

Filtre électronique 3 voies Kanéda

(Audiophile n°6, septembre 1978)

Filtre électronique trois voies Le filtre Kanéda

Jean Hiraga

A propos d'évaluation subjective des qualités et défauts d'une chaîne de Haute fidélité, de nombreux mots et phrases tentent d'exprimer l'infinité des sensations ressenties à l'écoute.

Bien entendu, pour un technicien qui préfère les chiffres, ce côté subjectif ne l'intéresse que peu, surtout s'il se borne à vouloir dire : comparer, ressentir des différences, c'est bien, mais par rapport à quoi ? Une question pleine de bon sens tout comme de non-sens.

Vu que les sources sonores que nous utilisons, disque, bande, émission de modulation de fréquence sont loin d'être parfaites, il est certain que l'on ne pourrait, à l'aide de ces sources sonores "retrouver" un signal parfaitement fidèle à l'écoute. Ceci est plein de bon sens. Cependant...

En écoutant de la musique, il s'agit cette fois d'une écoute sensible de sons musicaux, une écoute intelligente, qui peut provoquer sur tout être des sensations identiques : grandeur, somptuosité, élégance, harmonie, dissonance. Or un technicien se trompe sans doute lorsqu'il dit que, puisque son appareil a une large bande passante, un bon "slew rate", une faible distorsion, il est fidèle "musicalement parlant" et que tous ceux qui pensent le contraire se trompent puisqu'il se basent sur des choses sans référence absolue.

Cependant lorsque l'on fait la comparaison de dix amplificateurs fabriqués par dix constructeurs sérieux, il est évident que chacun dira que le sien est le meilleur et le plus naturel. Le lecteur sait aussi que, comparés, tous ces amplificateurs produiront à l'écoute des sensations musicales différentes ou même parfois très différentes. L'important est de reconnaître entre ces amplificateurs ou préamplificateurs des différences nettes d'expression sonore, même s'il n'existe pas de référence de base. Ainsi on peut reconnaître des effets de dureté, de voile, de modification de dynamique, de différences de "punch", etc...

Ainsi chaque amplificateur a, comme le sait le lecteur, des qualités subjectives bien précises, ainsi que des défauts – ou manque – de qualités qui le rendra très différent d'un autre.

Pour l'audiophile et le vrai musicien, l'écoute d'un mouvement fortement dissonant de Roméo et Juliette de Prokofieff ou d'un passage mélodieux, timide ou chantant du petit violon de l'histoire du Soldat de Stravinsky, passant à travers un tel maillon, va indubitablement modifier ces nombreuses sensations sonores musicales et rendre le son plus "chaud", plus "dur", moins "élégant", "velouté", coloré ou décoloré... C'est la bête noire des audiophiles.

La troisième génération

En amplificateurs, préamplificateurs et autres maillons, il existait une première génération d'appareils bons à l'écoute mais passables ou même mauvais à la mesure. Dans la seconde génération, encore actuelle pour une bonne partie des produits commercialisés, on trouve cette fois des maillons aux performances techniques bonnes ou même "trop bonnes" pour notre oreille, mais subjectivement inférieurs; parfois bons, parfois même inécoutables, à la grande déception d'audiophiles peu décidés à changer d'appareil tous les ans.

La troisième génération, beaucoup plus actuelle, tient compte de tous les facteurs pouvant jouer sur le technique ou sur le subjectif: performances techniques, effets subjectifs, qualité subjective et technique des composants, "musicalité" d'un appareil ou plus exactement "fidélité de la musicalité" de celui-ci. Ces mots sont bien sûr utilisés comme slogans publicitaires par les constructeurs, qu'ils trompent le client ou qu'ils se trompent eux-mêmes, c'est une autre affaire...

Notre oreille est à la fois un instrument de grande infidélité et un instrument irremplaçable auquel nous devons toujours croire.

A propos de cette troisième génération, les nombreuses expériences, réalisations expérimentales, les nombreux articles de Monsieur Kanéda (Université d'Akita, Japon) ont provoqué un grand remous et un succès unanime auprès de milliers d'audiophiles. Il va être décrit ici, faisant suite au

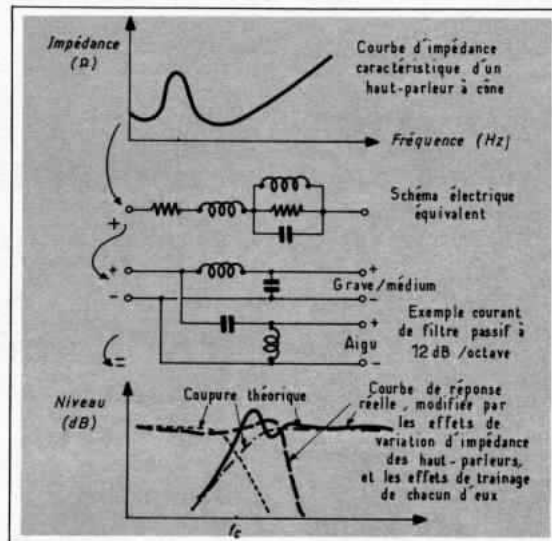


Fig. 1 - Un exemple montrant un des défauts caractéristique du filtre passif; celui-ci peut modifier la fréquence de coupure, la courbe de réponse globale, ou affecter la réponse transitoire. Sur ce point, le filtre actif est avantageux, mais moins pratique.

fameux "Préamplificateur Kanéda", un filtre électronique trois voies de haute qualité, de très faible distorsion et de très grande fidélité musicale.

Pour Monsieur Kanéda, une réduction de la distorsion de 0,1 % à 0,005 %, un élargissement de la bande passante, un condensateur de très haute qualité produisant seulement une différence mesurée de 0,0005 %, (malgré un haut-parleur distordant à 0,5 % ou 1 %), n'a pour lui d'importance que si ces améliorations sont ressenties sur

l'écoute d'un disque courant, pourtant plein de défauts. Pour lui, si tous les amplificateurs faisaient partie d'une troisième génération en Haute Fidélité, tous auraient des performances techniques très proches et donneraient subjectivement les mêmes impressions sonores musicales. L'acheteur n'aurait alors plus à faire un choix très judicieux et pourrait acheter le premier appareil venu...

Pour son filtre électronique trois voies, comme pour son circuit préamplificateur, de nom-

breuses retouches, variantes des circuits, composants, ont été faites et étalées sur les pages de nombreux articles publiés entre 1972 et 1978 dans la revue Radio Experimenter's Magazine, pour ce même souci de purisme sonore.

Filtre électronique

Autrefois réservé à des chaînes Haute Fidélité de haut niveau, le filtre électronique est actuellement devenu courant dans la plupart des pays, les produits commercialisés sont désormais nombreux.

Sa raison d'être est de pouvoir remplacer le filtre passif classique, disposé normalement entre le haut-parleur et l'amplificateur (cf L'Audiophile N° 5 p. 53). Ainsi chaque amplificateur, qui ne recevra qu'une partie de la bande audible, grave, médium ou aigu travaillera sous des meilleures conditions de distorsion par intermodulation, et permettra une liaison directe avec le haut-parleur en question, sans passer par le traditionnel circuit de condensateurs, selfs, résistances. Le haut-parleur, mieux amorti, verra, entre autre, ses caractéristiques de réponse transitoire améliorées.

Cependant la chaîne va se trouver cette fois "allongée" puisqu'un filtre va se trouver inséré entre le préamplificateur et l'amplificateur. Il est donc nécessaire, pour conserver les avantages de la suppression du filtre passif, qu'il soit aussi "transparent" que possible, pour tenter d'atteindre l'idéal que serait "un fil électrique avec du gain". Il doit aussi pouvoir travailler selon des impédances de sortie et d'entrée différentes, ainsi que des niveaux d'entrée sensiblement différents, sans destruction de son rapport signal/bruit, pour être aussi universel que possible.

Ceci contredit cependant les exigences de simplicité du câblage, le minimum de commutateurs

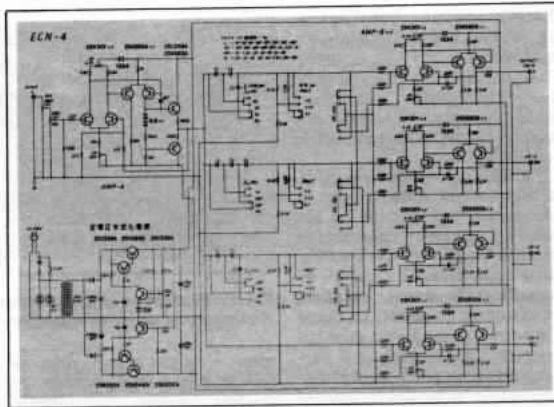


Fig. 2 - Filtre électronique A et E ECN-4, 2 - 3 - 4 - voies commutables, 32 coupures sont possibles.

et d'inverseurs nécessaire pour accéder à un très haut niveau de qualité. Il faudra donc trouver un bon compromis.

Choix de la pente d'atténuation

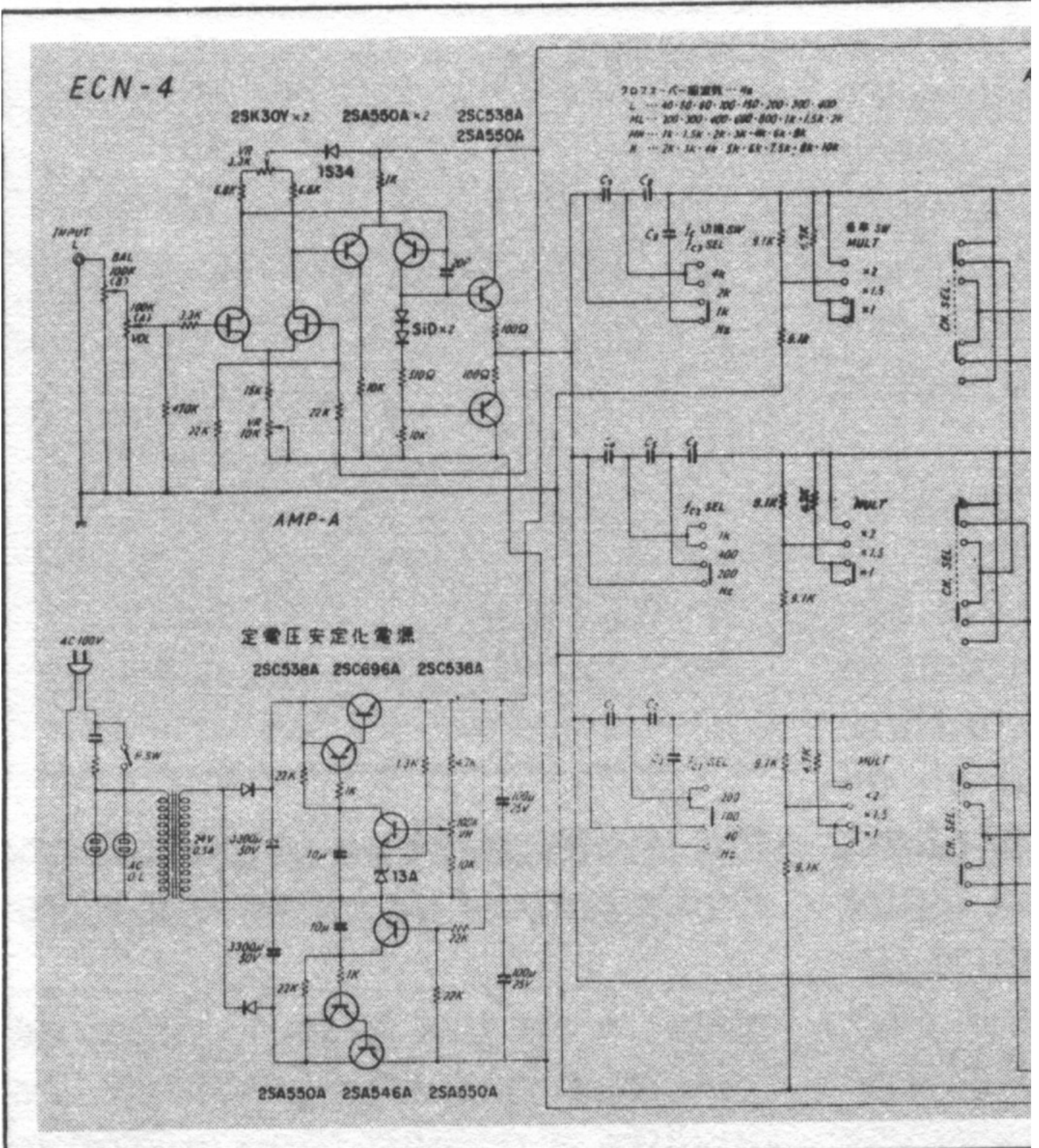
C'est un point délicat à résoudre, si l'on doit considérer les divers problèmes de phase, de recouvrement, de chevauchement des courbes de réponse en amplitude des haut-parleurs.

Pour la jeune firme japonaise A et E, connue par ses amplificateurs et préamplificateurs à couplage direct, la coupure à 6 dB par octave apporterait le meilleur recouvrement en phase et une bonne continuité à l'écoute, en passant d'une voie à l'autre. Le circuit élaboré par A et E, figure 2, est donc simple, constitué de deux circuits amplificateurs à couplage direct, entrée différentielle FET et sortie push-pull, entre lesquels est inséré le filtre passif à 6 dB par octave. Cette solution exige cependant des haut-parleurs de très haute qualité en raison de la faible pente d'atténuation.

Les autres grands constructeurs ont préféré quelque chose de plus universel comme des pentes d'atténuation variables entre 6 et 18 dB et des fréquences d'aiguillage variables. Le circuit Kanéda offre lui une pente d'atténuation fixe de 18 dB par octave.

Mais s'il est exact que seul le filtre à 6 dB par octave donne une courbe de phase bien plate, seul le résultat final compte, c'est-à-dire la somme des mérites et démérites. En comparant ainsi de nombreux haut-parleurs de grave, médium, aigu, reliés par des filtres à 6, 12 et 18 dB, la moyenne donne l'avantage au filtre 18 dB, en particulier au niveau de la transparence. Car si la phase est respectée dans le filtre à 6 dB par octave le haut-parleur de grave donne encore un niveau audible à 10 000 Hz et le tweeter faisant de même à 500 Hz n'arrange pas les choses. Cependant un filtre à 24 dB n'est lui aussi qu'inférieur à celui de 18 dB, car il demande un étage "buffer" supplémentaire, et inutile.

Bien sûr, un filtre idéal devrait être en réalité calculé en fonction du haut-parleur lui-même, qui est toujours loin d'être parfait ; mais



il devient alors un appareil incompatible avec d'autres systèmes de haut-parleurs.

C'est la solution adoptée par le constructeur Français Audiotec, par exemple, pour ses ensembles G 150, dont les qualités sont nombreuses.

La figure 3 montre l'aspect de la réponse en amplitude et en phase d'un filtre à 18 dB par octave. On remarque une rotation de phase de 360° du côté du filtre passe haut. Quant à l'endroit de l'aiguillage, la réponse en phase va se trouver perturbée. La figure 4 montre une fréquence pure superposée à un harmonique 3, successivement en phase et déphasé, ainsi que la forme des enveloppes résultantes. Cependant, en respectant l'amplitude de la fondamentale et de son harmonique 3 il est difficile de dire si l'oreille peut détecter une différence entre ces deux enveloppes. En effet, en tenant compte des nombreuses réflexions de la salle d'écoute la courbe de réponse en phase est elle-même perturbée. De plus un instrument de musique n'émet pas de sons faits de fondamentales et d'harmoniques avec *relations de phase de stabilité absolue*.

Par contre, côté amplificateur, une instabilité en phase ou en niveau pour un harmonique, même de rang élevé, sera lui détecté *plus facilement*.

De plus, la phase mesurée sur signal pur en fréquence glissante, à l'aide d'un microphone dans une salle d'écoute normale se montre déjà très irrégulière. Il faut, en réalité, y ajouter des *distorsions de phase transitoires* dues principalement aux variations dynamiques de la courbe d'impédance et de *phase* du haut-parleur, des instabilités provoquées par le fractionnement non contrôlé des membranes soumises au signal musical qui, cette fois, est fait de la somme de millions de fréquences pures.

Ceci montre que la réponse en

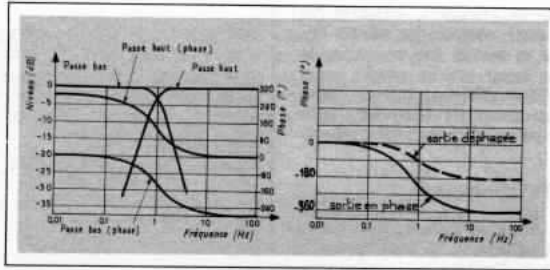


Fig. 3 - Réponse en amplitude et en phase d'un système deux voies. A droite courbe de phase d'un filtre à 18 dB/octave.

phase n'est pas le seul critère de qualité, et que seule la somme des qualités et défauts d'un ensemble permet d'en faire une évaluation générale de qualité.

On dit souvent qu'un filtre à 6 dB par octave se raccorde mieux à l'audition qu'un autre à 18 dB par octave. Ceci est faux. Même s'il est bien équilibré en niveau, on entendra la mauvaise "fusion" entre les voies. Inversement, les critiques faites sur les systèmes à 18 dB par octave proviennent tout d'abord du choix difficile des haut-parleurs pour chaque voie, et aussi du réglage délicat des niveaux de chacune de ces voies. Mais cette solution permet par contre d'accéder à un degré de définition bien supérieur et à une fusion parfaite entre les voies. Telles sont les conclusions de Monsieur Kanéda.

L'étage d'entrée

Ce filtre électronique est de type actif, suivant la théorie Yamané, professeur à l'université de Tokyo, qui publiait le premier circuit de filtre électronique, avec toutes les conditions de phase et de niveau, admirablement bien développées, vers 1953.

Attirons tout de suite l'attention à porter aux étages amplificateurs, qui doivent répondre aux exigences suivantes: gain de 1, impédance d'entrée élevée, impédance de sortie basse, bon rapport signal/bruit, marge de sécurité de surmodulation d'entrée. En s'écartant de l'une ou plusieurs de ces conditions, on tendra donc vers l'échec.

La figure 5 montre l'exemple de deux filtres de type Yamané, filtres dits complémentaires à 18 dB

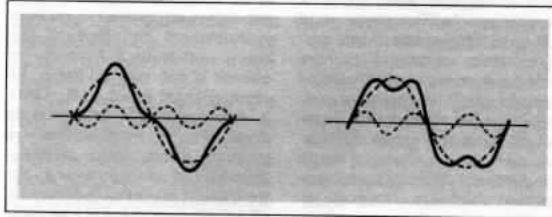


Fig. 4 - Malgré une enveloppe différente, ces deux signaux sont faits d'une fondamentale et d'un harmonique 3 est déphasé de 180° par rapport à la fondamentale, dans le cas II ils sont en phase. Entendons-nous une différence d'écoute ?

par octave. On voit que, chose évidente, les bases et les sorties vont se trouver reliées à des condensateurs, résistances en séries ou parallèles. Ces composants sont nécessaires, mais font facilement augmenter le taux de distorsion de l'étage buffer.

La figure 6 montre trois genres de circuits reliés dans ces conditions et les effets de ces composants passifs sur la distorsion. Par exemple, pour le transistor PNP 2SA 640, bien qu'excellent, son h_{FE} , moins linéaire que pour un transistor NPN, et la présence de R, augmentant l'impédance d'attaque, apportent un supplément d'harmoniques de rang élevé. La capacité parasite d'entrée est d'autre part non négligeable, et produit une distorsion de phase entre le courant base et la tension base. Ceci fait augmenter le taux de distorsion.

Tout cela est valable pour la majorité des circuits de ce genre, dont un des effets les plus gênants est de limiter la tension de sortie, pour rester dans une marge de distorsion maximum acceptable.

Sur la figure 7, sont comparés les taux de distorsion de quatre types de transistors NPN, PNP, FET canal N et FET canal P, pour lesquels le NPN 2SC 1400 est le plus intéressant. Bien que son taux de distorsion soit faible ; 0,2%, sans contre-réaction, il est certain que celui-ci va augmenter lorsque cet étage sera monté avec son filtre actif, ou actif/passif.

Un autre circuit existe cependant, qui n'est pas le SRPP à proprement parler, mais qui travaille de façon identique à ce fameux SRPP et utilise, au lieu de deux transistors à effet de champ, un transistor superposé bipolaire. C'est le circuit Kondo, un ancien ingénieur de la firme SONY, réalisateur du filtre SONY 4300F, qui bien qu'ancien et hors de production, reste encore un appareil exceptionnellement bon, à la mesure comme à l'écoute. Dans L'Audiophile N° 1, Monsieur

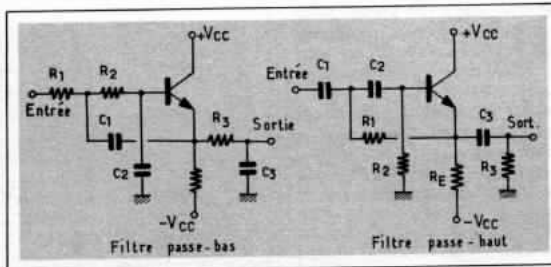


Fig. 5 - Filtres complémentaires passe-bas et passe-haut de type Yamané

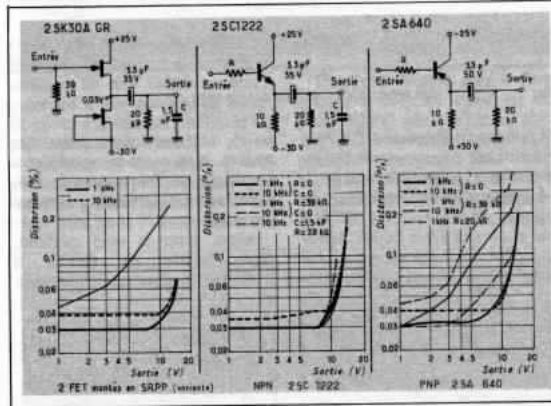


Fig. 6 - Effets des composants passifs du filtre sur l'étage «buffer»

Tanaka, un puriste l'utilise, ainsi que bien d'autres.

La figure 8, montre un montage Kondo SRPP. Toutefois les 2SK 23 et 2SA 611 utilisés dans le filtre Sony, sont ici remplacés par d'autres transistors, et sélectionnés pour obtenir le plus faible taux de distorsion possible. L'étage d'entrée adapté est donc fait d'un circuit SRPP Kondo, avec le transistor 2SA 726G, servant de régulateur de courant, et de deux transistors FET 2SK 30A GR, montés en parallèle. Cet étage d'entrée, qui sera relié aux filtres

bas, doit autant que possible débiter un courant important. Cette solution a été préférée à un autre transistor FET à I_{DSS} plus important. Cette combinaison permet ainsi d'accéder à un taux de distorsion de l'ordre de 0,001%.

L'étage de filtrage

La figure 9 montre que, suivant les filtres passe-haut ou passe-bas, et pour des valeurs inférieures à F_c (fréquence de coupure), l'impédance résultante est fonction des impédances X_1 et X_2 . Pour les

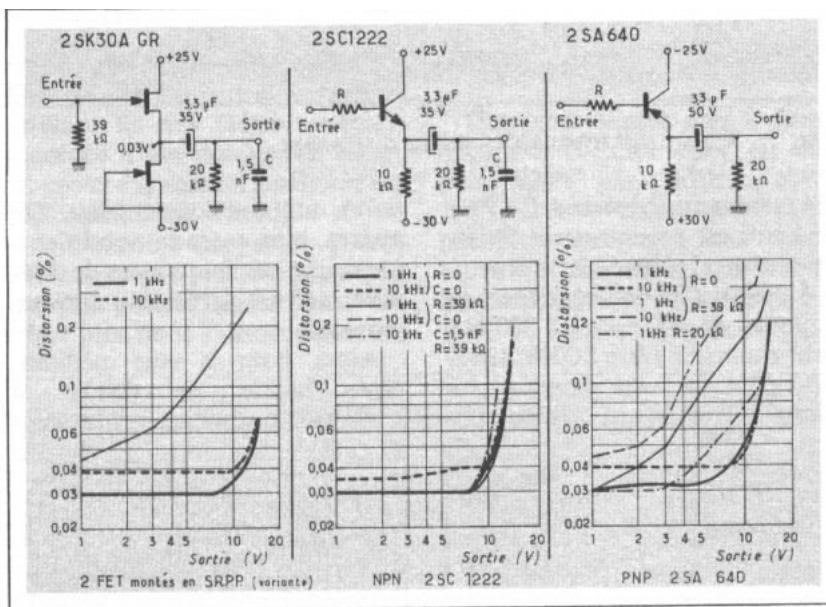


Fig. 6 - Effets des composants passifs du filtre sur l'étage «buffer»

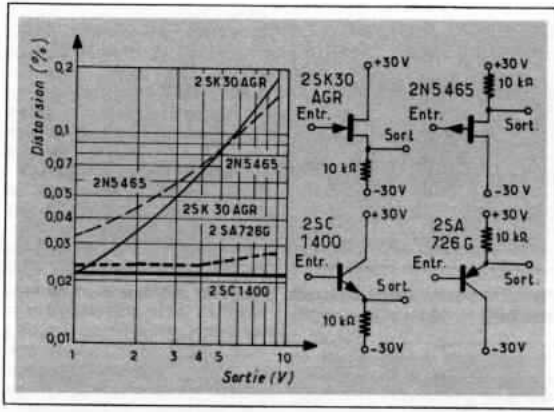


Fig. 7 - Effets des transistors sur la distorsion

fréquences supérieures à F_c , l'impédance est pratiquement résistive et dépend alors de R_1 et R_2 .

Le filtre a ici des fréquences de coupure de 600 Hz et 8 000 Hz, tout comme le filtre SONY 4300F (qui peut en outre passer à plusieurs autres fréquences de cou-

pure), utilisées couramment. On pourra, bien entendu, modifier si nécessaire ces fréquences de coupure, suivant le tableau indiqué plus loin.

Ainsi, pour la voie médium, passe bande, de 600 Hz à 8 000 Hz, la résistance équivalen-

te pour ces fréquences sera de 20 kOhms, alors qu'en-deçà et au-delà elle passera à moins de 5 kOhms.

Ceci explique pourquoi l'étage d'entrée doit être capable de débiter un courant de sortie important. Pour une impédance de 3 kOhms, une tension d'alimentation de 30 Volts, le courant doit passer en crête à 10 mA, pour des fréquences supérieures à 8 kHz. A cet effet, trois genres de circuits ont été essayés, le circuit de la figure 10 pour lequel la combinaison 2N 5465 (FET) / 2SC 1400 a été retenu. Il faut cependant trouver un FET dont le I_{DSS} est égal ou supérieur à 10 mA. En réalité, la plupart d'entre eux, achetés dans le commerce, ne débitent que 5 à 6 mA, ce qui peut exiger une mise en parallèle de deux 2N 5465.

Détermination des valeurs des éléments

- Filtre passe-haut.

$$C_1 = C_2 = C_3 = C \quad (1)$$

$$R_1 = R/2 \quad (2)$$

$$R_2 = 2R \quad (3)$$

$$R_3 = R \quad (4)$$

- Filtre Passe-Bas

$$R_1 = R_2 = R_3 = R \quad (1)$$

$$C_1 = 2C \quad (2)$$

$$C_2 = C/2 \quad (3)$$

et la valeur de F_c après simplification sera donnée par

$$F_c \text{ (Hz)} = \frac{159}{C(\mu F) R \text{ (kOhms)}}$$

ou bien

$$F_c \text{ (kHz)} = \frac{159}{C(pF) R \text{ (MOhms)}}$$

Ainsi, pour le filtre passe-haut, la valeur de R_1 et R_2 et pour le filtre passe-bas, la valeur de C_1 et C_2

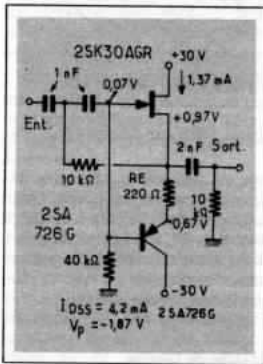


Fig. 8a - Etage SRPP Kondo avec filtre passe-haut de type Yamané

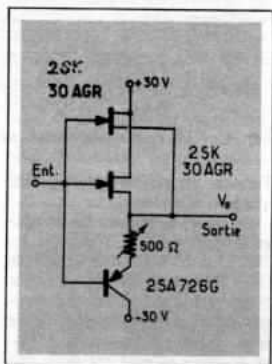


Fig. 8b - Etage d'entrée (premier buffer) de type SRPP Kondo du filtre Kanéda, les FET sont montés en parallèle pour obtention d'un courant plus important. Le taux de distorsion est de l'ordre de 0,001%, sans contre réaction

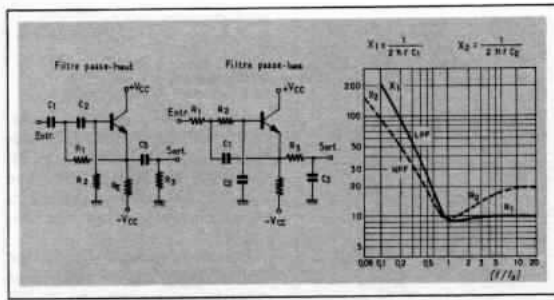


Fig. 9 - Impédance des filtres passe-haut et passe-bas en fonction de R_1, R_2 et C_1, C_2

doivent être respectivement conformes aux formules 2 et 4. Cependant R_1 et C_1 , en dehors de la boucle de contre réaction, sont des valeurs à ne pas changer, même si l'on veut passer à d'autres fréquences de coupure.

Pour le filtre passe-haut, et le filtre passe-bande, des câbles de liaison entre filtre et amplificateur de puissance pourraient éventuellement modifier la valeur de F_c . A cet effet ; la valeur de R_3 a été réduite de moitié et celle de C_3 doublée. Il en est de même pour les valeurs de R et C pour le filtre passe-bas, où R prend une valeur de 20 kOhms.

Pour la voie grave, la paire amplificatrice (2N 3954 ou FD 1684, double FET hybride dans un boîtier unique) de sortie apporte un taux de distorsion très faible, puisque de l'ordre de 0,005% (maximum) en utilisation normale (fig. 10)

Alimentation régulée

C'est le même type d'alimentation ultra-rapide que celle utilisée dans le préamplificateur Kanéda (1^{re} version L'Audiophile N°3). Une petite différence provient de l'utilisation en sortie d'un condensateur de 2,2 μ F à quatre pôles, pour éviter les effets de self série. (fig. 11). On peut, bien en-

tendu, remplacer cette alimentation régulée par une alimentation utilisant de très fortes capacités précédée d'une double self en tête, comme la version améliorée du préamplificateur Kanéda.

A l'écoute, ces deux genres d'alimentation se distinguent par une plus grande finesse dans l'extrême aigu pour l'alimentation ré-

Schéma

Bien plus simple que le Sony 4300F, il consiste donc en une paire SRPP genre Kondo, (buffer). La voie aiguë (passe-haut) possède seulement une paire NPN/FET à faible distorsion. (fig. 13). La voie passe bande est faite de trois étages, nécessaires

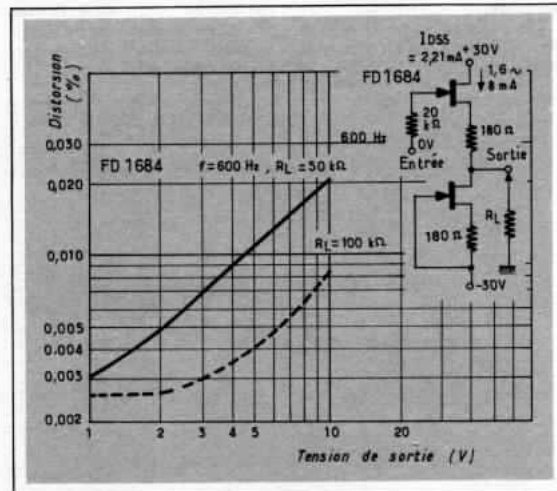


Fig. 10 - Etage de sortie de la voie grave. Le taux de distorsion reste inférieur à 0,005% (sans contre réaction) pour une tension de sortie de 2 volts

gulée, malgré une légère perte de dynamique, alors que l'alimentation non régulée apporte un son beaucoup plus dynamique sur toute la bande audible. Dans l'aigu, le léger manque de finesse peut être rattrapé par la mise en parallèle sur les condensateurs d'autres capacités de haute qualité. A la mesure, les différences sont cependant faibles, puisque l'on ne voit des variations d'impédance qu'au-delà de 1 MHz, où les capacités mises en parallèle réduisent l'effet selfique des électrochimiques à ces fréquences.

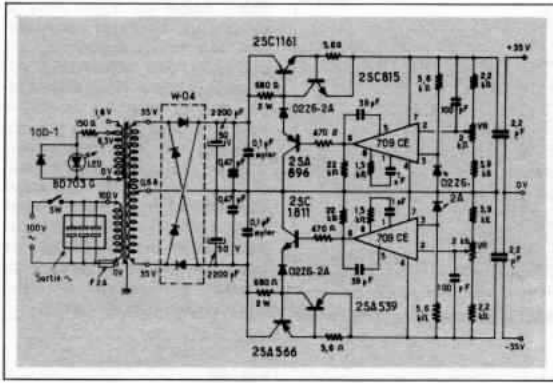


Fig. 11a - Schéma de l'alimentation régulée du filtre Kanéda

pour éviter toute influence extérieure et pour couper à 18 dB aux fréquences de 600 et 8 000 Hz. La voie grave, modifiée de nombreuses fois, possède deux étages entre lesquels se place le filtre passe haut, coupant à 600 Hz, 18 dB par octave.

Les potentiomètres de réglage de niveau pour chaque voie sont placés en sortie. Ils sont de

10 kOhms pour le médium et l'aigu et de 20 kOhms pour le grave.

Circuit imprimé

Un circuit imprimé spécial n'est pas encore conçu et le dernier prototype est réalisé sur un circuit imprimé universel, (figure 13). Malgré cet aspect "amateur", les

performances sont excellentes.

Composants

Les résistances sont pour la plupart des Philips MR 25 (film métallique de haute stabilité), des Riken (film de tantale) ainsi que d'autres au carbone aggloméré, choisies pour leurs qualités subjectives.

Les condensateurs sont de type Polystyrol, ce qui est suffisant et relativement économique, mais il est possible de les remplacer par ceux de marque Soshin, au mica argenté, avec armatures fondues dans du verre, ce qui donne une haute stabilité et des armatures d'une grande stabilité mécanique.

Les câbles de liaison entre potentiomètres, circuit imprimé et prise d'entrée et de sortie, sont de type Mogami 2497, 2510 et aussi Léonische Lily 1 mm².

Ce filtre électronique, un appareil expérimental, comme toutes les autres réalisations Kanéda, n'est pas un appareil commercialisé, même sous licence. Il n'est donc pas disponible pour le mo-

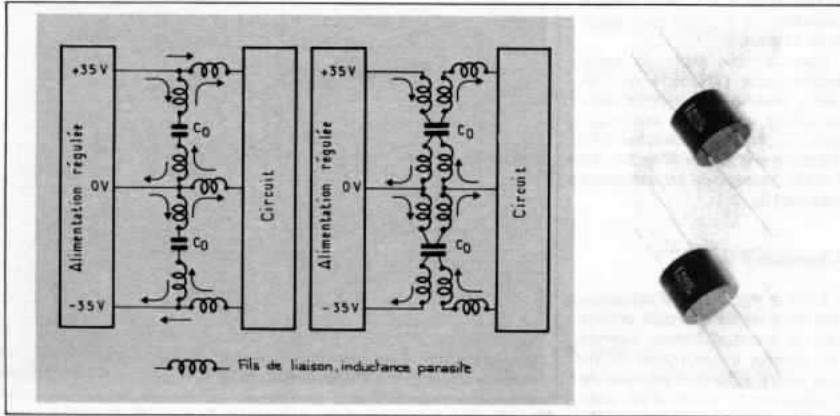


Fig. 11b - Schéma de l'alimentation montrant l'avantage de l'utilisation d'un condensateur à 4 sorties (meilleure réponse transitoire)

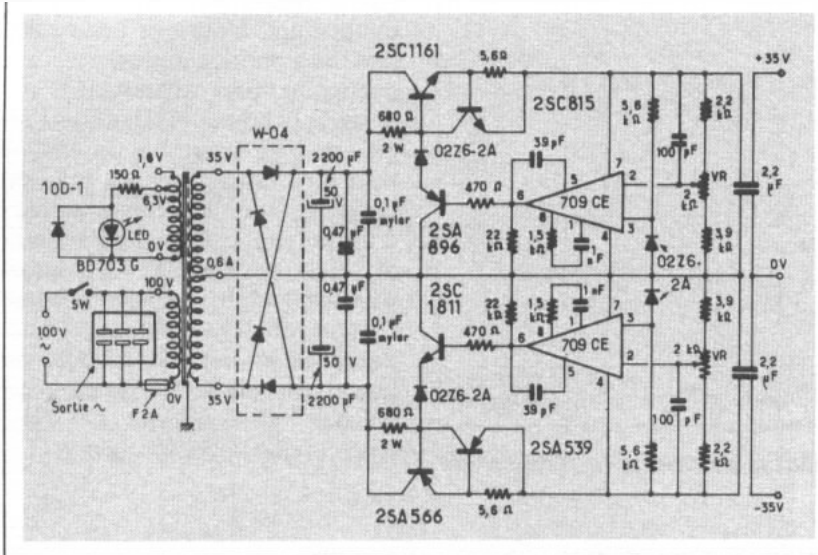


Fig. 11a - Schéma de l'alimentation régulée du filtre Kanéda

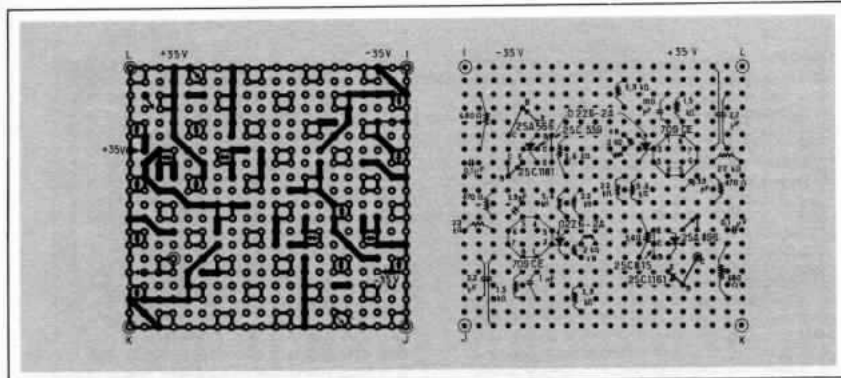


Fig. 11c - Montage de l'alimentation régulée Kanéda sur un circuit pré-imprimé standard

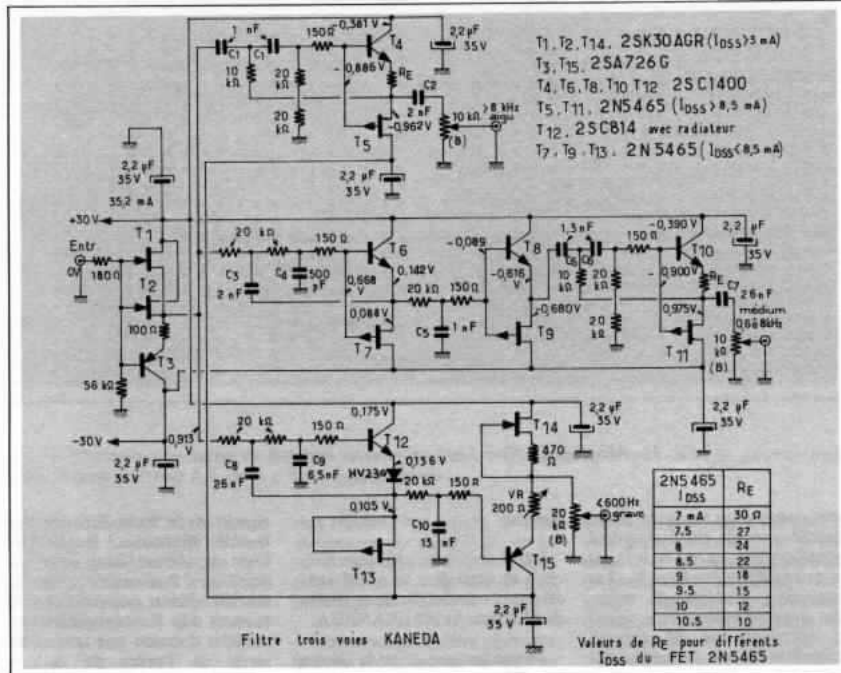


Fig. 12 - Filtre trois voies Kanéda

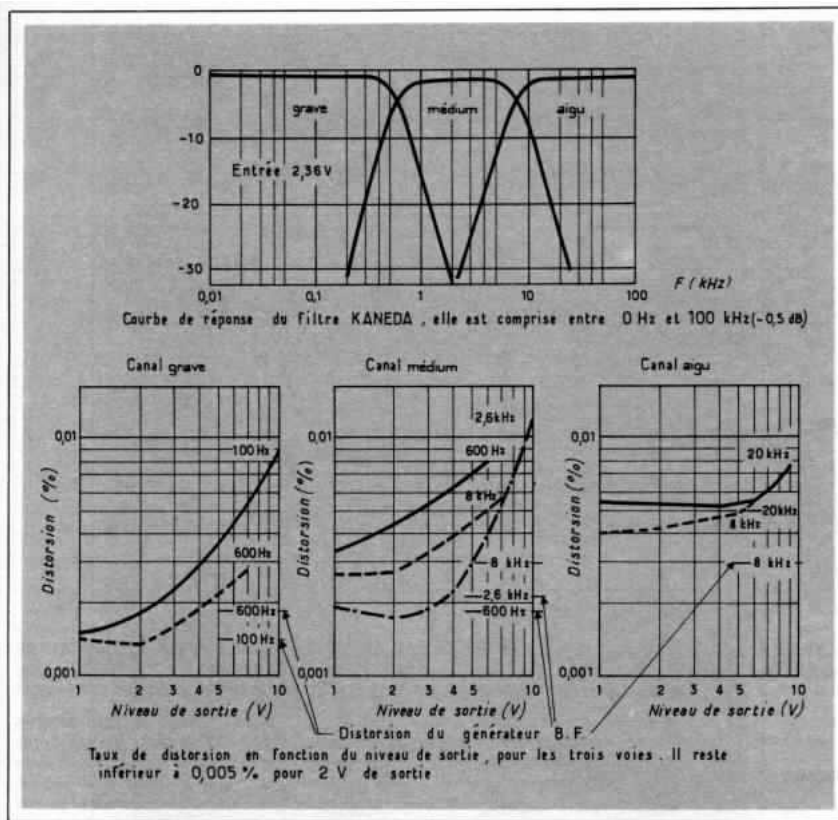


Fig. 14 - Caractéristiques du filtre Kanéda. Taux de distorsion en fonction du niveau de sortie, pour les trois voies. Il reste inférieur à 0,005 % pour 2 volts de sortie

finition, à cause d'un bobinage plus léger. Le transformateur, que M. Kanéda préfère aux pré-amplis, est soit le AU 301 Denon, un vieux modèle périmé mais excellent, ainsi que l'Anzai A-75.

Le préamplificateur est celui que les lecteurs de l'Audiophile connaissent, utilisant l'alimenta-

tion régulée ultra-rapide, les condensateurs au mica S.E. et les condensateurs de liaison (entre étage RIAA et étage linéaire) au mica argenté.

Vient ensuite le filtre électronique 3 voies, coupé à 600 et 8 000 Hz à raison de 18 dB par octave, qui attaque trois amplifi-

deux fois 180 W classe AB pour la voie grave, un autre pour le médium de 50 W classe A (qui a été un grand succès au Japon, et une grande réussite, musicalement parlant), et pour la voie aigu, un amplificateur de classe A de 2x30 Watts.

Quant aux haut-parleurs, ce sont des Onken, utilisés tels quels, sans aucune modification.

