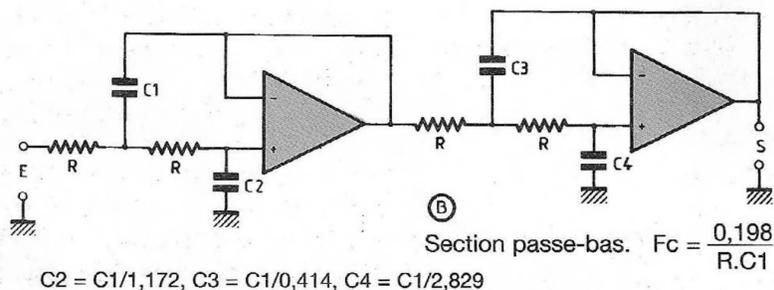
Simplement parce que l'on est certain d'obtenir un raccordement parfait entre le caisson et les enceintes satellites, sans interférences, et une courbe de réponse résultante absolument plate à la jointure. De plus, le branchement se fait en phase, et la jonction à -6 dB élimine ainsi tout problème de directivité.

Les filtres du 4^{ème} ordre ont été obtenus, dans la pratique, par la mise en série de deux cellules du 2^{ème} ordre, mon-

Figure 1



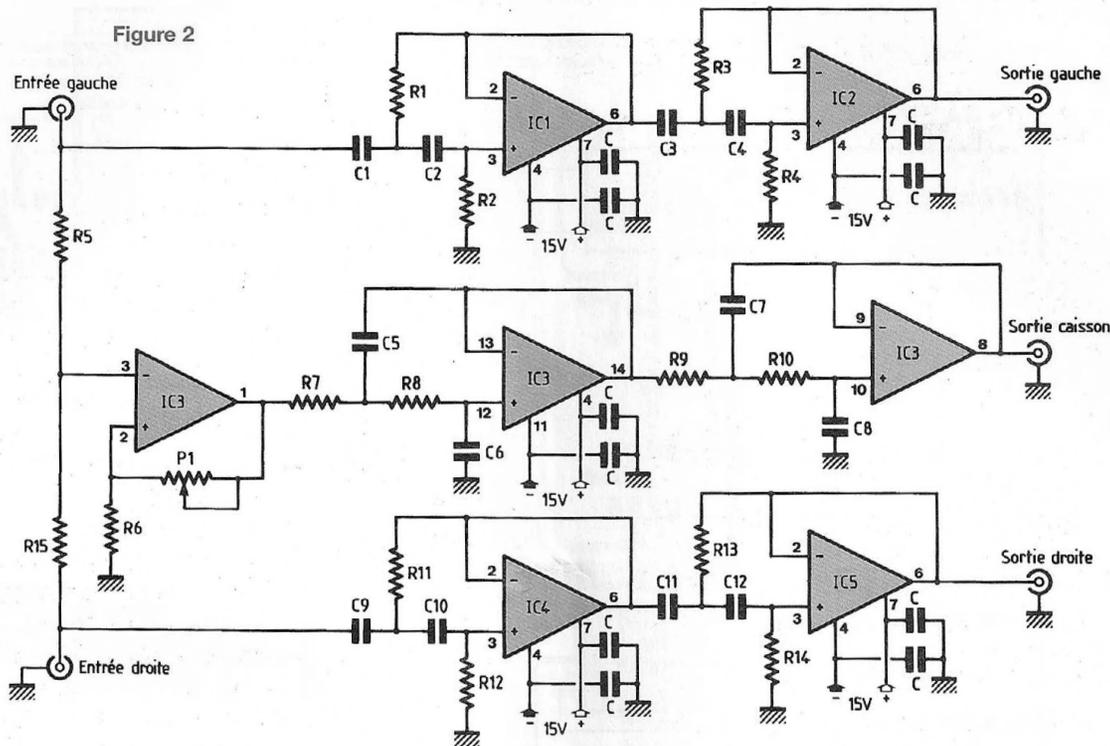
$$R2 = 1,172R1, R3 = 0,414R1, R4 = 2,829R1$$



$$C2 = C1/1,172, C3 = C1/0,414, C4 = C1/2,829$$

POUR UN GRAVE RENFORCÉ

Figure 2



tage minimisant les effets de la tolérance sur la valeur des composants passifs R/C.

Les schémas de ces filtres et les calculs s'y rapportant font l'objet de la figure 1. La haute qualité des amplis Op utilisés permet d'obtenir un rapport signal/bruit supérieur à 96 dB et une distorsion absolument négligeable.

ETUDE DE L'ÉLECTRONIQUE

• LE FILTRE ACTIF

Le schéma complet de ce filtre triphonique est proposé à la figure 2.

Comme on peut le constater, la sommation des canaux au niveau du canal grave se fait simplement par un réseau de deux résistances de 1 MΩ (R5 et R15).

Le mélange effectué, le signal est appliqué à l'entrée non inverseuse d'un ampli opérationnel (1/4 de TL 074 CN) dont le gain en tension est réglable au moyen de P1.

Le filtre «passe-bas» du quatrième ordre

de Butterworth, en fonction de la sélection des éléments RC, permet d'obtenir une fréquence d'intervention F_c à 100 Hz, ce qui est facilement vérifiable avec la relation :

$$F_c = \frac{0,198}{R.C}$$

pour $R = 19,8 \text{ k}\Omega$; $C = 0,1 \mu\text{F}$

$$f_c = \frac{0,198}{19,8 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}}$$

$$= \frac{0,198}{1,98 \cdot 10^{-3}} = 100 \text{ Hz}$$

Il en est de même pour les deux filtres «passe-haut», en reprenant la relation de la figure 1, nous pouvons en déterminer la fréquence d'intervention :

$$F_c = \frac{0,128}{R.C}$$

pour $R = 12,8 \text{ k}\Omega$; $C = 0,1 \mu\text{F}$.

$$f_c = \frac{0,128}{12,8 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}}$$

$$= \frac{0,128}{1,28 \cdot 10^{-3}} = 100 \text{ Hz}$$

Il est évident que dans la pratique nous prendrons des valeurs normalisées de 20 kΩ pour le «passe-bas» et 13 kΩ pour le «passe-haut».

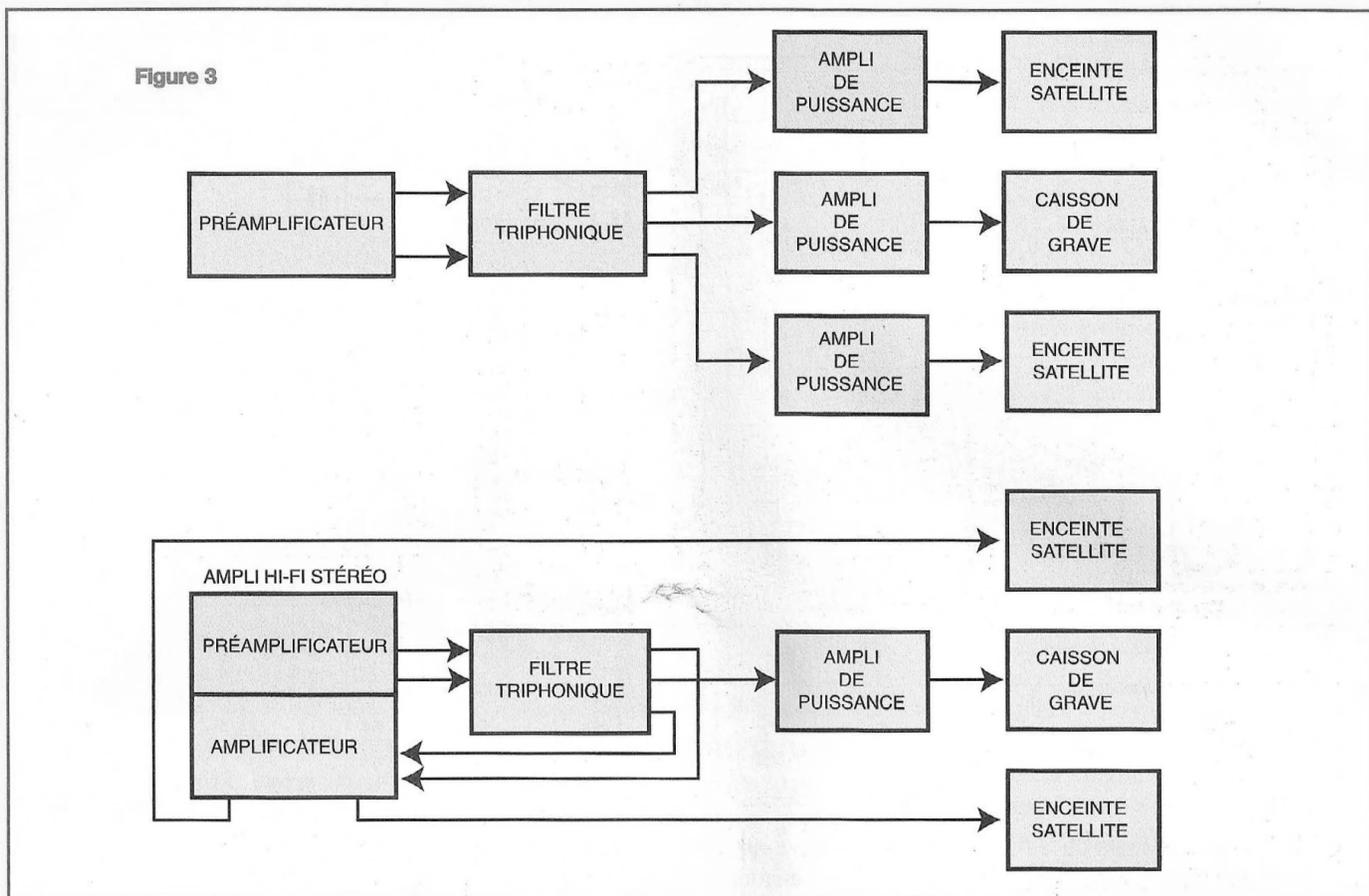
L'alimentation du filtre actif est prévue en ±15 V, chaque circuit intégré est découplé par un condensateur de 0,1 μF entre le (+) et la masse ainsi qu'entre le (-) et la masse, afin d'obtenir une parfaite stabilité de fonctionnement.

Chaque sortie doit être reliée à un amplificateur de puissance. Deux cas peuvent se présenter, ou le lecteur possède déjà une chaîne stéréophonique ou il réalise entièrement un ensemble triphonique.

Le synoptique de la figure 3 indique les raccordements à effectuer en fonction de ces deux cas.

En (A), le lecteur ne possède pas de chaîne Hi-Fi. Il lui faut donc un préamplificateur stéréophonique qui va fournir la modulation au filtre actif. Celui-ci va piloter trois amplis de puissance, deux étant reliés aux enceintes satellites pour garder l'effet stéréophonique aux fré-

FILTRE ACTIF TRIPHONIQUE. AIGUILLAGE À 100 Hz



quences supérieures à 100 Hz et le troisième destiné au «caisson grave».

En (B), le lecteur possède déjà une chaîne Hi-Fi stéréo qu'il va pouvoir modifier pour accéder à la triphonie.

Il suffit d'injecter les signaux des deux sorties du préamplificateur non plus aux blocs de puissance internes mais au filtre actif. Les deux sorties «passe-haut» seront reliées aux blocs de puissance existants et la sortie «passe-bas» à un amplificateur complémentaire, celui des Led n°s 168-169 par exemple avec les LM3886.

• L'ALIMENTATION

La tension symétrique de ± 15 V peut être fournie exactement de la même façon que pour l'étude du «Correcteur 10 fréquences», cette alimentation étant universelle, ou à partir de l'amplificateur de puissance lui-même en utilisant l'alimentation

publiée dans le Led n°168 et concernant le «Bloc de très forte puissance».

LE MODULE

• LE CIRCUIT IMPRIMÉ

Une implantation vous est proposée en figure 4 à l'échelle 1. Les pistes cuivrées sont facilement reproductibles, même en employant le procédé ancestral du stylo «Feutre DALO33».

• LE MODULE

Plan de câblage de la figure 5 et nomenclature des composants doivent vous conduire au succès immédiat.

Les résistances R3 et R13 ayant une valeur non normalisée de 5,3 k Ω , il a donc été prévu lors de l'étude du circuit imprimé la mise en série de deux éléments : R3 + R'3 et R13 + R'13, soit 2 k Ω + 3,3 k Ω .

Il en est de même pour les condensateurs C6, C7 et C8, C7 de 244 nF (valeur non normalisée) s'obtient par la mise en parallèle de deux condensateurs, 220 nF et 22 nF. C8 de 35 nF est une mise en parallèle d'un 33 nF et d'un 2,2 nF.

Le condensateur C6 s'approche au mieux des 85 nF par la mise en parallèle d'un 68 nF avec un 15 nF.

Aucun réglage n'est nécessaire et le module doit remplir ses fonctions dès la mise sous tension de la plaquette.

L'ajustable P1 permet de modifier le niveau de sortie du filtre passe-bas dans un rapport de 3,2 afin d'accorder les rendements entre les enceintes satellites et le caisson de graves.

NOTA

Le module présenté en début d'article n'est pas tout à fait conforme à l'implan-

POUR UN GRAVE RENFORCÉ

Figure 4

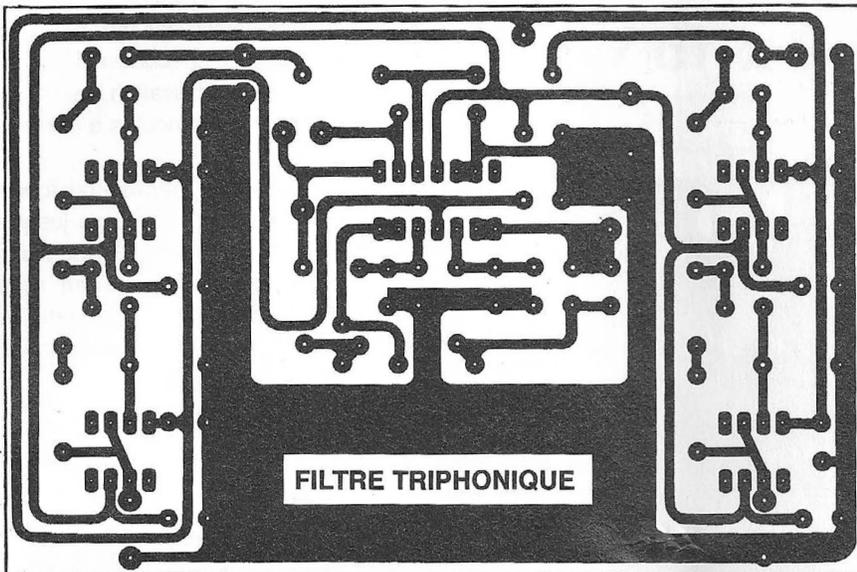
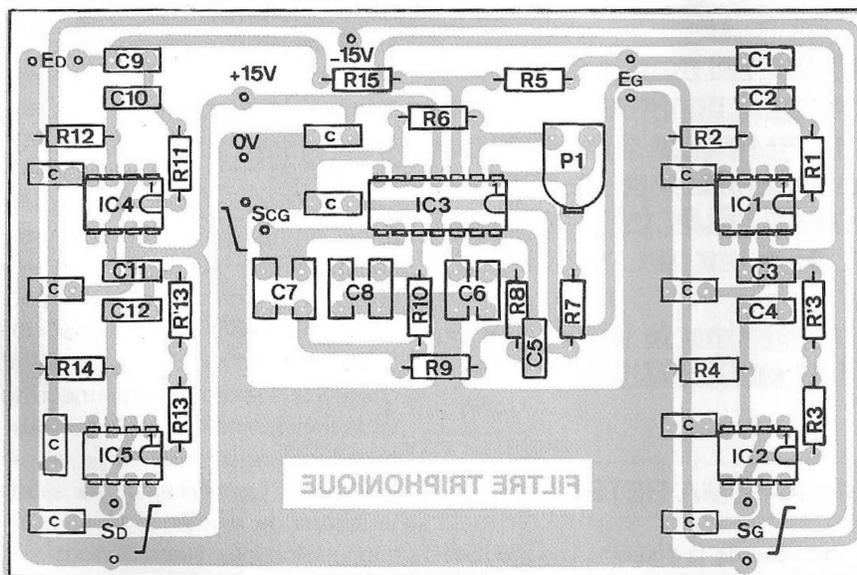


Figure 5



NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

LE FILTRE ACTIF TRIPHONIQUE

• Résistances à couche métallique
± 1 % / 1/2 W

- R1 : 13 kΩ
- R2 : 15 kΩ
- R3 : 5,3 kΩ (3,3 kΩ + 2 kΩ)
- R4 : 36 kΩ
- R5 : 1 MΩ
- R6 : 100 kΩ
- R7 : 20 kΩ
- R8 : 20 kΩ
- R9 : 20 kΩ
- R10 : 20 kΩ
- R11 : 13 kΩ
- R12 : 15 kΩ
- R13 : 5,3 kΩ (3,3 kΩ + 2 kΩ)
- R14 : 36 kΩ
- R15 : 1 MΩ

• Condensateurs non polarisés

- C1 : 0,1 μF
- C2 : 0,1 μF
- C3 : 0,1 μF
- C4 : 0,1 μF
- C5 : 0,1 μF
- C6 : 85 nF (68 nF + 15 nF)
ou (39 nF + 47 nF)
- C7 : (220 nF + 22 nF)
- C8 : (33 nF + 2,2 nF)
- C9 : 0,1 μF
- C10 : 0,1 μF
- C11 : 0,1 μF
- C12 : 0,1 μF
- C (condensateur de découplage) 10x0,1 μF

• Semiconducteurs

- IC1 : OPA604AP
- IC2 : OPA604AP
- IC3 : TL074CN
- IC4 : OPA604AP
- IC5 : OPA604AP

• Résistance ajustable

- P1 : 220 kΩ

tation de la figure 5. Nous l'avons en effet légèrement remaniée pour que les condensateurs soient au pas de 5,08 au lieu de 7,62, le 5,08 ayant tendance à s'imposer même pour les fortes valeurs de 220 nF.

Nous avons également doublé l'implantation pour la valeur de C6.

Ceci ne change évidemment en rien le fonctionnement du filtre triphonique.

Pour le traitement de la modulation au delà de 100 Hz, nous avons utilisé des amplis opérationnels performants OPA604. Ils sont excellents pour les applications en audio.

Le traitement des basses fréquences jusqu'à 100 Hz s'effectue avec un modeste TL074, ce qui est largement suffisant. A ces fréquences on ne joue pas dans la « finesse ».

Il est évident que la fréquence de coupure F_c de 100 Hz n'est pas figée et peut être modifiée suivant des besoins personnels.

Vous disposez de toutes les formules nécessaires pour y parvenir aisément. Attention aux exposants 10^3 et 10^6 .

Bernard Duval