

EXPERIMENTATION ET EVOLUTION DES CIRCUITS FONDAMENTAUX

LE PREAMPLIFICATEUR LM 381

Un précédent article de cette série, consacré au circuit intégré TDA 2030 (*Le Haut-Parleur* n° 1762), nous a conduit à une approche de la haute fidélité par le biais des circuits intégrés de puissance. Il apparaît logique, pour y faire suite, de se pencher sur le problème des préamplificateurs.

Une méconnaissance des produits spécifiques à ces applications – aggravée parfois d'un certain snobisme – conduit encore à prôner l'emploi de transistors discrets. Pourtant, là aussi, l'intégration a fait ses preuves. Nous essayerons de le prouver à travers l'étude du LM 381, préamplificateur à faible bruit couramment disponible et peu coûteux.

LE CIRCUIT LM 381

Il s'agit d'un double préamplificateur, spécialement développé pour le traitement des signaux à faible niveau, et dans les applications qui exigent un faible bruit. Celui-ci, ramené à l'entrée, et pour une plage de fréquences s'étendant

de 10 Hz à 10 kHz, n'excède pas 0,5 μ V : voilà qui devrait calmer les détracteurs de l'intégration !

Pour sa plus grande part, le niveau de bruit est évidemment tributaire des performances de l'étage d'entrée, ce qui en détermine la configuration optimale. La figure 1 illustre (sur une seule des deux voies identiques) celle

qu'adopte le LM 381. Elle respecte les critères suivants :

- un seul transistor, T_1 , y est actif. En effet, dans un étage différentiel, on peut montrer que la mise en œuvre des deux transistors dans le mécanisme d'amplification, multiplie le bruit par un facteur $\sqrt{2}$;
- les composants de polarisation (R_T) et la charge (R_L) sont purement résistifs, afin d'éliminer le bruit inhérent aux jonctions semi-conductrices.

La meilleure utilisation du LM 381 s'obtient en attaquant l'étage sur une entrée unique (la base de T_1), et en réintroduisant la contre-réaction sur l'émetteur de ce même transistor. Dans ces conditions, le gain en tension (en alternatif) a pour expression :

$$A_v = \frac{R_L}{R_e} = \frac{200 \text{ k}\Omega}{1,25 \text{ k}\Omega} = 160$$

où la résistance r_e est donnée par la relation classique :

$$r_e = \frac{kT}{qI_e} = 1,25 \cdot 10^3 \text{ à } 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

avec, pour le LM 381, I_e voisin de 20 μ A.

Nous ne détaillerons pas le reste de la structure du LM 381, dont l'analyse nous entraînerait trop loin. Contentons-nous de livrer son brochage (fig. 2), et de résumer ses caractéristiques essentielles (tableau I). Nous passons, maintenant, aux diverses applications. Pour chacune d'elles, une seule voie sera représentée.

PREAMPLIFICATEUR NAB POUR BANDES MAGNETIQUES

Cette application n'intéresse qu'exceptionnellement l'amateur, et nous la traiterons rapidement. La figure 3 rappelle, avec le niveau relatif de sortie exprimé en décibels en fonction de la fréquence, la courbe de correction à laquelle doit satisfaire un préamplificateur pour tête de lecture de bandes magnétiques, selon la norme NAB. On l'obtient à l'aide du montage de la figure 4, pour lequel on trouvera, en fin d'article, la nomenclature des composants.

Les résistances R_1 et R_2 déterminent la polarisation en continu. Le gain de référence A_{0dB} (niveau 0 dB de la figure 3), au-delà de la fréquence charnière f_2 , est déterminé par le rapport :

$$A_{0dB} = \frac{R_3 + R_4}{R_3} = 355$$

tandis que cette même fré-

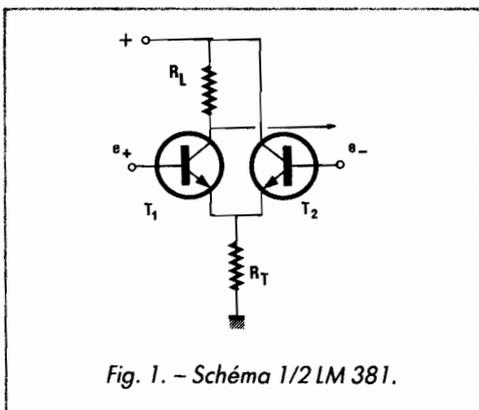


Fig. 1. - Schéma 1/2 LM 381.

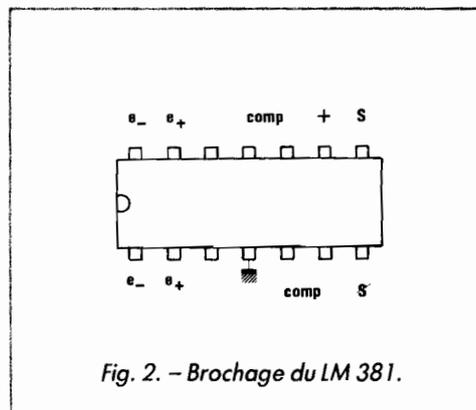


Fig. 2. - Brochage du LM 381.

quence prend, pour + 3 dB, la valeur :

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_4 C_3} = 1\,770 \text{ Hz}$$

ce qui correspond à l'égalité de R_4 et de l'impédance de C_3 . L'autre fréquence caractéristique, f_1 (égalité de R_2 et de l'impédance de C_3), est donnée par :

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_2 C_3} = 50 \text{ Hz}$$

PREAMPLIFICATEUR RIAA

Le succès du disque compact à lecture laser n'a pas encore sonné le glas du « disque noir », ne serait-ce qu'à cause du nombre d'exemplaires encore existants. Or nombre de chaînes récentes n'intègrent plus le correcteur RIAA qu'on doit associer aux têtes de lecture magnétiques : il est facile de pallier cette lacune par un petit circuit complémentaire, naturellement stéréophonique, mais dont nous ne décrivons qu'une voie.

La figure 5, où les niveaux relatifs de sortie, en fonction de la fréquence, sont exprimés

Paramètre	Conditions	Valeur typique	Unité
Gain en tension (boucle ouverte)	entrée différentielle à 100 kHz	160 000	V/V
Résistance d'entrée	entrée positive	100	k Ω
Résistance de sortie	boucle ouverte	150	Ω
Produit gain x bande		15	MHz
Tension maximale d'entrée	fonctionnement linéaire	300	mV _{eff}
Distorsion harmonique totale	1 kHz gain 60 dB	0,1	%
Bruit ramené à l'entrée	10 Hz à 10 kHz gain 1 000 dB	0,5	μ V _{eff}

Tableau 1

en décibels (le niveau 0 dB correspondant à 1 kHz), rappelle la courbe d'égalisation, à la lecture, selon la norme RIAA. On sait que, pour une cellule magnétique, la tension de sortie est proportionnelle

aux vitesses du déplacement de la pointe qui explore le sillon. Cette vitesse, selon les normes, ne doit jamais excéder 25 cm/s, de 800 à 2 500 Hz. En fait, les meilleurs résultats correspondent à des vitesses de l'ordre de 3 à 5 cm/s, pour lesquelles les tensions de sortie avoisinent 5 mV efficaces. On doit, par ailleurs, charger la tête de lecture par une impédance (résistance pure) de 47 k Ω .

La figure 6 fournit un schéma typique de préamplificateur RIAA, construit autour de l'un des amplificateurs du LM 381. L'entrée, à travers C_1 , se fait sur la broche non inverseuse du circuit. Là encore, il faut imposer une polarisation en continu, dont se charge le diviseur résistif R_2R_3 , monté en contre-réaction entre la sortie et l'entrée inverseuse. Aux fréquences les plus basses (en dessous de f_1 , sur la fi-

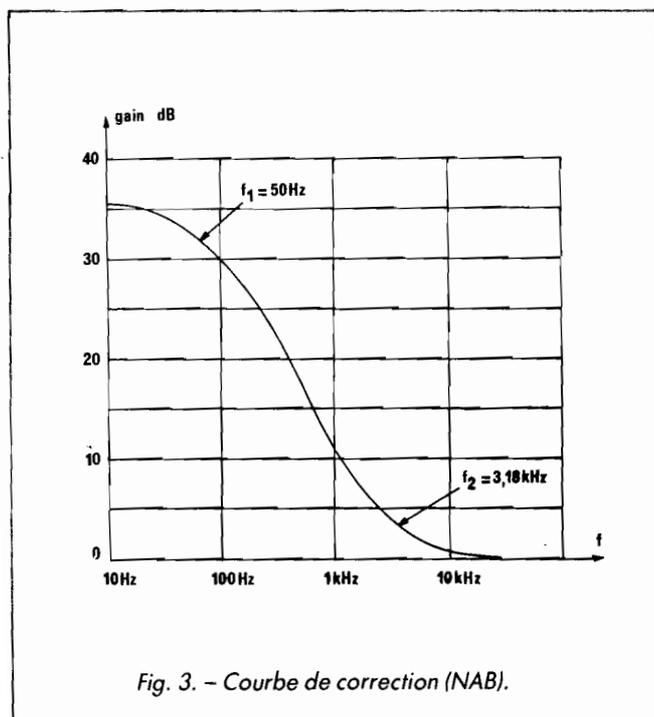


Fig. 3. - Courbe de correction (NAB).

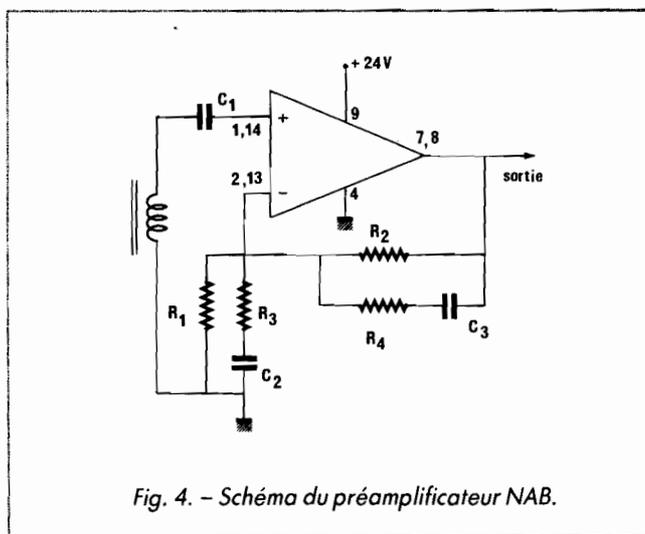
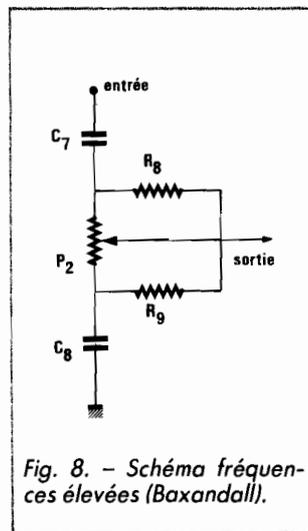
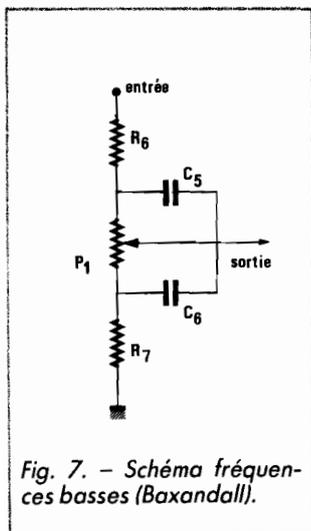
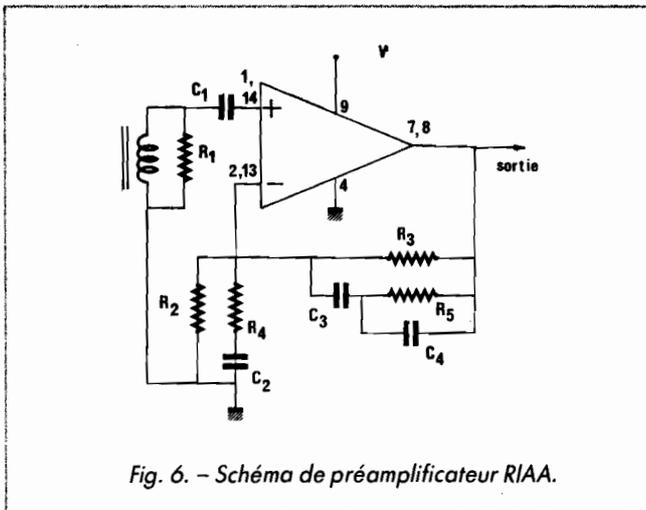
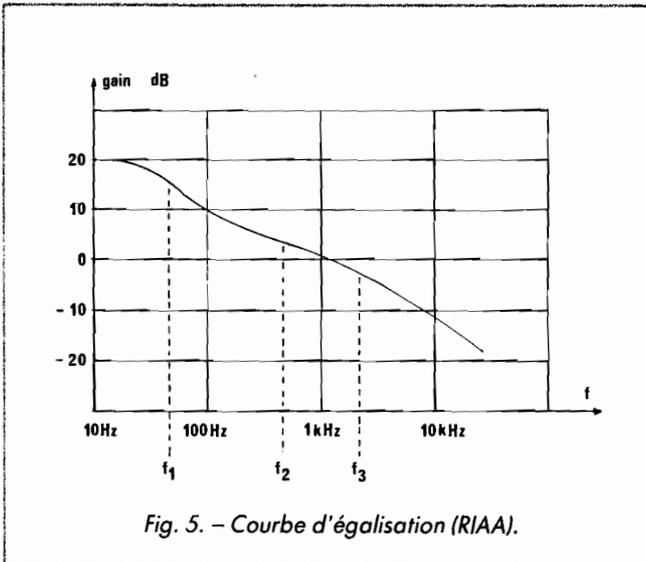


Fig. 4. - Schéma du préamplificateur NAB.



gure 5), on peut considérer comme pratiquement infinies les impédances de C_3 et de C_4 , alors que celle de C_2 reste encore faible, vis-à-vis de R_4 . Le gain en tension n'est, alors, déterminé que par R_3 et R_4 :

$$A = \frac{R_3 + R_4}{R_4}$$

A partir de la première charnière f_1 , intervient l'influence de C_3 , la chute de 3 dB correspondant à l'égalité de R_2 et de l'impédance de C_3 .

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_2 C_3}$$

De la même façon, les autres fréquences de transition, f_2 et f_3 , sont :

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_5 C_3}$$

$$f_3 = \frac{1}{2\pi R_5 C_4}$$

On trouvera, en fin d'article, la nomenclature des composants utilisés dans le montage de la figure 6.

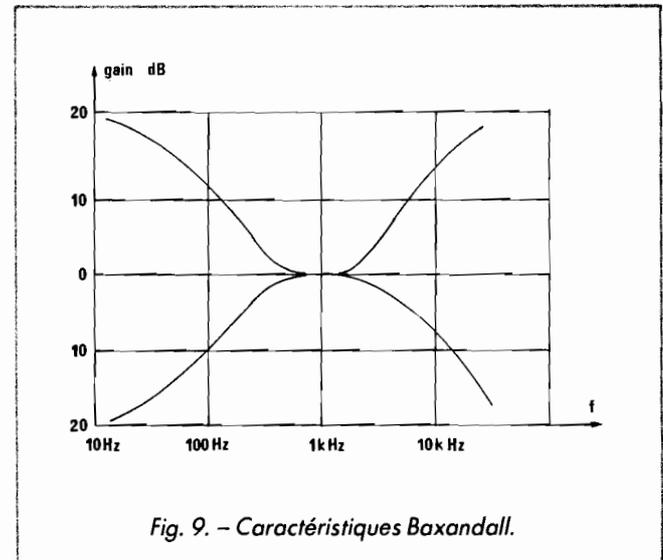
CONTROLEUR DE TONALITE BAXANDALL

Il s'agit là du plus traditionnel des correcteurs, avec réglage séparé des graves et des aigus. En fait, et sous réserve

d'une attaque sous impédance suffisamment réduite, et d'une exploitation, en sortie, par une impédance suffisamment élevée, les courbes de réponse du correcteur ne dépendent plus que des composants passifs : résistances, potentiomètres, condensateurs.

Les réseaux passifs, toutefois, introduisent une importante perte d'amplitude, qu'il convient de compenser par une amplification supplémentaire. Les schémas traditionnels utilisent, en aval du correcteur, un étage aperiodique. Mais les excellentes performances du LM 381, et notamment le gain qu'il est capable de fournir (400 à 1 000 Hz, dans l'exemple de la figure 6), dispensent de cet apport, comme le montrera le schéma complet de la figure 10. Auparavant, rappelons le mécanisme de fonctionnement du correcteur, en séparant l'action aux basses fréquences de celle aux fréquences élevées. Les schémas correspondants sont ceux des figures 7 et 8.

La figure 7 correspond aux fréquences basses. Le rapport des résistances R_6 et P_1 d'une part, P_1 et R_7 de l'autre, détermine le niveau de relèvement (maximum de graves) ou d'atténuation (minimum). On impose généralement ces va-



leurs à 10 Hz, et la figure 9 en fournit un exemple, avec ± 20 dB, c'est-à-dire un gain ou une atténuation dans un rapport 10. En fait, la plage utile des fréquences ne commence guère qu'à 20 Hz, limite inférieure d'audibilité pour une très bonne oreille : on obtient alors une excursion de ± 18 dB, ce qui est largement suffisant.

Pour les fréquences élevées, c'est le circuit de la figure 8 qui entre en action, par l'intermédiaire du potentiomètre P_2 , associé aux résistances R_8 et R_9 . La correction, à 20 kHz, s'étage de -10 dB à $+12$ dB environ.

SCHEMA COMPLET D'UN PREAMPLIFICATEUR

On le trouvera en figure 10, avec les composants d'un canal, dont les valeurs numériques, pour la partie « correcteur de tonalité », sont indiquées en fin d'article. Le correcteur RIAA de la figure 10 reproduit, sans aucune modification (les valeurs

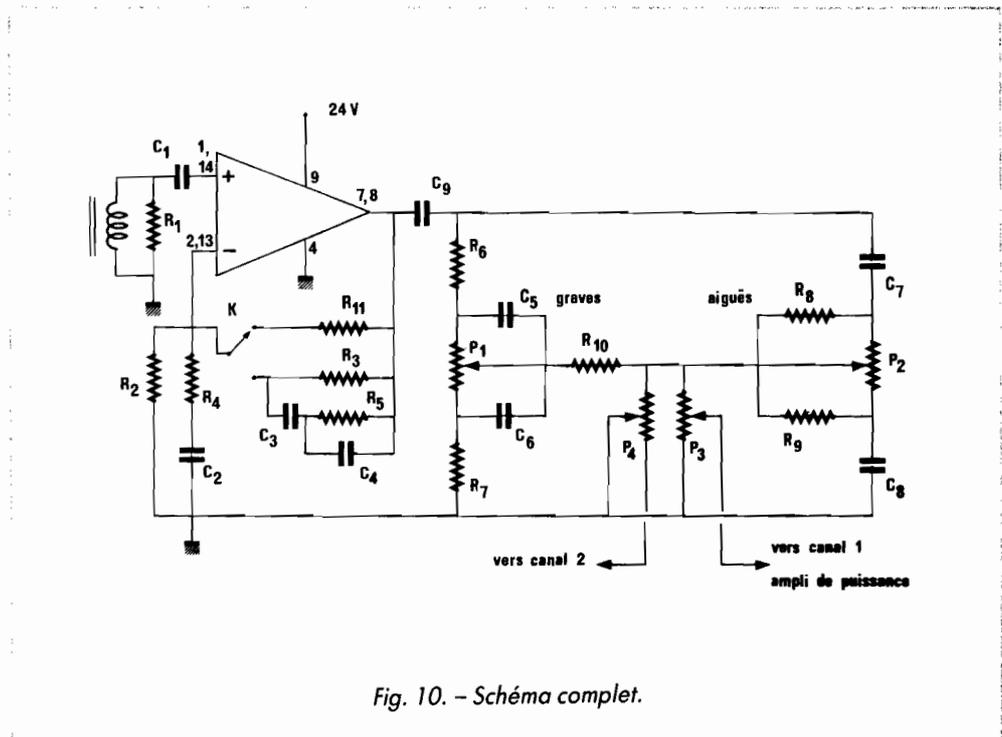


Fig. 10. - Schéma complet.

des composants ont été déjà données), celui de la figure 6. Dans le schéma complet, nous avons, toutefois, ajouté une commutation (inverseur K), qui permet de faire travailler l'étage d'entrée en régime

apériodique, pour une entrée linéaire à faible niveau, en provenance d'un tuner par exemple. Le gain, défini par l'ensemble R_{11} R_4 , compense alors la perte d'insertion du correcteur de tonalité.

A ce dernier sont associées, d'une part la commande de volume (potentiomètre double P_3 P_3 , à courbe logarithmique), d'autre part celle de balance (potentiomètre linéaire P_4).

NON REPRODUIRE EN COULEUR

Circuits de la figure 4

Résistances 0,25 W à $\pm 5\%$

Ces résistances seront, de préférence, à couche métallique, pour un très faible niveau de bruit.

R_1 : 240 k Ω ; R_2 : 2,2 M Ω ; R_3 : 180 Ω ; R_4 : 62 k Ω

Condensateurs

C_1 : 100 nF
 C_2 : 22 μ F (électrolytique, 25 V)
 C_3 : 1 500 pF

Circuit de la figure 10

Résistances 0,25 W à $\pm 5\%$

R_6 : 5,6 k Ω R_9 : 8,2 k Ω
 R_7 : 560 Ω R_{10} : 10 k Ω
 R_8 : 82 k Ω

Condensateurs

C_5 : 58 nF
 C_6 : 560 nF

C_7 : 2,2 nF
 C_8 : 22 nF
 C_9 : 1 μ F

Potentiomètres

P_1 : 47 k Ω (lin.)
 P_2 : 47 k Ω (lin.)
 P_3 : 47 k Ω (log.)
 P_4 : 100 k Ω (lin.)

Circuit de la figure 6

Résistances 0,25 W à $\pm 5\%$

R_1 : 47 k Ω R_4 : 180 Ω
 R_2 : 100 k Ω R_5 : 100 k Ω
 R_3 : 1,2 M Ω

Condensateurs

C_1 : 100 nF
 C_2 : 15 μ F (électrolytique 25 V)
 C_3 : 3 nF ; C_4 : 1 nF

Circuit de la figure 11

Résistances 0,5 W à $\pm 5\%$

R_1 : 8,2 k Ω
 R_2 : 220 k Ω
 R_3 : 24 k Ω

Potentiomètres (linéaires)

$P_1, P_2, P_3, P_4, \dots$: 4,7 M Ω

Condensateurs

$C_1, C_2, C_3, C_4, \dots$: 1 μ F
 C_5 : 100 nF

DAVIS

ACOUSTICS

Kevlar Carbone
Fibre de verre Graphite

FABRICANT FRANÇAIS

DECouvrez LA GAMME
DES HAUT-PARLEURS
DE HAUTE TECHNOLOGIE
DAVIS ACOUSTICS
CHEZ LES SPÉCIALISTES
SUIVANTS :

Amiens SELAC 7, rue Jean Calvin
Angers ELECTRONIC LOISIRS 14-13, rue Beaufort
Avignon KITS & COMPOSANTS 16, rue St-Charles
Beauvais ELECTRO SHOP 12, rue du 27 Juin
Belfort ISEM 170, rue Jean Jaurès
Besançon ETS REBOUL 34, rue d'Arène
Besançon CTS 5, place Pasteur
Bordeaux SOLICELEC 26, cours Alsace-Lorraine
Bordeaux COGEDIS 34, rue Ferrère
Bourg-en-Bresse ELBO 46, rue de la République
Caen SCOPE HI-FI 6, rue Busquet
Chambéry AUDIO ELECTRONIQUE 106, rue d'Italie
Charbourg ELECTRO NORD COTEN 46, rue Tour
Carrée
Grenoble AUDIO LABO 4, rue Beccaria
Herouville St Clair IMPULSION Z.I. de la Sphère
La Roche-s/Yon ETS SON & MUSIQUE 36, rue Sadi
Carnot
Le Havre SONO KIT 74, rue Victor Hugo
Lille ETS BOUFFARD H.P. 21, rue Nicolas Leblanc
Lyon TOUT POUR LA RADIO 66, cours Lafayette
Lyon LA BOUTIQUE DU H.P. 50, cours de la Liberté
Lyon LYON RADIO COMPOSANTS 46, quai Pierre
Scize
Lyon MAISON DU H.P. 46, rue J. Récamier
Marseille MIRAGE DES ONDES 44, rue Julien
Metz INNOVE ELECTRONIQUE 20, rue de Nancy
Metz IFFLY Z.I. Nord 57, rue St Etol
Montpellier CORELEC 4, rue Denise
Montpellier FREQUENCE SUD ELECT 38, rue de la
Méditerranée
Mulhouse AUDIOTOP 14, avenue Mal Joffre
Nancy ELECTRONIQUE SERVICE 63, rue Charles III
Nice HI-FI DIFFUSION 19, rue Tonduti de l'Escarène
Paris HP SYSTEMS 35, rue Guy Mâquet
Paris ETS TERAL 26, rue Traversière
Paris LA MAISON DU H.P. 138, rue Parmentier
Paris NORD RADIO 139, rue Lafayette
Paris RO MJ 19, rue Claude Bernard
Rennes R.E.R. 30, bd de la Liberté
Rennes ROCK HI-FI VIDEO 16, rue des Fossés
Rochefort PROJETS ACOUSTIQUES 20, rue Duvivier
Rodez EDS 30, rue de Breuille
Rouen ETS COURTIN 52, rue de la Vicomé
Saint-Dié KLINGER FAVRE 9, rue de la Croix
Strasbourg ALSAKIT 40, av. Finkwiller
Toulon ETS ARLAND 8, rue de la Fraternité
Toulouse LA MAISON DU H.P. 8, rue Ozanne
Toulouse COMPTOIR DU LANGUEDOC 26, rue du
Languedoc
Toulouse AUDIOTECH 2, rue de Toulon
Tours AMPLITUDE 84, rue du Commerce
Tours RADIO SON 5, place du Marché
Tours BG ELECTRONIQUE 15, place Michelet
Tours RADIOSON 5, place des Halles
Export :
R.F.A. ETM ELECTRONIK Zulpich-Enzen 5352
Belgique WILL AUDIO Sasso 34 - Theux
Hollande BNS De Hoogt 8 5175 AX Loon op Zond
Hollande REMO Kon Julianai 118 Voorburg
Suisse IMAGE & SON Suspont-Fontaines
Grèce MPENAKI Athènes
Australie GALLEON ACOUSTICS Bruwood Victoria
USA VERSATRONICS Amherst Boston N.H.

DAVIS

ACOUSTICS

14, rue Beranger
94100 Saint-Maur-des-Fossés
Tél. 48.83.07.72

LE HAUT-PARLEUR SUR MINITEL : 36 15 code HP

INITIATION ELECTRONIQUE

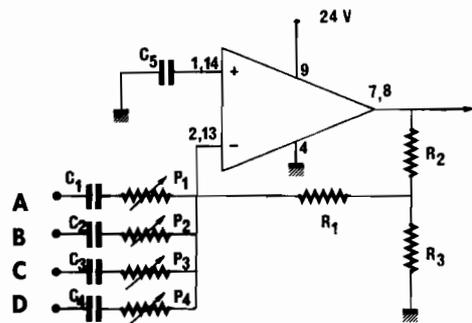


Fig. 11. - Schéma du mélangeur (sommateur).

UN MELANGEUR AUDIO

Un mélangeur, destiné à mixer des signaux en provenance de sources diverses, constitue la base de toute table de mixage, quel que soit son niveau de complexité. Il s'agit d'un sommateur analogique, qu'on peut donc très traditionnellement construire autour d'un amplificateur opérationnel. Par ses performances de faible bruit, le LM 381 se prête particulièrement bien à une telle application.

En figure 11, on trouvera le schéma type d'un tel montage, conçu, à titre d'exemple, pour quatre entrées (sur un seul canal : il faut doubler les circuits en stéréophonie). Naturellement, tout autre nombre d'entrées est possible...

La contribution de chaque signal à la somme dépend du réglage du potentiomètre correspondant, qui détermine le gain : P_1, P_2, P_3, P_4 , en liaison

avec les résistances R_1, R_2 et R_3 . Ainsi, il est facile de calculer que, pour l'entrée A, le gain en tension est :

$$A_{VA} = \frac{R_2 R_1 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3 P_1}$$

Naturellement, on fera précéder chaque entrée d'éventuels circuits de mise en forme de la courbe de réponse : correcteur RIAA, par exemple, pour une platine à tête magnétique.

CONCLUSION

Jointes aux schémas d'amplificateurs de puissance publiés dans notre précédent article - ou d'ailleurs à tout autre amplificateur de puissance -, les préamplificateurs que nous venons de décrire permettent la construction d'une chaîne méritant réellement le qualificatif « HiFi ». Ceux qui tenteront l'expérience découvriront, s'ils en doutaient encore, les possibilités de l'intégration, sous réserve d'un choix judicieux des circuits.

R. RATEAU

**LE HAUT-PARLEUR
SUR MINITEL :
36 15 code HP**