

# L'AUDIOPHILE



N°1

Octobre 1977  
prix 17F

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**



# - Phonolecteurs : entre la mesure et l'écoute

Pierre Gilotiaux

*La difficile corrélation entre les mesures et l'audition des phonolecteurs.*

*Il n'est pas original de dire que le petit monde de la Haute Fidélité est très influencé par la mode. On porte au pinacle tel ou tel appareil à un moment donné en lui attribuant des qualités que l'on ne sait pas décrire autrement qu'avec un vocabulaire imagé qui n'est pas celui de l'acoustique comme « chaud », « gras », « coloré », etc. et qui agace les techniciens car cela ne se reflète pas dans les mesures électriques ou acoustiques. Il est inutile de rappeler que les enceintes tombent aussi dans ce cas mais les phonolecteurs sont également affectés par cette maladie, bien qu'à un degré moindre.*

*Nous avons donc pris deux phonolecteurs jouissant sur le marché d'une excellente réputation. Nous avons effectué les essais classiques : courbe de réponse, aptitude à la lecture (déraillement), forme d'onde (distorsion), auxquels nous avons ajouté deux mesures qui ne sont pratiquement pas utilisées et sur lesquelles nous reviendrons plus loin. Nous avons ensuite procédé à des essais d'audition avec le style analytique du technicien.*

*Pour éviter l'esprit de clocher et les parti-pris inconditionnels, nous appellerons ces phonolecteurs A et B sans donner leur marque. Il suffit de savoir que A est dynamique, B à aimant mobile et que A est vendu nettement plus cher que B car il a un usage professionnel.*

## METHODES DE MESURE

**1 - Courbe de réponse en fréquence :** Il n'y a pas à s'étendre sur cette mesure ultraclassique faite avec un disque de fréquence quelconque du marché. Nous n'avons pas mesuré la différence de niveau entre la voie gauche et la voie droite ni la séparation des

deux voies, ces deux mesures ne prenant de l'importance que dans le cas de phonolecteurs bon marché parmi lesquels on peut rencontrer de mauvaises performances.

Les courbes sont représentées figure 1. On remarque que A a

tendance à accentuer les signaux dont les fréquences sont au-dessus de 14 kHz, d'environ 4 dB. Par contre B a tendance à accentuer les signaux à fréquences très basses, au-dessous de 63 Hz et à réduire le niveau des fréquences élevées. A 20 kHz l'écart est

que possible. Alors que la mesure à 315 Hz de l'aptitude à la lecture du § 2 mesure l'élasticité des parties mobiles, la présente mesure est liée à la masse effective. Cette masse effective peut être calculée si l'on dispose du dossier de dessin du phonolecteur mais elle ne peut pas être mesurée directement d'une manière fiable. Il vaut donc mieux procéder à une mesure indirecte qui, elle, est très fiable.

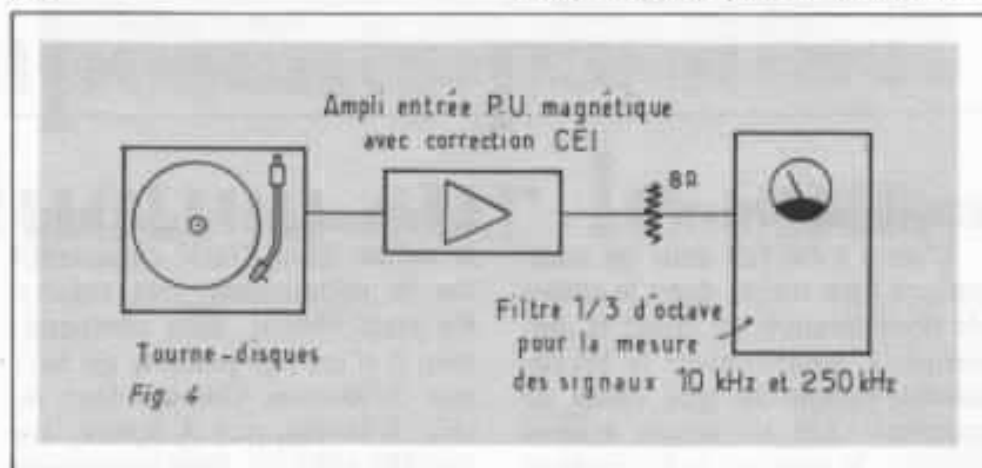
Les résultats sont évidemment fonction de l'utilisation, à la lecture, de la courbe CEI ou non. Il existe en effet un écart de l'ordre de 20 dB sur la courbe de lecture entre les fréquences 250 Hz et 10 kHz. Les taux de distorsion mesurés avec la courbe CEI sont donc environ 10 fois supérieurs à ceux obtenus si l'amplificateur n'a pas de réseau correcteur. Dans notre cas, nous avons utilisé un amplificateur disposant d'une entrée corrigée pour phonolecteur magnétique, le tiers d'octave étant relié en parallèle sur la charge de 8 ohms mise à la place du haut-parleur (figure 4).

mène que l'on observe à la lecture des signaux carrés. Si ceux-ci sont affectés d'oscillations, la fréquence des oscillations est celle de la résonance du phonolecteur.

Autrement dit on ajoute au son reproduit celui de la résonance, mais comme celle-ci est aux environs de 20 kHz, il y a peu de chances qu'on la perçoive ! Par contre la distorsion qui crée un signal à 250 Hz est très perceptible. Il y a là une nuance qu'il faut bien comprendre pour mieux s'expliquer la validité des mesures.

des harmoniques impairs et que le niveau de ceux-ci décroît régulièrement. Le signal carré à 1 kHz lu par le phonolecteur est appliqué à un analyseur ayant une largeur de bande d'environ 300 Hz. On peut même utiliser l'enregistreur ayant servi au relevé de la courbe de réponse et explorer automatiquement le spectre si l'analyseur est prévu à cet effet. Il faut au préalable savoir comment la gravure du signal carré a été faite.

Avec ou sans la correction CEI ? La lecture devra être effectuée en conséquence sinon les ré-



Les résultats ont été les suivants :

Vélocité cm/s eff	A	B
	Distorsion %	Distorsion %
5,6	2,25	2,55
7	2,7	3,45
8,8	3,23	4,07
11,3	3,88	4,82
14	5,5	7

Sur un autre phonolecteur meilleur marché de la marque B nous avons trouvé pour 14 cm/s eff. un taux de 10 %.

On notera que le phonolecteur A dont la forme d'onde (§ 3) à 10 kHz n'était pas bonne, est meilleure que B dont la forme d'onde était bonne. Ceci vient donc à l'appui de ce que nous avons dit, à savoir que cette mauvaise forme d'onde n'est pas liée au niveau de gravure mais à l'existence d'une résonance à fréquence élevée. C'est le même phéno-

**5 - Analyse spectrale en signaux carrés.** Cette méthode, peut-être encore moins courante que la précédente, a été décrite dans le N° 3 de la Nouvelle Revue du Son page 197.

Rappelons-en rapidement la procédure qui est basée sur le fait qu'un signal carré a pour équation :

$$x = \frac{4}{\pi} E (\cos x - \frac{1}{3} \cos 3x + \frac{1}{5} \cos 5x - \frac{1}{7} \cos 7x + \dots)$$

E étant la 1/2 hauteur du carré.

Il en résulte que la décomposition spectrale ne comprend que

sultats seraient aberrants.

Un bon moyen consiste à contrôler avec un oscilloscope la forme du signal carré à l'entrée de l'analyseur. Nous avons, pour notre part, utilisé les deux types de gravure mais notre préférence va à la gravure CEI car, en raison de l'accentuation des aigus à la gravure, on diminue le bruit de fond qui, sans accentuation, submerge les harmoniques 7, 9 dont les niveaux sont très faibles.

On peut trouver quelques traces d'harmonique 2 mais elles sont à moins 30 dB au-dessous des impairs et sont dues soit à des défauts de gravure soit à des défauts de lecture.

Nous devons dire que, pour les phonolecteurs A et B, nous avons trouvé une décroissance très régulière des niveaux des harmoniques, nous n'avons pas rencontré les irrégularités signalées dans l'article précité et affectant certains phonolecteurs. Selon les conclusions de cet article A et B

sont donc très corrects et même très bons à cet égard. Fig. 5.

ponse, la reconnaissance des deux phonoclecteurs, au point de vue de

moins d'accidents majeurs ou d'allure anormale n'ont pas une importance considérable.

- L'aptitude à la lecture atteignant  $100 \mu\text{m}$  à 315 Hz est très suffisante, on peut même dire très bonne.

- La distorsion de la forme d'onde entre 6 et 10 kHz est intéressante à connaître mais non déterminante. (De nombreuses auditions d'autres phonoclecteurs nous avaient déjà donné cette impression),

- L'aptitude à la lecture des fréquences élevées semble avoir un rapport avec la transparence.

- L'analyse des signaux carrés est la confirmation d'une certaine régularité dans la réponse.

- Enfin, à performances comparables, le choix d'un phonoclecteur est une affaire de goût, aucune des caractéristiques précédentes ne pouvant se substituer à l'auditeur.

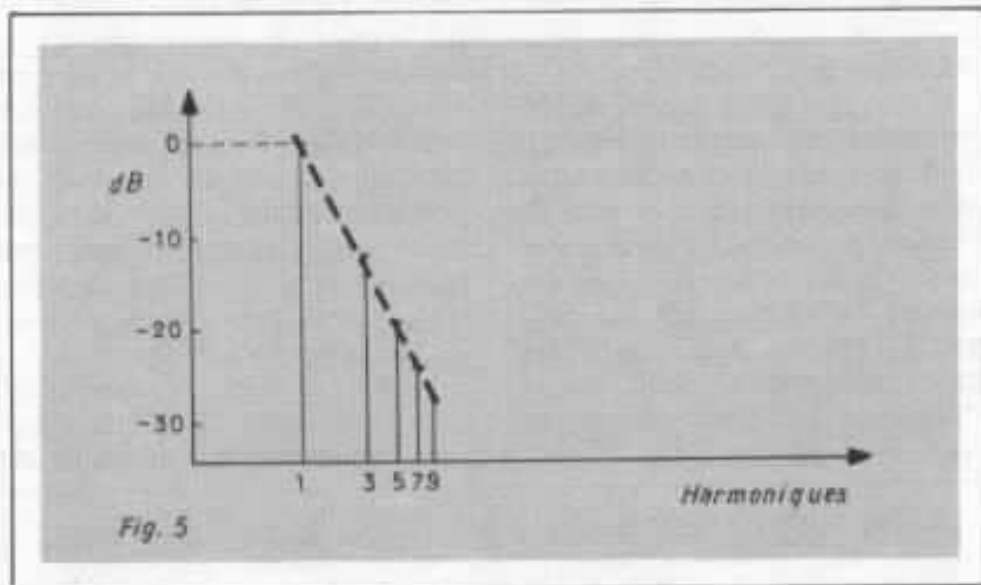


Fig. 5

## ESSAIS AUDITIFS

L'essai a été fait dans un auditorium bien traité, dont le temps de réverbération est court et uniforme. L'amplificateur et les enceintes étaient du type «haut de gamme». Les séquences étaient courtes, le passage A-B rapide et les niveaux égaux. Deux auditeurs avertis comparaient leurs impressions.

S'agissant de très bons phonoclecteurs, la recherche des différences a été axée sur la netteté de la reproduction de sons très complexes, en faisant abstraction d'autres caractéristiques, notamment de la différence des tonalités due aux courbes de réponse différentes. C'est toujours lorsque l'on a enregistré un orchestre complet avec de nombreux violons, des solistes de chant et des chœurs que l'on a dans les forte, cette impression de voile, de non transparence. Nous avons donc pris le Requiem en Ré de Mozart, le Missa Gloria de Puccini en nous cantonnant dans les passages tutti. Pour mémoire nous avons aussi écouté du piano solo et des variétés enregistrées directement.

Disons tout de suite que, mis à part les tonalités différentes dues aux écarts entre les courbes de ré-

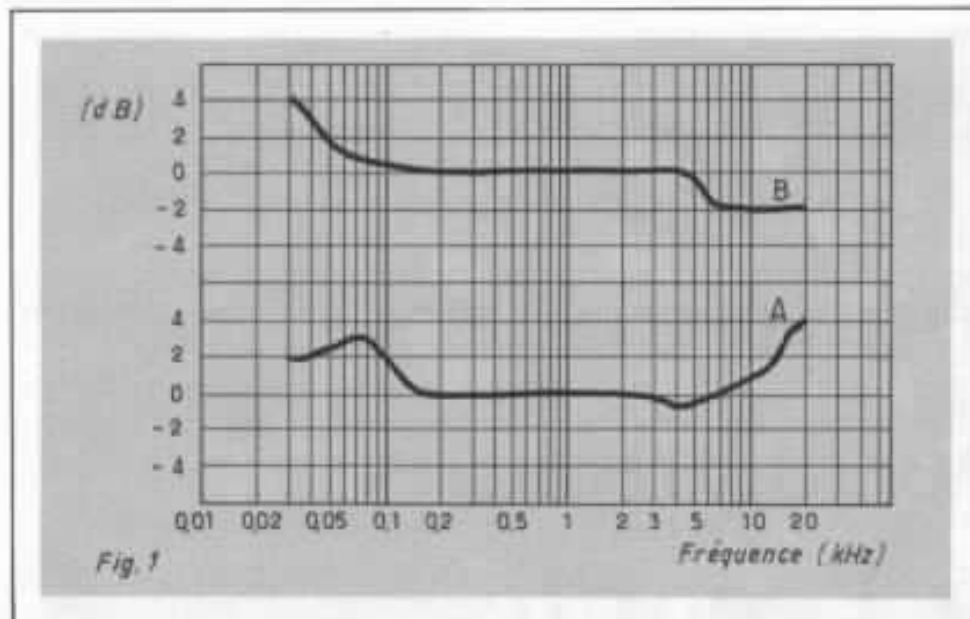
ponse, la reconnaissance des deux phonoclecteurs, au point de vue de la transparence du son, est difficile même dans l'essai comparatif car ils apparaissent très voisins. En essai absolu, sans comparaison, il n'est pas possible de faire une différence. Compte tenu de cela, il semble que A donne, sur certains passages, une impression de transparence légèrement meilleure que B.

Sur le piano solo et les variétés, il n'est pas possible de détecter de différence, toujours au point de vue de la transparence.

En dehors de cela, il est facile de différencier les phonoclecteurs même après avoir fait des corrections dans les graves et les aigus pour rapprocher les courbes de réponse. Cela signifie-t-il que la «couleur» (voir l'avant-propos !) est quelque chose qui échappe à nos mesures - même les plus inhabituelles ? Ceci nous rappelle que des enceintes ou des microphones dont les courbes de réponse sont vraiment plates ne donnent pas le même résultat sonore et que les préférences des utilisateurs vont aux uns ou aux autres selon les mystères du goût personnel que l'on n'est sans doute pas près de chiffrer en dB !

- Les conclusions (provisaires) de tout cela seraient que :

- Les courbes de réponse - à



d'environ 6 dB entre A et B.

**2 - Aptitude à la lecture.** Cette mesure, également classique, est faite à partir d'une gravure latérale à 315 Hz puis d'une gravure verticale également à 315 Hz à amplitudes croissantes. Le phonolecteur et le bras sont réglés pour la force d'application verticale recommandée par le constructeur, ainsi que pour la correction de force centripète (antiskating).

Pour A la force d'application est de 2,5 gf, pour B elle est de 1,5 gf. On observe la forme d'onde à l'oscilloscope.

Pour A on lit latéralement jusqu'à la plage de 100  $\mu\text{m}$  d'amplitude.

Pour B on lit latéralement jusqu'à la plage de 120  $\mu\text{m}$  d'amplitude.

Il n'a pas été jugé utile de faire les mesures pour la modulation verticale.

**3 - Forme d'onde.** Nous rappelons une fois de plus, mais on ne le dira jamais trop, que les phonolecteurs, à condition de rester au dessous des niveaux mesurés en 2 ci-dessus, ont une distorsion de leur forme d'onde qui est dépendante de la fréquence et non pas du niveau. Ceci est dû à des résonances mécaniques qui sont excitées par des signaux ayant des

fréquences sans harmoniques de ces résonances. Généralement c'est la région de 6 à 10 kHz qui présente des formes d'ondes distordues par la présence d'une résonance entre 15 et 20 kHz.

Les phonolecteurs dont la réponse chute trop rapidement au-dessus de 20 kHz produisent des signaux dont la forme d'onde est pure au-dessus de 10 kHz. Ceux qui s'étendent très loin sont défavorisés à cet égard. Par exemple, un phonolecteur prévu pour la gravure CD 4 et atteignant 40 kHz peut délivrer une forme d'onde mauvaise jusqu'à 20 kHz.

Dans notre cas, en utilisant le disque de fréquence de la courbe de réponse, nous avons trouvé :

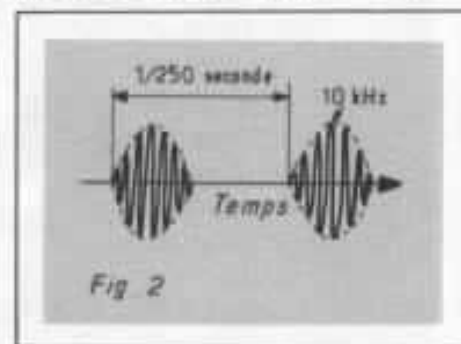
Pour A : forme d'onde assez mauvaise, sans excès, entre 6 et 10 kHz.

Pour B : forme d'onde bonne dans tout le spectre.

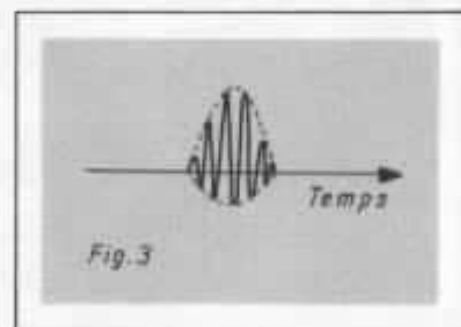
On constate que A a tendance à résonner vers 20 kHz alors que B ne présente pas cette caractéristique.

**4 - Aptitude à la lecture des fréquences élevées.** Cette méthode proposée par Shure est peu connue bien que nous l'ayons déjà mentionnée dans divers articles. Elle consiste à graver un disque avec des trains d'ondes à 10 kHz à une fréquence de répéti-

tion de 250 Hz. Les trains d'ondes sont mis en forme en passant dans un filtre tiers d'octave à 10 kHz. Le résultat est représenté figure 2. S'il n'y a pas de distor-



sion l'analyse en tiers d'octave du signal délivré par le phonolecteur ne comporte que du 10 kHz. S'il y a distorsion on va trouver un signal à 250 Hz car la salve n'est plus symétrique (fig. 3). Le rap-



port des signaux à 250 Hz et à 10 kHz à la sortie du filtre tiers d'octave est le taux de distorsion apporté par la lecture. La gravure est faite pour des niveaux croissants et l'on peut ainsi tracer une courbe de la distorsion en fonction du niveau de gravure.

Nous disposons pour cette mesure d'un disque expérimental (hors commerce) DIN 45549. Il existe également un disque Shure. L'intérêt de cette mesure est d'évaluer indirectement l'impédance mécanique du phonolecteur dans les fréquences élevées, c'est-à-dire la masse effective rapportée à l'extrémité de la pointe de lecture. On sait que cette masse, qui figure quelquefois dans les catalogues, doit être aussi réduite

# Les composants passifs : leur influence sur le son.

Jean Hiraga

*En Décembre 1975, La Revue du Son publiait un article, intitulé «Amplificateurs, analyse spectrale de la distorsion par harmoniques», qui a semblé intéresser de nombreux lecteurs.*

*Certes, malgré son intérêt par rapport aux mesures conventionnelles il est nécessaire d'ajouter qu'il s'agissait encore de quelque chose de nouveau mais de bien incomplet.*

*Nous aurions pu, par exemple, faire ces mêmes mesures sous des puissances différentes ce qui aurait multiplié la diversité des résultats. Nous aurions pu aussi, au lieu d'utiliser une fondamentale de 200 Hz, utiliser deux ou plusieurs fondamentales pour prouver leurs effets secondaires d'intermodulation. Ou encore, remplacer ces fondamentales par des impulsions de même fréquence, mais uniques, pour constater si la forme spectrale de cette distorsion par harmoniques, est la même statiquement et transitoirement, ce qui n'est certainement pas le cas de 99% des meilleurs amplificateurs. Ceci pour prouver que de vouloir jouer avec les mesures est bien dangereux et combien un orchestre s'entête à ne pas vouloir passer correctement à travers un «fil électrique».*

*Souvent, les résultats subjectifs vont à l'encontre des performances mesurées. Cette contradiction montre qu'une anti-théorie doit forcément exister et dont les atouts devraient renverser ou modifier la première théorie. Nos oreilles sont des instruments à la fois très précis et très imprécis. Apprendre à nous en servir, tout en connaissant ses qualités et défauts devrait nous guider vers une nouvelle ère de mesures qui ne ferait plus qu'un seul monde parfaitement homogène, où l'objectif et le subjectif seraient dans une même assiette.*

*Ici les mesures vont s'étendre sur un terrain encore vierge et où la plus grande partie du «mystère» semble élucidé. Certes il reste encore quelques odeurs de mystère dues peut-être à un manque de temps pour la recherche, ou d'instruments de mesures suffisamment précis pour le but recherché.*

*Quoi qu'il en soit, que ce soit pour les câbles de liaison (voir article (NRDS n° 2), les phonolecteurs, il fallait, pour connaître toute la vérité sur les composants passifs, attendre la parution d'appareils de mesures ultra-précis tels que les «FFT» (Fast Fourier Transform) analyseurs de séries de Fourier ultra rapides. C'est chose faite. Bien que ces appareils soient encore très rares (la plupart non commercialisés) ils ont permis d'effectuer les mesures qui suivent.*

## COMPOSANTS PASSIFS :

**Un monde d'effets subjectifs les plus variés.** Jusqu'ici on jugeait les composants passifs d'après des données très «naturelles» telles que :

**Résistances :** niveau de bruit, stabilité de ce bruit, spectre de ce bruit, tolérance, tolérance en fonction des variations de température, des variations de l'humidité ambiante, capacité résiduelle, inductance résiduelle etc...

**Condensateurs :** fuites diélectriques, caractéristiques de l'impédance en fonction de la fréquence, stabilité de la valeur en fonction de variations de température, humidité en fonction du vieillissement du facteur de dissipation (Tangente delta), variations du courant de décharge en fonction de la fréquence etc...

**Câbles :** résistance en continu, isolement, capacité (câble blindés), impédance etc...

**Potentiomètres :** comme résistances, en y ajoutant les propriétés mécaniques.

**Inductances :** résistance résiduelle, capacité parasite, stabilité thermique etc...

Comme on le voit, les caractéristiques énoncées ci-dessus, pour lesquelles les diverses mesures demandent déjà des appareils élaborés et nombreux, semblent être tout ce que l'on peut tirer du «nez» de ces composants. Fort heureusement, les audiophiles aux «oreilles d'or» étaient là pour prouver facilement que deux composants d'origine différente, mais donnant aux mesures un même résultat pouvaient donner des résultats subjectifs différents.

Prenons le cas de quelques imitations de préamplificateurs à tubes connus, réalisés par des amateurs. Certaines, très sérieuses et identiques en tous points : présentation, câblage, mesures donnaient des résultats subjectifs très variés, bien qu'impalpables par les mesures classiques. Ces différences restaient les mêmes, même

si l'on remplaçait sur l'imitation les tubes par ceux de l'appareil original. De quoi devenir fou. Mais en réfléchissant bien il y avait tout de même quelque chose de différent : les *composants passifs*. Ceux-ci entendent même des choses comme la soudure utilisée, la façon dont sont reliés les divers composants *avant* soudure, des choses comme le type de fusible utilisé, de câble utilisé, de potentiomètre utilisé, de résistance, de condensateur, de châssis, de supports de tubes et de prises d'entrées et de sorties.

Comme par l'effet d'un malheureux hasard c'était parfois un échec : des résistances, des condensateurs, de qualité dite «supérieure» par rapport à l'appareil original (remplacement de résistances au carbone aggloméré par des résistances sur verre ou à film métallique, de potentiomètres conventionnels par des potentiomètres de haute qualité à plot et couche d'oxyde métallique). Les quelques réussites étaient surtout dues au pur hasard. Sur mesures c'était souvent supérieur, mais pas toujours subjectivement parlant. Les quelques composants passifs soigneusement tamisés par les mesures et les oreilles difficiles commençaient à faire rumeur ces dernières années. Cela a commencé par les câbles de liaison, puis par les condensateurs. Pour ces derniers les différences audibles sont énormes. Et ce n'est pas un mot exagéré; prenons pour exemple dix préamplificateurs et comparons-les à la sortie enregistré pour limiter les différences subjectives à l'étage correcteur RIAA. Choisissons des préamplificateurs ayant un gain proche et une courbe RIAA égalisée à 0,5 dB près. Les différences ressenties touchent, bien sûr, de nombreux domaines : dynamique, niveau de bruit résiduel, distorsion, composé de la distorsion etc. Mais écoutons plutôt *l'équilibre tonal*.

Malgré une égalisation à plus ou moins 0,5 dB les différences

atteignent *subjectivement* plus de 8 dB, depuis l'extrême grave jusqu'à l'extrême aigu. Si le circuit utilisé et ses composants actifs jouent sur 60% du résultat, il faudra désormais attribuer les 40% restants aux composants passifs tels que les résistances et les condensateurs, tant leur influence est grande. Sans avoir à passer par les mesures très poussées qui vont être décrites ci-après, il est facile de vérifier leurs effets subjectifs prononcés : il suffit pour cela de retirer ces composants, de les mesurer au pont de mesure, d'en choisir d'autres de type différent mais de même valeur et de les remplacer. Les différences et leurs effets subjectifs tels que équilibre spectral, distorsion dans le secteur médium aigu, sont étonnantes. Bien que les différences soient moins prononcées, il en est de même pour les résistances, pour les potentiomètres, pour les fils de câblage, pour les contacteurs, les supports de prises entrée/sortie. Ainsi chaque appareil, de provenance différente, de circuit différent, utilisant des composants actifs de provenance différente et des composants passifs très différents, aura toutes les chances de n'être en aucun point semblable à un confrère, tout en jouant le même rôle. Pour confirmer cette loi de la nature, pourrions-nous trouver en ce monde deux choses vraiment identiques ?

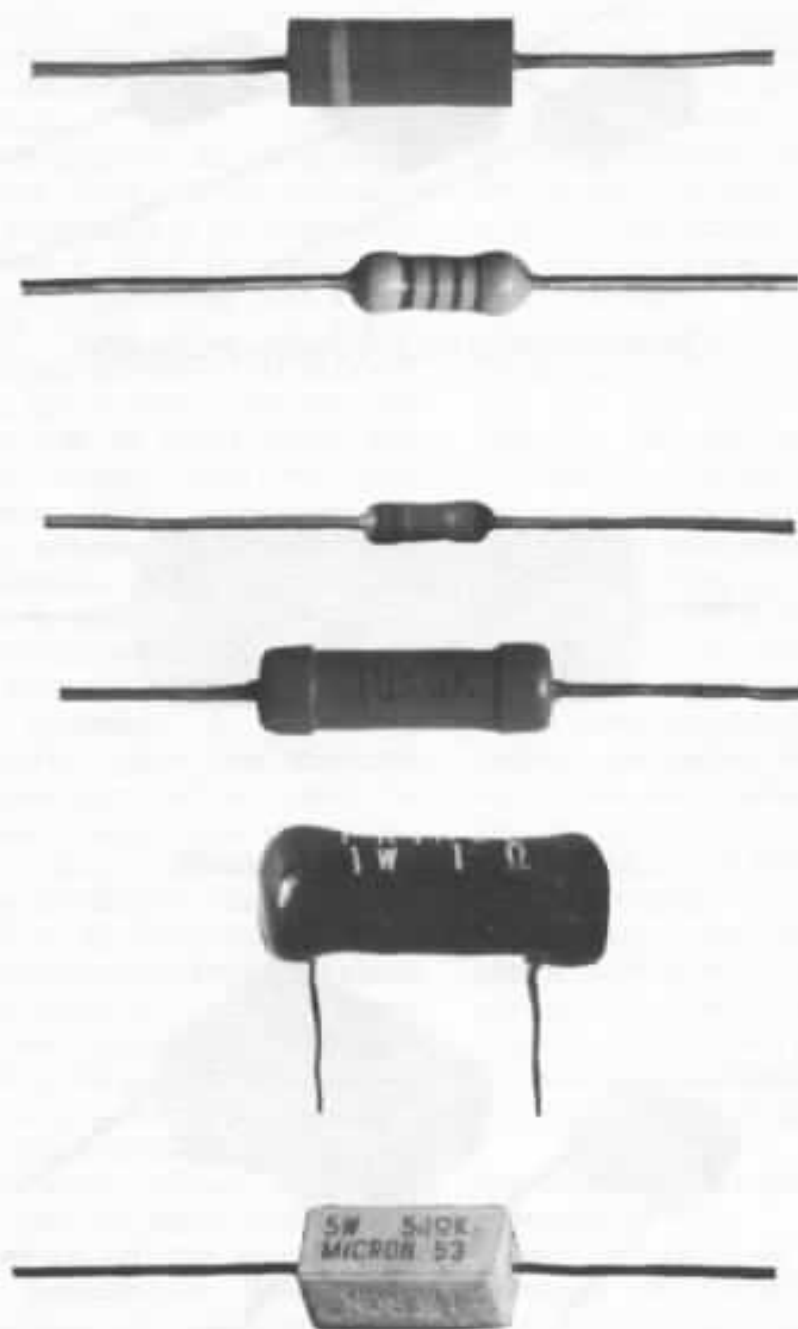
Mais pour revenir à ces différences, si évidentes qu'elles soient, elles devraient permettre de repérer finalement les bons composants actifs ou passifs, et les bons circuits des mauvais circuits. C'est peut-être pour cette raison que l'auteur de cet article n'a pas voulu, jusqu'ici, présenter de circuit de préamplificateur ou d'amplificateur. A la satisfaction du lecteur, c'est ce qui sera fait dans un article à paraître.

Pour passer aux résistances et aux potentiomètres, les plus récents appareils utilisent des composants de très haute qualité com-

me par exemple les résistances à film métallique, à vaporisation sous vide de métal sur substrat de verre ou de céramique haute fréquence ou à oxyde métallique. Leur stabilité thermique excellente, exigée par les circuits tels que les amplificateurs différentiels à grand gain était une bonne raison pour les coter de «Ce sont les meilleures». Oui, mais à quel point de vue ? C'est l'apparition sur le marché japonais de potentiomètres dits «à plots», de 20 à 50 plots, doubles et soigneusement appairés qui a soulevé une polémique parmi les audiophiles : c'était parfaitement appairé, le bruit thermique était très faible, la fiabilité supérieure. Malheureusement certains types de ces potentiomètres étaient subjectivement de qualité passable, voire mauvaise. Les fabricants étaient indifférents à ces propos brumeux... au début. Accepter ces défauts était le seul moyen de sauver la face : ces fabricants promettent de nouveaux modèles pour ces audiophiles. Un grand défaut, (qu'ils connaissent peut-être depuis l'origine) : le prix de revient.

#### Un condensateur qui parle

C'est une expérience fascinante, faite en Octobre dernier, au salon des composants électroniques de Tokyo, par un fabricant renommé de condensateurs. Ce fabricant avait réussi à prouver qu'aucun condensateur n'était vraiment «muet» mais que tous «parlaient». Pour cette expérience un capteur de vibrations très sensible était appliqué sur une des armatures d'un condensateur dans lequel était envoyé un signal audio. La vibration amplifiée mettait en évidence que sur phénomènes électriques transitoires, les armatures des condensateurs n'étaient pas totalement fixes et qu'elles vibraient à la façon de très mauvais haut-parleurs électrostatiques : son caverneux et sourd pour les condensateurs à huile, son cristallin pour les con-



*Résistance au carbone aggloméré*

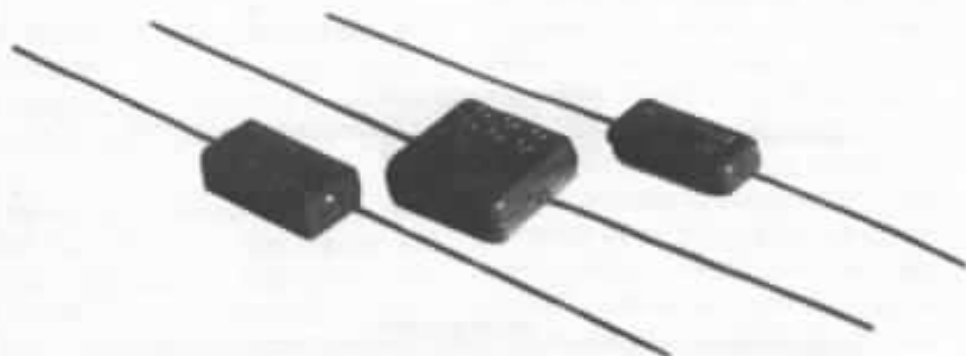
*Résistance à film métallique*

*Résistance à oxyde métallique*

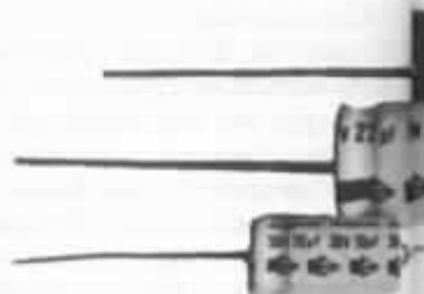
*Résistance à film de carbone*

*Résistance bobinée et vitrifiée*

*Résistance bobinée et imprégnée dans de la porcelaine*



*Condensateurs au mica et armatures argentées*



*Condensateurs*



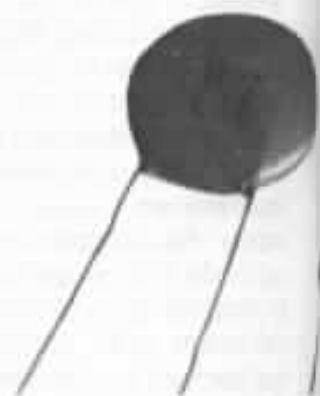
*Condensateur au papier métallisé*



*Condensateurs*



*Condensateurs au mylar métallisé*



*Condensateurs*

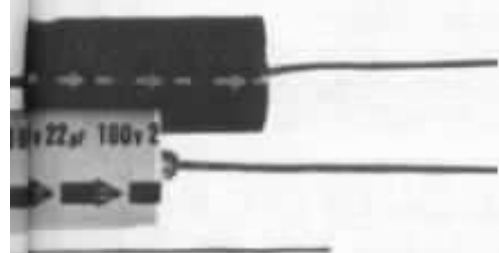


*Condensateurs au papier, imprégnés dans de l'huile végétale, dans un boîtier hermétique*

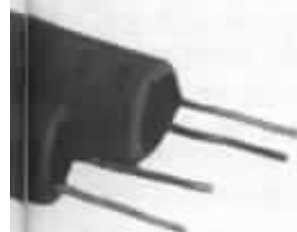


*Condensateurs*





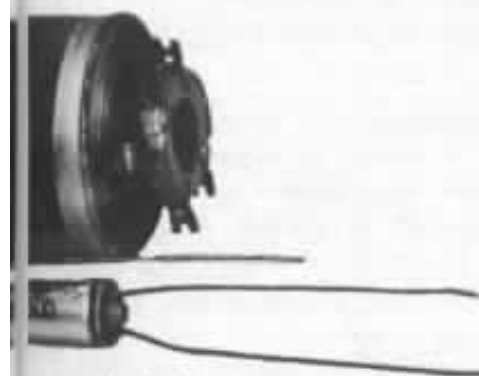
Condensateurs électrochimiques



Condensateurs au tantale solide



Condensateurs dits céramiques



Condensateurs au polystyrène

densateurs au mica, son distordu pour les condensateurs électrochimiques. Ceux donnant, sans l'aide de la mesure, les meilleurs résultats subjectifs procuraient une vibration très claire et un son peu distordu sur une large bande passante.

Quelques-uns de ces mystères étaient révélés. Pour compléter ces expériences et les rendre «croyables» il fallait des résultats de mesures concordant avec le subjectif. C'est grâce au F.F.T. analyseur ultra rapide et ultra sensible que la firme Sony put constater que les filtres passifs spéciaux conçus pour les haut-parleurs Onken (réalisation Onken) utilisaient des composants, résistances, selfs, condensateurs dont le spectre de distorsion était particulièrement bon. Mais il fallait pour cela descendre en niveau de distorsion à moins de 0,0001%, valeur non mesurable normalement, sauf à l'oreille. Cela doit choquer tout technicien : ces valeurs, infiniment faibles, bien au-dessous du niveau de bruit et de distorsion des haut-parleurs, ne devraient avoir aucun effet subjectif. Ce raisonnement est tout naturel. La vérité sur ce sujet est de penser que si ce genre de mesure, très sensible, se fait sur signal *statique*, ces valeurs de distorsions, infimes, doivent se décupler sur signal *transitoire*, à un niveau suffisant pour modifier les harmoniques d'un signal complexe, en conséquence son enveloppe, d'où différence audible perçue. Il doit sans doute en être de même pour les amplificateurs et leur analyse de distorsion spectrale.

C'est un phénomène facile à prouver, car dix amplificateurs différents donnent sur *signal pur* des différences audibles nulles, ce qui prouve que dans ce cas, même si ces amplificateurs ont un spectre de distorsion *différent*, celui-ci est sans effet subjectif. Le fait que ces différences ne deviennent sensibles à l'oreille que sur signal

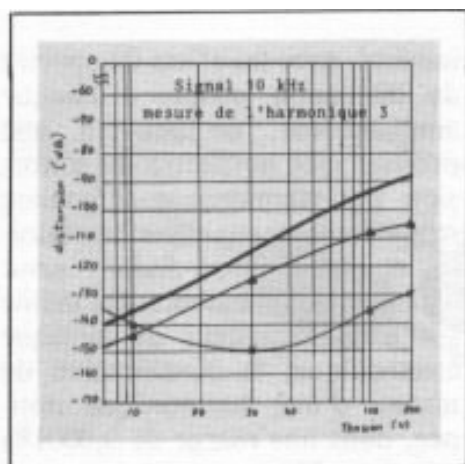
musical, avec les effets du spectre de distorsion propre à chaque amplificateur, ne peuvent que prouver que le spectre de distorsion par harmonique augmente *très fortement* sur signal transitoire, et d'une façon *linéaire* pour les bons amplificateurs. De même sur un synthétiseur de musique électronique, la modification de niveau d'une harmonique donnée, dans une marge de 0,0001% reste inaudible.

Du point de vue technologie des armatures des condensateurs, quel que soit le type, on doit constater, soit des contacts très rudimentaires (cas de la majorité des condensateurs au mica du marché), soit des armatures mécaniquement faibles, parfois suffisantes pour qu'une pression des doigts apporte une variation de la capacité lue au pont de mesures.

Les bons condensateurs ont toujours des pertes diélectriques très faibles, une résistance de surface des armatures très faible (elle peut dépasser 100 Ohm/cm sur les condensateurs classiques) et des contacts sorties/armatures de grande surface et stables. L'ensemble armatures/isolant doit être très rigide et bien comprimé, en parlant du condensateur même et non de l'enveloppe protectrice.

#### Des condensateurs parfois indéchargés

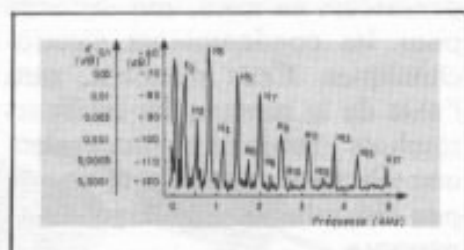
Pour des raisons de fuites diélectriques et d'effets électrochimiques au moment de la décharge, nombreux sont les condensateurs pour lesquels la décharge prend un temps anormalement élevé. Prenons l'exemple d'un condensateur chimique de filtrage classique. Chargeons-le pendant une bonne journée. Déchargeons-le pendant une seconde. On mesure ensuite la tension résiduelle aux bornes : celle-ci n'est plus que de 3 à 5% de la valeur initiale. Mesurons à nouveau la tension une bonne heure après : celle-ci a «remonté» et peut prendre le 1/10e de la valeur initiale. Après une seconde dé-



- Condensateur 10 nF au mylar
- x Condensateur au polystyrène
- 10 uF
- Δ Condensateur, 10 nF,
- papier huilé

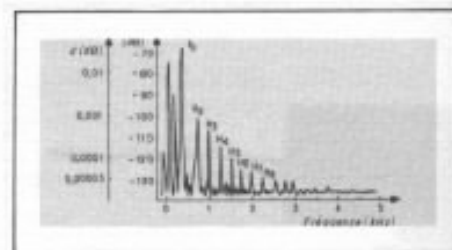
Mesures de distorsion de différents condensateurs. Remarquez la supériorité du condensateur au polystyrène. Notez qu'il s'agit de la mesure de l'harmonique 3 seule, car l'aspect général de tout le composé harmonique est plus important. Ici le condensateur électrochimique n'est pas représenté mais donnerait de mauvais résultats.

(Document S. Nakagawa, Stax Products).



Inductance 3 mH pour filtre haut-parleur, utilisant un noyau en double C à grains orientés. Fil de section 1,5 mm<sup>2</sup>. Taille du noyau : 70 (I) x 100 (L) x 38 mm (E). Malgré la taille généreuse et la qualité des tôles utilisées, remarquez la production d'harmoniques impairs, donc auditivement désavantageuse.

— Les inductances à noyau ferrite, comme souvent pratiqué sur les enceintes acoustiques 3 voies, sont, pratiquement sans exception de qualité inférieure au graphe ci-dessus.

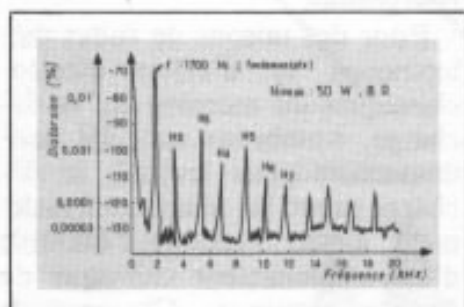


Inductance à air 3 mH, fil de section 3,2 mm<sup>2</sup>, utilisé dans les filtres passifs des haut-parleurs japonais Onken. Remarquez le taux de distorsion non seulement réduit mais formé d'harmoniques pairs et impairs régulièrement dégradés. La «recomposition» de ces harmoniques formerait un signal carré parfait, donc idéal.

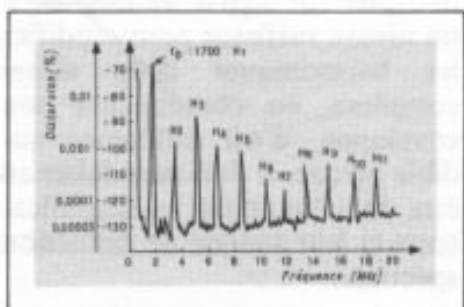
Comme on le voit, une telle conception n'est ni du snobisme, ni une exagération aux buts commerciaux, mais un moyen d'aboutir à des performances techniques et auditives remarquables.

## INDUCTANCES

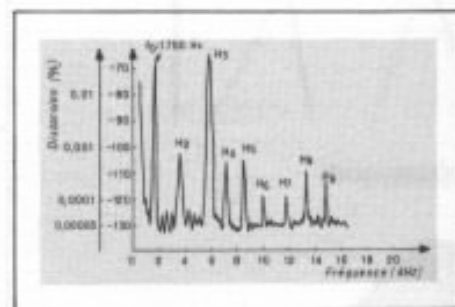
## CONDENSATEURS



Spectre de distorsion du F.F.T. Sony.



Spectre de distorsion d'un condensateur bipolaire classique pour filtres H.P., de 12 uF. Remarquez l'harmonique 3 prédominante.



Condensateur de même valeur, mais à papier imprégné d'huile végétale, de très haute qualité. Remarquer la grande similarité avec le spectre de distorsion produit par le générateur.

Mesures faites par les laboratoires de Sony Corporation. (Japon).  
(Document Onken).

charge, mesurons la tension deux heures après; il reste encore quelques centièmes de volts. Pour les condensateurs chimiques, cet effet est principalement dû à une formation de gaz au moment du court-circuit, qui provoque un effet électrochimique.

Pour les condensateurs de type au mylar métallisé, papier métallisé, etc, le fait que le condensateur ne puisse se décharger totalement et instantanément provient surtout de la surface résistante des armatures. Certains films métallisés, formant les armatures, ont une métallisation si fine qu'elle devient semi-transparente.

Ainsi, non seulement la décharge totale immédiate devient impossible, mais le courant instantané de décharge est réduit, et diminue avec la fréquence. Pour un condensateur de très haute qualité au mica, le courant de décharge pour le modèle américain X, 0,1 uF est de 3 A à 1000 Hz, de 1,5 A à 20.000 Hz. Pour un modèle classique à film métallique, celui-ci, également de 0,1 uF n'est que de 0,1 A à 1000 Hz et 1 mA à 20.000 Hz. Sans avoir recours au FFT, il est certain que ces différences apporteront à un signal audio des différences audibles notables. Elles sont particulièrement sensibles sur les filtres passifs ou actifs RIAA et sur les découplages des cathodes (tubes) ou des émetteurs (transistors).

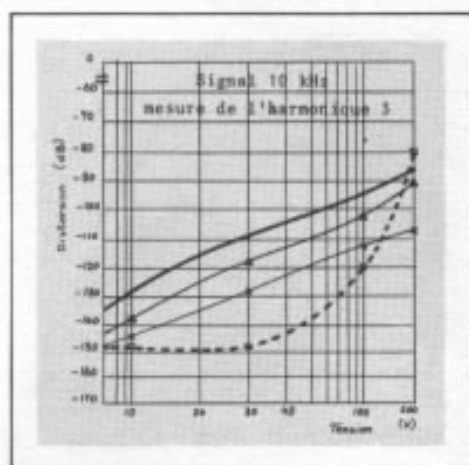
## ANALYSE SPECTRALE DE LA DISTORSION PAR HARMONIQUES

Le graphe 1 montre des essais faits par la firme japonaise X sur la distorsion propre des condensateurs. L'appareil de mesure utilisé était le Radiometer CLT 1-S, Component Linearity Test Equipment, qui permet de mesurer l'harmonique 3 jusqu'à des niveaux inférieurs à 0,00001%. Il faut noter que la tension appliquée aux bornes des condensateurs essayés est comprise entre 10

et 100 volts. Notons que la distorsion croît rapidement avec la tension appliquée.

Le graphe 2 montre des mesures de distorsion de condensateurs effectués par Sony et utilisant le FFT. Comme on le voit cet appareil permet de connaître le spectre de distorsion avec grande précision et pour des valeurs de distorsion jusqu'ici non mesurables.

Quant au graphe 3, il représente la différence de distorsion en analyse spectrale de deux inductances, l'une à l'air, de valeur 3 mH, utilisant du fil émaillé de diamètre 3,2 mm, utilisé pour les filtres passifs des haut-parleurs japonais Onken. L'autre inductance utilise un noyau en grain orienté en double C. Résultat suffisant



- Résistance au carbone, 110 kOhms
- Δ Résistance au carbone, 10 kOhms
- x Résistance, film métallique, 110 k.
- Résistance, film métallique, 10 k.

Mesures de distorsions provoquées par des résistances de différents types.

Bien que situé à un niveau sensiblement inférieur, on remarque que le taux de distorsion n'est pas linéaire avec la tension appliquée aux bornes. Celui-ci, non indiqué sur la figure, augmente pour des tensions plus faibles.

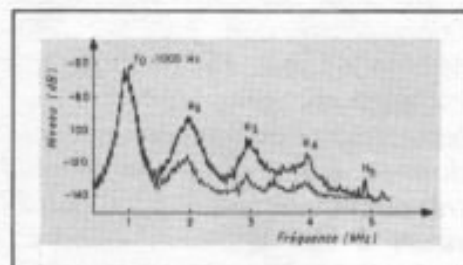
pour élucider le mystère des effets subjectifs.

Le graphe 4 lui, représente les différences de distorsion produites par plusieurs types de résistances, au carbone aggloméré, à film métallique.

Comme on peut le constater, la mesure de l'harmonique 3 résiduelle seule n'est pas suffisante et peut tromper l'expérimentateur dans son choix final. L'instrument FFT est sur ce point beaucoup précis, car donne l'allure spectrale de tous les harmoniques.

La figure 5 montre les différences de distorsion provoquées par deux câbles différents. Bien que situées en distorsion à un niveau très bas, ces différences sont notables.

## CABLES DE LIAISON

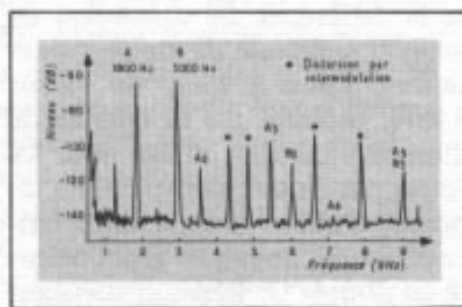
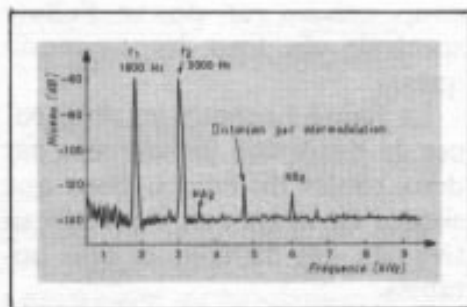


- Câble section 1 mm<sup>2</sup>, 512 conducteurs de 50 microns chacun. Cuivre de pureté 99,9999%
- Câble, section 1 mm<sup>2</sup>, 17 conducteurs de fabrication courante.

Remarquez, que bien que situées à un niveau normalement non mesurable, même avec de bons appareils de mesures, les différences du niveau de la distorsion atteignent 20 dB pour H<sub>2</sub>. Récemment, le fabricant japonais connu TRIO Corporation a effectué des mesures semblables, et ne a tiré des constatations identiques.

## CONDENSATEURS

*Mesure spectrale de la distorsion par harmoniques de condensateurs. Contrairement aux méthodes habituelles, il a été utilisé ici Deux au lieu d'une fondamentale, pour mettre en évidence la distorsion par intermodulation (Document Toshiba).*



*Condensateur au polycarbonate de haute qualité, valeur 2,2 uF pour filtre haut-parleur.*

*Distorsion par intermodulation faible, distorsion par harmoniques très faible. Un choix de tels composants, généralisé sur tous les circuits amplificateurs peut donner, même avec des circuits très classiques, des résultats supérieurs à des appareils élaborés, mais où le choix des composants passifs ne tient pas compte de ces questions de composants passifs. Jusqu'ici seuls quelques audiophiles s'en étaient aperçus, condition insuffisante pour influencer un technicien même compétent, surtout si les mesures faites à l'époque ne donnaient aucun résultat positif.*

*Il est très important d'ajouter que si les différences mesurées sont extrêmement faibles, celles-ci sont faites statiquement (fondamentale fixe) et non dynamiquement (fondamentale aux variations transitoires de fréquence et de niveau). Dynamiquement, la distorsion peut atteindre des valeurs élevées, suffisantes pour apporter une différence auditive nette.*

*Condensateur non polarisé de qualité moyenne, destiné aux filtres pour haut-parleurs. Valeur 2,2 uF.*

*Remarquez le taux de distorsion important, par harmoniques comme par intermodulation. Ces différences mesurées mettent un terme aux dits effets «psychoacoustiques» incompréhensibles. Si un seul de ces condensateurs parmi de nombreux bons n'est pas trop sensible auditivement, le non respect des bons et mauvais éléments passifs, d'un bout à l'autre, peut donner, même avec des circuits bien étudiés, des résultats médiocres.*

*Ajoutons aussi que certains circuits sont très sensibles à la qualité intrinsèque des condensateurs (liaison, découplage, etc.).*

Bien que non effectuées ici, ces mesures pourraient s'étendre aux fusibles, porte fusibles, potentiomètres, circuits imprimés avec conducteurs soit en cuivre, soit en cuivre argenté ou doré. Ces mesures pourraient aussi s'étendre aux contacts divers des éléments d'une chaîne haute fidélité : contacteurs, inverseurs, prises diverses.

### Conclusion

Il y a encore quelques années, seuls quelques fanatiques de la très haute fidélité savaient que tel condensateur, telle inductance, telle résistance ou tel potentiomètre était plus fidèle qu'un autre avec, pour seul instrument, l'oreille. Il est regrettable de constater qu'il a fallu attendre l'avènement d'instruments aussi perfectionnés que ceux de 1977 pour prendre avec plus de sérieux les dires des fanatiques, même s'ils ne disent pas toujours vrai. Même si la somme de nouvelles mesures, dont la présente, permet de connaître 80% de la qualité musicale d'un appareil, les 20% restant sont encore insensibles aux appareils de mesure les plus évolués. Faudra-t-il attendre «l'impossible», c'est à dire la création de calculateurs électroniques qui sauront s'émouvoir à l'écoute intelligente de l'exécution d'une symphonie ?

Pour aider les lecteurs, l'auteur de cet article propose un tableau des composants usuels avec leurs qualités et défauts, utilisations pour un résultat optimum. Certains composants sont peut-être encore rares sur le marché français.

Ainsi, grâce à ce tableau, quelques connaisseurs avertis pourront modifier quelques appareils du commerce, et les fabricants en question sauront certainement les excuser, surtout s'ils font mieux.

Ajoutons, pour terminer, que l'on a pu constater sur le marché japonais de la haute fidélité, des préamplificateurs, des amplifica-

teurs aux composants passifs «bizarres» d'aspect, car soigneusement sélectionnés pour leurs qualités musicales. Si ce n'est pas toujours à 100% une réussite (car penser à une chose en fait parfois oublier une autre), c'est la marque d'un progrès certain, pour lesquels les audiophiles seront unanimement d'accord : la fidélité musicale.

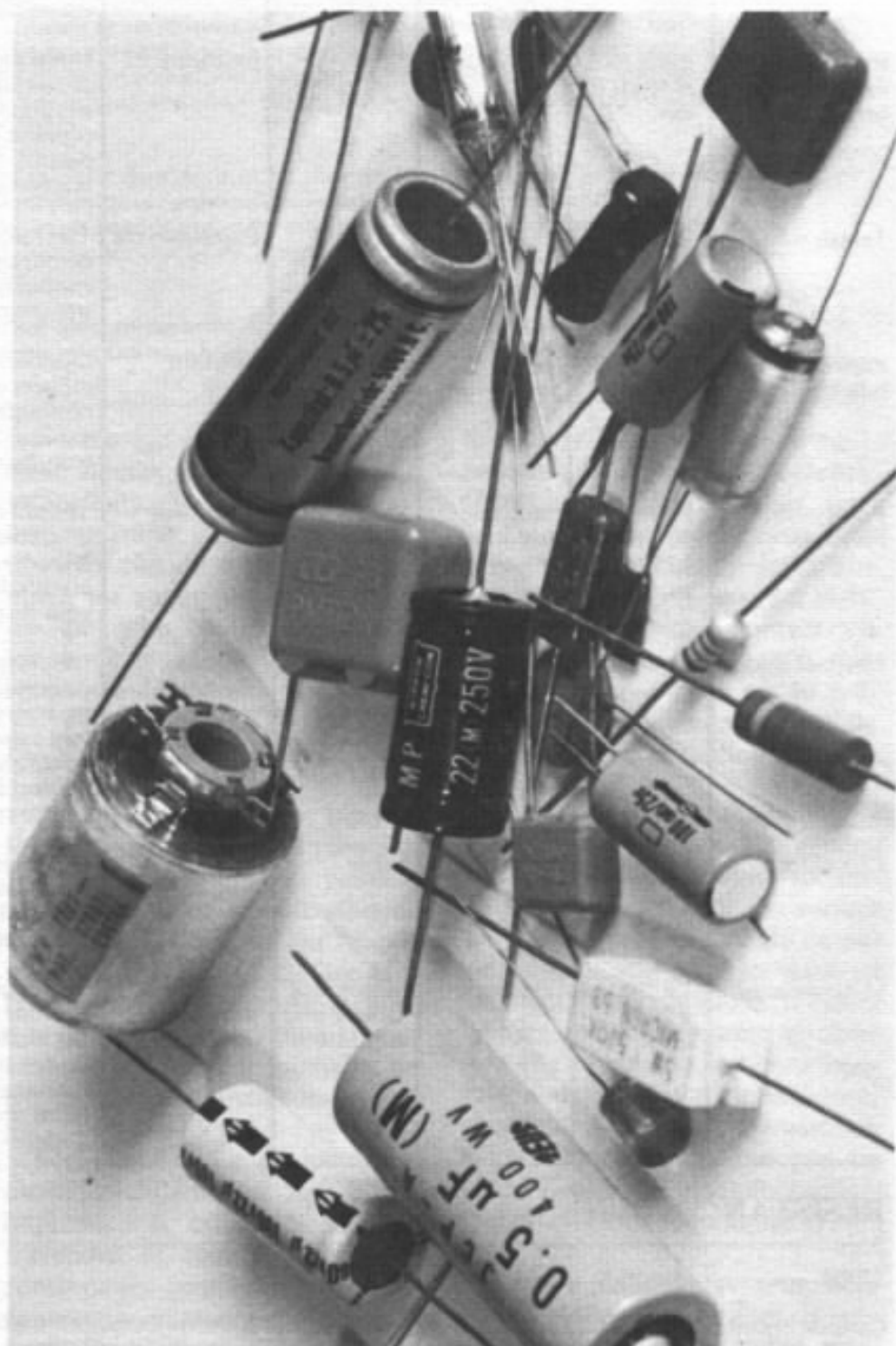
## COMPOSANTS PASSIFS :

### CONSEILS GENERAUX D'UTILISATION

#### Condensateurs électrochimiques

**Couplage :** si de faible valeur, on peut les remplacer par de bons condensateurs au mylar ou au polycarbonate. On peut également ajouter en parallèle, ce qui est plus facile, un condensateur au mylar métallisé ou au polystyrol. Respecter les tensions de service et utiliser toujours un fer à souder de dimensions réduites. Les circuits où ces améliorations apportent un effet subjectif prononcé sont surtout : circuits d'entrée des préamplificateurs, circuits de sortie des amplificateurs, étage d'attaque de l'amplificateur.

**Correcteur RIAA,** corrections par contre réaction passive ou active. Celle-ci est plus délicate car exige au moins la possession d'un pont de mesure, en raison de la valeur des composants à respecter. Si quelques condensateurs de faible valeur utilisés sont des condensateurs céramique, le remplacement par des condensateurs au mylar de haute qualité, soit des condensateurs au polystyrène apportera des améliorations subjectives certaines. Opération à ne faire que par des spécialistes «techniciens/audiophiles».



## CONDENSATEURS

TYPE	Valeurs	Dimensions	Prix	Fiabilité	Utilisations audio, qualité subjective
Mica métallisé	1 pF à 0,047 $\mu$ F. Tension de service élevée	Importantes pour les valeurs supérieures à 10 nF	Elevé	Excellente Résistance d'isolement très élevée	Excellent dans le médium et l'aigu. Parfois dur dans le grave. Qualité des contacts avec les armatures jouant fortement sur le résultat auditif. Utilisations recommandées : couplage, contre réactions, filtres etc.
Papier imprégné, dans boîtier hermétique	Entre 1000 et 50000 pF env.	Importantes	Elevé	Excellente	Utilisé plutôt en H.F. Certains types peuvent donner de très bons résultats pour les couplages. Dimensions très importantes rendant utilisation sur appareils courants impossible. Excellent aussi si monté en parallèle avec les condensateurs de filtrage (améliore la réponse transitoire).
Tantale solide	Elevées, entre 1 et 100 $\mu$ F	Faibles tension de service 70 V. max.	Très élevé	Exceptionnelle	Très recommandé sur amplificateurs à tubes pour le découplage des cathodes et pour les découplages des émetteurs sur les transistors. Courant de décharge transitoire très élevé.
Papier métallisé tubulaire	1000 pF à 2 $\mu$ F env.	Assez importantes	Faible	Moyenne	Qualité très variable avec l'origine. Les bons modèles utilisent une métallisation homogène et dense (faible résistance de surface des armatures), un montage non inductif très compact. Excellent pour le médium (couplage).
Polystyrène, Polystyrol	Faibles de 1 pF à 20 nF parfois 0,1 $\mu$ F	Moyenne importante pour plus de 0,02 $\mu$ F	Moyen	Très bonne	Tension de service limitée à env. 200 V. Excellent pour contre réactions, couplages de faibles valeurs. L'un des meilleurs, avec ceux au polycarbonate, pour la reproduction de l'extrême aigu. Recommandés pour correcteurs RIAA.
Electrochimique	Grandes	Faibles par rapport à la valeur	Moyen	Moyenne, souvent mauvaise	Utilisés le plus souvent pour les circuits d'alimentation. La plus grande majorité sont très mauvais si utilisés pour couplages. Les plus mauvais sont caractérisés par un son sourd, distordu et extrême aigu absent. Ceux de qualité moyenne peuvent être « améliorés » en ajoutant en parallèle un bon condensateur.
Céramique	Faibles	Faibles	Faible	Moyenne	Utilisés souvent en haute fréquence. Certains, de faible valeur peuvent donner de bons résultats dans l'aigu et l'extrême aigu. Son plus dur et un peu moins fin que ceux au polystyrène.
Mylar métallisé	De 1000 pF à 10 $\mu$ F env.	Faibles	Moyen mais variable avec la qualité	De bonne à très bonne	Très grande variété existante, pouvant donner des résultats subjectifs allant de mauvais à remarquable. Les meilleurs, à l'exemple du ITT, série PMT/2R sont caractérisés par un montage très compact et comprimé, anti-inductif et avec armatures à très faible résistance. Résultats remarquables pour quelques rares modèles.

## RESISTANCES

TYPE	W	Résistances
Carbone aggloméré	1/4 W à 3 W env.	Très populaire. Bruit et dérives thermiques importantes rendant parfois une utilisation impossible dans certains circuits (amplificateurs différentiels, amplificateurs à couplage direct). Recommandée dans les circuits audio où les questions de bruits thermiques ou de dérive n'ont pas lieu. Son excellent, médium chaud et présent, extrême aigu légèrement atténué. Qualité subjective fortement variable d'une marque à une autre.
Résistance à couche de carbone (film carbone)	1/4 à 2 W env.	Caractéristiques de bruit et de dérives thermiques supérieures aux résistances au carbone aggloméré. Utilisation générale recommandée si les problèmes de bruits ne se posent pas. Son excellent, « bande passante » subjectivement plus large que la résistance au carbone aggloméré. Recommandée pour les fuites de grilles (tubes) et pour les circuits de contre réaction (si le problème de bruit ne se pose pas).

Film métallique	1/8 W à 1 W env.	Bruit thermique et dérives très faibles. Prix de plus en plus compétitifs, qui ont rendu son utilisation très généralisée dans les amplificateurs. Subjectivement parlant, il est curieux de noter que certains modèles procurent un son dur et agressif. A n'utiliser donc qu'aux endroits où le bruit thermique pourrait être très gênant. Certaines résistances de prix extrêmement élevé, tolérances en valeur et en fonction de la température très faibles, procurent également des résultats subjectifs passables.
Film d'oxyde métallique	1/8 W à 1 W env.	Faibles dérives thermiques, bruit thermique réduit. Résultats subjectifs allant de bon à très mauvais. Très récemment, on a pu se rendre compte, d'après expériences en laboratoire, que certaines de ces résistances pouvaient provoquer, sous choc électrique transitoire, soit un effet de « pile électrique », soit un effet « semi-conducteur », situés cependant à un niveau difficilement mesurable. Son utilisation trop large peut provoquer une non linéarité subjective incompréhensible : circuits RIAA, circuits 200 ou 600 Ohms de lignes, contre réaction etc.
Bobine vitrifiée	1 W à 50 W env.	Utilisée souvent dans les circuits d'alimentation. Effet inductif prononcé sur certains types, pouvant provoquer des instabilités sur les amplificateurs à transistor. Quelques rares modèles sont bobinés en « va et vient » pour supprimer l'effet inductif. Bruit thermique élevé. Préférable, cependant, malgré les défauts précités, aux mauvaises résistances à oxyde métallique.
Bobinée et imprégnée dans porcelaine	1 W à 20 W env.	Devenue courante sur amplificateurs à transistors, car dimensions réduites, bonne fiabilité. Quelques modèles ont une inductance parasite très faible, ce qui est avantageux.

**Alimentation.** Dans la majorité des cas il n'est pas possible de remplacer les condensateurs de filtrage. La seule opération possible consiste à mettre en parallèle soit un condensateur au polycarbonate, soit en parallèle plusieurs condensateurs comme, par exemple : mica + polycarbonate + papier + polystyrène. Parfois un condensateur au mica de 10.000 pF apporte une différence auditive lorsque mis en parallèle sur un électrochimique de 8000 µF. Cette différence peut être rendue visible sur un oscilloscope à très large bande passante en mesurant la régulation de l'alimentation sur signaux impulsifs. Malgré la valeur leur effet est prononcé, surtout aux endroits où les appels de courant transitoire sont importants. Les très rares fabricants respectant cette question sont à féliciter : Stax (amplificateur DA 80, DA 300), Sony (amplificateurs récents). Dans 90% des cas, l'amélioration est très sensible.

**Potentiomètres à film métallique et à plots.** Certains modèles sont très passables subjectivement parlant, malgré un toucher délicat et agréable (plots de 22 à 50 suivant fabricant). Seuls les plus récents sont réellement bons. Le

seul avantage est un équilibre des deux canaux excellent (ce qui est important). Souvent, et malgré une mauvaise fiabilité, le potentiomètre classique à piste au carbone, est supérieur. Pour les types au carbone et piste moulée, les modèles Allen Bradley, sont recommandés **MAIS SE TROUVENT DIFFICILEMENT DANS LE COMMERCE.**

**Prises d'entrée phono.** Les mélomanes aux oreilles difficiles doivent utiliser autant que possible des entrées avec isolant stéatite. Ces différences jouent sur l'extrême aigu. Suivant le montage et le type de phonolecteur utilisé (ainsi que de haut-parleur utilisé !) peuvent aller du presque insensible au très sensiblement meilleur.

**Résistances.** Leur remplacement est difficile sur les circuits imprimés. Il est préférable de n'entendre le remplacement des composants passifs qu'aux condensateurs, aux potentiomètres et à certains contacts.

**Contacteurs.** Peuvent apporter une distorsion élevée ou une perte élevée dans l'aigu. A remplacer si possible par des modèles de forte capacité. Ces remplacements sont limités par la place, la présenta-

tion de la face avant des amplificateurs et préamplificateurs. Quelques modèles français, parfois moins bien présentés et finis que d'autres d'origine Japonaise sont parfois supérieurs. La résistance moyenne du contact est comprise entre 100 et 500 milliOhms et passe de 5 ou 10 milliOhms pour les contacteurs de haute capacité et de bonne qualité.

**Circuits imprimés.** En général mauvais, même si montés sur verre époxy. Résistance de surface élevée. Un gros fil, monté en parallèle peut améliorer les résultats (alimentation régulée, etc). Noter que les composants sont sensibles à la chaleur et rendent cette opération délicate. Le circuit doré, excellent pour les calculateurs électroniques ne donne pas en haute fidélité les résultats souhaités (effets électrochimiques ?).

**Fils de liaisons.** A remplacer s'ils sont trop fins. Utiliser de préférence du fil non étamé avec brins très fins, et diamètre important (1 à 2 mm<sup>2</sup>). Joue sur les circuits d'entrée et de sortie.

**Page non  
disponible**



# - La chronique subjective par Amadeus

*L'AUDIOPHILE est né.*

*Permettez moi tout d'abord de saluer sa naissance, de lui souhaiter beaucoup de lecteurs et de vous expliquer succinctement pourquoi j'ai accepté d'y publier, tous les deux mois, ce qui sera désormais ma «Chronique Subjective».*

*Pourquoi ? Tout simplement parce que les audiophiles sont malheureux !*

*Ereintés par le Festival du Son, abrutis par les auditoriums à coup de Pop Music à 110 dB, abasourdis de découvrir dans la publicité des meilleures revues douze «meilleure enceinte du monde», une bonne dizaine de «meilleur amplificateur dans sa gamme de prix» (comme il n'est jamais précisé la largeur de la dite gamme, il suffit de la réduire à zéro pour que, bien sûr, faute de concurrents,...!), la plupart des audiophiles s'étaient d'abord orientés vers les chiffres.*

*Ah, les chiffres ! Tout le monde sait qu'on leur fait dire n'importe quoi.*

*Pourtant, voilà nos malheureux audiophiles décortiquant fébrilement un à un les dépliants, les bancs d'essai, croyant en toute bonne foi qu'un ampli affichant 0,005% de distorsion ne pouvait qu'être infiniment meilleur que son concurrent affublé d'un épouvantable 0,1% ! Hélas. Même si, par une incroyable coïncidence, les dites mesures avaient eu la chance d'être faites dans les mêmes conditions, nos rois des chiffres devaient se rendre rapidement à l'évidence : l'ampli à 1% sonnait souvent bien mieux que celui à 0,005%.*

Il ne leur restait plus qu'à s'en remettre au seul instrument de mesure vraiment complet : L'oreille humaine.

Ne concluez pas trop hâtivement que les mesures faites en laboratoire sont totalement inutiles. Non. Elles sont même strictement nécessaires pour tenter d'explicitier les résultats d'écoute, pour faire progresser les constructeurs, et pour que, petit à petit, la corrélation entre impression subjective et mesure objective se fasse meilleure.

Mais les caractéristiques techniques ne sont pas encore, et ne seront pas pour un long moment sans doute, un critère valable de choix entre deux éléments de construction générale voisine.

Nos amis audiophiles, persuadés d'être munis du meilleur instrument existant et bien décidés à s'en servir, ont donc commencé à hanter magasins spécialisés, auditoriums et manifestations diverses, écoutant partout, longuement, au grand désespoir des vendeurs ou des démonstrateurs, plus habitués à vendre le nombre des boutons, les watts disponibles ou les vu-mètres à éclairage réglable que le «soyeux des cordes» ou la «précision des pizzicati de contrebasse».

Hélas, là encore, le diable attendait les audiophiles !

La subtile différence qu'ils avaient pu détecter entre le préampli X et le préampli Y, écoutés dans des systèmes différents, ne provenait-elle pas de l'acoustique propre des deux auditoriums, des autres composants du système, ou même tout simplement d'un diamant moins propre ou de connexions défectueuses ?

Autre déception : Le Mariage. Quelle loterie !

Le préampli X, très à l'aise avec l'ampli A, s'avérait dur et désagréable avec l'ampli B. Et puis, manque de chance, aucun auditorium ne disposait à la fois du

préampli X et de l'ampli C dont notre audiophile était déjà possesseur. Que faire ? Essayer à domicile ? Mais combien de fois était-ce possible ? A moins d'être l'heureux dépositaire de l'adresse d'un de ces deux ou trois spécialistes sans magasin avec lesquels tout est possible, pas d'autre moyen que de s'en remettre à l'avis du vendeur, rarement aussi «passionné» que son client, mais sans aucun doute plus «intéressé».

La dernière planche de salut qui restait aux audiophiles, c'était la presse spécialisée, et singulièrement les quelques revues non commerciales qui fleurissaient Outre-Atlantique. Là, dans le domaine purement subjectif, des groupes s'étaient fait profession d'écouter, de comparer, si possible dans des contextes variés, les meilleurs équipements, hors de toute contrainte commerciale. Rarement succès fut plus rapide.

Aujourd'hui, atteints par les mêmes difficultés que leurs homologues américains, les audiophiles français cherchent à savoir. Et il faut qu'ils sachent. Parce que le marché est encombré d'attrappe-clients. Parce qu'on ne dépense pas 10 000, 20 000 ou même quelquefois 100 000 Francs pour entendre «la» musique en tirant à la courte paille ou en comparant le poids de la documentation des constructeurs.

C'est pour vous aider, vous tous qui parcourez ce «chemin de Damas» vers la perfection de la reproduction musicale que l'AUDIOPHILE a vu le jour.

C'est l'expérience que j'ai pu acquérir à l'écoute de tous des superbes monstres depuis de nombreuses années que je vais tenter de vous transmettre, tous les pièges dans lesquels j'ai pu tomber que je vais essayer de vous faire éviter. Je compte sur le fait que tous ceux que le sujet intéresse m'aideront de leurs conseils afin que cette chronique devienne réellement leur chronique et réponde au mieux aux questions

que chacun se pose.

Après avoir consacré ma prochaine publication dans l'AUDIOPHILE à une description complète de ce que je pourrais appeler le (ou les) système de référence, je me propose, dans les numéros suivants de vous décrire un par un les composants d'un système avec, pour chacun d'eux, tout ce qu'il faut savoir pour mieux les choisir. Toutes les difficultés qui vous menacent dans le choix et, bien évidemment, sans hésiter à vous citer des noms pour les éléments qui me paraissent dignes d'attention. Tant pis pour les autres ! Il ne restera à leur constructeur qu'à m'écrire des lettres d'injure auxquelles, bien sûr, je m'efforcerai de répondre, le plus poliment possible, avec quelques conseils pour leurs futurs produits.

Pour chacun des maillons que nous allons passer en revue, je vous fournirai ainsi une liste des éléments existants sur le marché et qui m'ont paru les plus satisfaisants sur le plan de la restitution musicale, de l'agrément d'utilisation etc. Une sorte de Hit-Parade ! Afin de ne pas oublier les inconditionnels à budget limité, j'essayerai également, aussi souvent que possible, de vous indiquer quelques composants particulièrement réussis malgré leur prix modique. Tant pis pour les snobs qui pensent que plus c'est cher, meilleur c'est !

Voilà pour les projets. Mais afin de ne pas vous faire attendre plus longtemps, permettez-moi de traiter dans cette première chronique deux sujets qui me tiennent fort à cœur et que j'intitulerai :

— Quelques considérations sur les méthodes de test

— Quelques petits détails qui changent tout.

## QUELQUES CONSIDERATIONS SUR LES METHODES DE TEST

Un test subjectif est un test basé principalement sur l'écoute. C'est ce type de test que j'utilise et ce sont les résultats obtenus dont nous nous entretiendrons dans «La Chronique Subjective».

Ainsi, quand je vous dirai qu'un préamplificateur X est meilleur qu'un préamplificateur Y cela ne signifiera pas que les résultats de mesure lui donnent l'avantage mais que, dans des conditions d'utilisations normales, le X «sonne» mieux, plus vrai, plus près de la musique.

Seulement voilà, l'ennui de tout test subjectif, c'est justement qu'il est subjectif !

Imaginez que vous ayez décidé de juger de la qualité de reproduction d'un amplificateur et que, pour celà, vous l'avez inséré, grâce à un habile système de switch, dans votre système actuel. Vous détectez qu'il «sonne» moins bien que votre amplificateur habituel. Tout fier d'avoir su si vite détecter une différence, vous vous mettez à déclarer partout qu'il n'a jamais existé de plus mauvais amplificateur que celui-là.

Eh bien vous venez de vous condamner à la damnation éternelle ! Vous avez en effet, sans le savoir, commis au moins les sept péchés capitaux des mauvais auteurs de bancs d'essai !

En effet :

1 Vous jugez cet amplificateur associé uniquement avec vos haut-parleurs. Or, votre couplage initial était peut-être plus favorable. Avec d'autres enceintes, vous risquiez d'obtenir le résultat inverse.

2 Vous jugez cet amplificateur associé à votre propre préamplificateur. Même faute. Certains couplages sont synergiques (ou eugénésiques, si vous préférez, Littré dixit). D'autres fonction-

nent fort mal, ou pas du tout.

3 Vous jugez cet amplificateur en ayant introduit un système de switch qui *ne peut pas* être neutre par rapport à un système sans switch. Je ne connais pas de plus terrible destructeur de qualité sonore que certains dispatching employés par les auditoriums. Méfiance !

4 Certains câbles de liaison aux haut-parleurs, à trop forte capacité, provoquent des oscillations parasites dans certains amplificateurs, affectant du même coup le résultat d'écoute, quelquefois en bien. Vous ne l'avez pas vérifié.

5 Etes-vous bien sûr que le son si plaisant de votre système habituel n'était pas agrémenté de quelques non-linéarités bien apaisantes en provenance de l'amplificateur (à tubes, peut-être ?) et qui vous auraient rendu l'ensemble agréable. Alors que le nouveau venu, en rétablissant la vérité, aïe... !

6 Le niveau d'écoute a-t-il été vérifié (au voltmètre) ? Pour un même réglage de niveau au préampli, le nouvel ampli ne fournit-il pas plus de volume sonore, ou moins, même s'il affiche la même puissance nominale ? (Problème de sensibilité d'entrée différente. Exemple typique : QUAD 405).

7 Peut-être avez-vous, sous le coup de la joie de la découverte (tout nouveau, tout beau !) exagéré la différence. Les deux amplificateurs peuvent être très bons quoique sonnant différemment. Vous auriez dû rester plus froid dans vos jugements et prendre d'autres points de comparaison pour noter le niveau exact de l'amélioration constatée. Les revues spécialisées dans ce type de test ont toujours tenté de chiffrer ces différences, soit en attribuant des notes, soit en classant par grandes catégories de qualité les matériels qu'elles écoutaient.

Arrêtons là cette petite anecdote. Mais vous sentez combien l'écoute critique est un métier se-

mé d'embûches. En fait, pour avoir de la valeur, un test subjectif doit avant tout être objectif !

Parlons donc des méthodes les plus couramment employées.

J'ai personnellement expérimenté durant de longues années d'écoute la plupart d'entre elles et je puis vous assurer que toutes ont leurs avantages et leurs inconvénients.

Pourtant, d'après moi, aucune n'atteint la précision de la «méthode par insertion» (évoquée dans ma petite histoire ci-dessus). Elle consiste à insérer dans un système de référence, auquel on s'est habitué pendant une période de temps assez longue (minimum deux heures) un maillon nouveau que l'on juge par comparaison avec le maillon homologue du système référentiel. En moins de cinq minutes d'écoute, toutes les différences apparaissent, et ceci grâce à l'extraordinaire mémoire des sons que possède l'oreille humaine.

Les points les plus importants, qualités ou défauts, sont même généralement détectés dans les toutes premières secondes par un auditoire exercé.

Mais, attention ! Tous les pièges dont j'ai parlé sont à éviter. Il faut effectuer plusieurs tests similaires en faisant varier certains paramètres, en contrôlant soigneusement les niveaux, en modifiant légèrement le système de référence, etc. Et tout cela, compte tenu de la période d'accoutumance nécessaire après un changement, prend du temps, beaucoup de temps.

Pour comparer deux éléments entre eux, c'est cette méthode que j'utilise, m'obligeant à écouter longuement un système avant de basculer sur l'autre, en notant les résultats, puis en effectuant, dans les mêmes conditions, la comparaison inverse.

Pour gagner du temps, la plupart des professionnels préfèrent utiliser soit le test A - B qui consiste à basculer rapidement plu-

sieurs fois d'un système à l'autre en tentant de noter les différences (en fait j'utilise ce procédé après la comparaison par insertion pour préciser et expliquer certaines impressions premières), soit le «test aveugle» qui est un test A - B mené devant un panel d'auditeurs qui ignorent quel composant ils sont en train d'écouter.

A toutes ces techniques d'évaluation, j'en ajouterai une dernière, rarement pratiquée mais essentielle à mon avis : la fréquentation assidue des salles de concert. De la musique vivante. Pour garder une mémoire des sons tels qu'ils doivent être. Tous les sons, toutes les musiques, tous les genres. Musiciens de tout poil, bons ou mauvais, classiques, pop, de jazz. Pour savoir, dans l'absolu, comment cela sonne «en vrai».

Et puis le plaisir apporté par cette technique ne vaut-il pas celui procuré par toutes les séances d'essai comparatifs du monde ?

## QUELQUES PETITS DETAILS QUI CHANGENT TOUT

\* Savez-vous qu'un modeste plateau spécial de feutre ou de plastique, posé sur le plateau métallique de votre super-platine à la place de son sempiternel attrape-poussière en caoutchouc bien râpeux, premièrement protégera mieux vos disques, deuxièmement vous permettra de constater que votre super-platine sonnait en fait comme une sous-platine avant ce petit changement ?

\* Savez-vous que, plutôt que de pleurer auprès de votre disquaire pour obtenir des disques bien plats ce que, sauf chance exceptionnelle, le malheureux ne pourra jamais vous fournir, il vous suffit d'un petit traitement tout simple pour rendre *tous* vos disques plats ? Utilisez simplement un accessoire existant en Angle-

terre sous le nom de PADDOCK-TIDY (vous pouvez aussi le réaliser vous-même). Il se présente comme un presse-livre dans lequel vos disques sont classés verticalement et maintenus serrés les uns contre les autres par un système à ressorts, la pression s'exerçant principalement, à cause de la surépaisseur, au centre des disques, donc sur la partie non gravée. Depuis que j'utilise ce système, mes disques neufs les plus voilés retrouvent en deux ou trois semaines de «cure» une planéité digne des pressages rigides des années 50

\* Savez-vous que, pour la conservation de vos disques, un système de nettoyage efficace est beaucoup plus important qu'une force d'appui très faible, la poussière s'accumulant plus vite que ne s'use le sillon, même avec ces monstres qui lisent à 2,5 g avec un diamant conique (ENT, DENON 103G) ou à 1,8 g avec un diamant elliptique (ORTOFON SL ZOE, FIDELITY RESEARCH) ce qui est encore pire.

Si vous n'utilisez pas un système de nettoyage correct (et ils sont rares), vous aurez beau lire vos disques à 0,25 g, risquant le détaillage au passage du moindre moustique, vos trésors deviendront incoutables au bout de vingt lectures.

On vous aura copieusement mis en garde contre les procédés de dépoussiérage liquides et pourtant, pourtant ... Le meilleur système existant est en fait le LENCOCLEAN, qui consiste justement à faire baigner le diamant, au moment de la lecture, dans une quantité non négligeable de liquide, celui-ci décollant les poussières ramassées ensuite par une petite brosse, et agissant comme lubrifiant de la pointe. Quant au son, il bénéficie d'une amélioration assez nette dans le domaine de la fluidité (qui en aurait douté ?)

En contrepartie, impossible de réécouter à sec les disques ayant

subi une fois ce traitement. Le liquide, en séchant, dépose une boue poussiéreuse dans le sillon, qui n'est, en fait, que dissoute au passage suivant, avant de se resolidifier.

Je vois tout de suite, le parti que les plus malins d'entre-vous vont tirer de cet inconvénient : Ne voilà-t-il pas la meilleure excuse jamais inventée pour ne pas prêter leurs disques ? Profitez-en vite, égoïstes, tout le monde s'équipe !

\* Savez-vous que, plutôt que de consommer votre temps, votre patience, et vos économies à chercher le bras ou la cellule idéale, vous devriez commencer par bien vérifier que l'ensemble est compatible et bien réglé ? Sur le premier point, j'ai été très frappé de constater que le problème était toujours aussi négligé malgré les progrès récents dans le domaine des cellules. Tout le monde devrait bien savoir qu'on ne juge pas une ACD XLM, une SONUS bleue ou une DECCA dans n'importe quel bras. Prenons par exemple la SONUS. Ce sera la pire des cellules si vous la montez dans un bras lourd, elle ne sera qu'assez quelconque dans un bras de poids moyen (SME) et ne deviendra belle que dans un bras très léger (BLACK WIDOW, MAYWARE, HADCOCK, VESTIGAL).

Quant à l'alignement correct, il découle de l'application de quelques principes simples de géométrie. Il s'agit de faire travailler le diamant de la façon la plus voisine possible de celle utilisée par le burin graveur. Pensez que cinq millimètres d'erreur dans la position du bras peuvent, avec des diamants elliptiques ou Shibata provoquer un déphasage important entre la lecture des deux flancs du sillon et induire un nombre considérable de distorsions temporelles, infiniment plus gênantes pour l'oreille que les distorsions d'amplitude.

Sachez qu'il existe aux Etats-

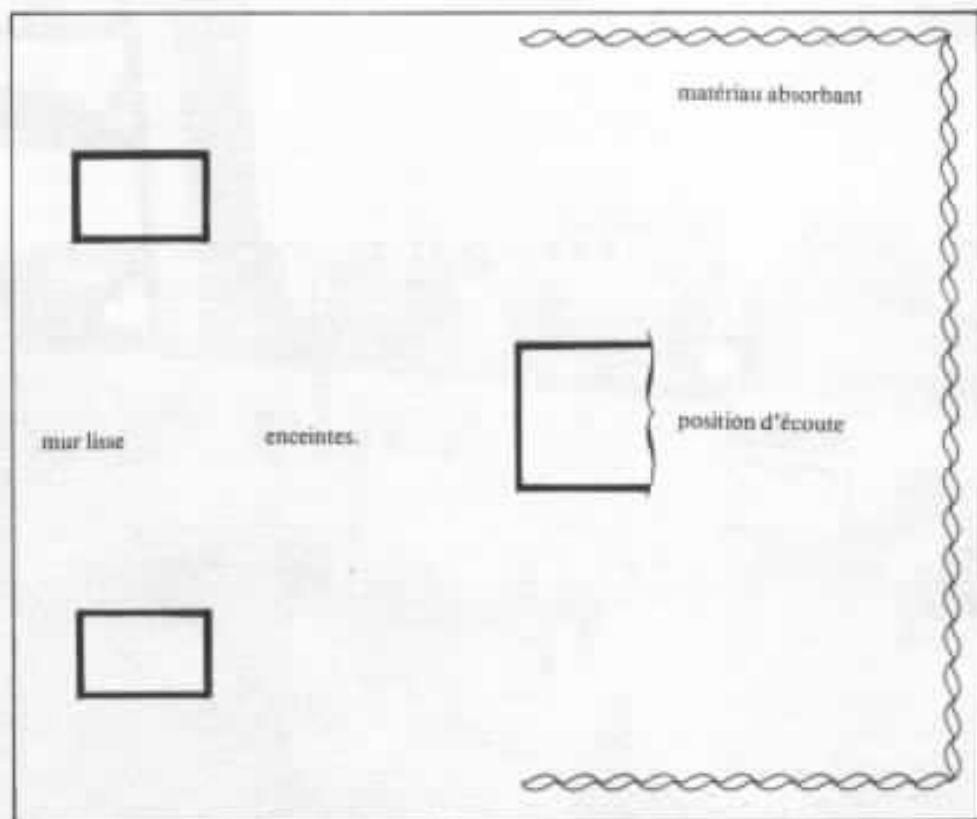
Unis, dans les meilleurs magasins, un équipement spécial qui permet de régler de façon optimale les différents systèmes existants, que pour utiliser ce matériel de professionnels, son fabricant (VERION) propose aux techniciens un stage de plusieurs jours, un recyclage permanent et des disques spéciaux. Et que la différence de qualité obtenue entre un équipement correctement réglé et un qui ne l'est pas, est, sur un ensemble de haute qualité, parfois aussi importante que celle entre un bon et un moins bon préamplificateur, par exemple.

\* Savez-vous que si vous dégustez habituellement des bruits bizarres du genre pops, clics, bzzz, crac à chaque fois que vous ouvrez le réfrigérateur, appelez l'ascenseur ou allumez la lumière de votre salon, et que vous avez, après une pénible investigation, détecté que tout le mal venait de votre platine, plutôt que de tout jeter par la fenêtre, vous devriez essayer de changer le câble de liaison bras-préampli contre un câble à double blindage du type VERION ? Savez-vous que cette amélioration sur le plan des bruits parasites risque bien de vous faire découvrir par la même occasion une sensible amélioration du son ?

\* Savez-vous que ce que les illustres experts appellent «une image sonore superrrbe», ce qu'ils sont prêts à vous faire payer fort cher au moyen d'amplis et d'enceintes très exceptionnels, s'obtient souvent avec des haut-parleurs à très bon marché, à deux conditions :

1 que la dimension du coffret soit minimale (Exemple : KUB de KEESONIC, ou si vous êtes plus riche BBC de ROGERS ou model B de FRIED)

2 Que ces petites boites doivent être montées sur un socle assez haut (50 cm mini) à claire-voie, si possible en bois, légèrement inclinées et placées à 50 centimètres



environ d'un mur réfléchissant alors que les côtés et le fond de la pièce près duquel vous avez votre position d'écoute, doivent être absorbants (voir schémas)

Enfin, que si vous ajoutez aux meilleures de ces petites merveilles des caissons d'extrême-basses, éventuellement discrets (JANIS, DAHLQUIST, M et K), vous risquez d'obtenir un système d'enceintes qui enterre tous ces extraordinaires monstres actuels, de forme plate, ronde, pyramidale ou torturée, franchement hideux et carrément incasables dans un intérieur européen digne de ce nom.

\* Savez-vous qu'il suffit souvent de changer les câbles qui relient votre ampli aux enceintes pour que vous ne les reconnaissiez plus ni l'un ni l'autre ? Mais attention, certains couplages sont malheureux et doivent être essayés (voir ci-dessus). Plutôt que la texture bizarre (COBRA, SONY LITZ) c'est en fait la pureté du cuivre

qui semble faire la différence, ainsi que la capacité (du moins pour certains amplis).

\* Savez-vous, vous qui, heureux mortels, possédez un système bi ou tri-amplifié, que les câbles qui relient ampli et haut-parleurs dédiés à la partie basse du spectre doivent être spécialement adaptés ? Que certains puristes modifient les fils de liaison à l'intérieur des enceintes et que certains changent même les liaisons à l'intérieur de l'ampli pour améliorer le facteur d'amortissement ? Enfin qu'ils utilisent du câble de 3 mm<sup>2</sup> au moins sur une longueur totale maximale de deux ou trois mètres, et que, point important, cela s'entend ?

Arrêtons là cette chronique des «savez-vous que...» Voilà de quoi alimenter, je l'espère, vos deux premiers mois de recherche laborieuse vers un meilleur système de reproduction.

**Page non  
disponible**

# - Visite chez un audiophile japonais

Jean Hiraga

*Sur peut-être 50.000 audiophiles «Ultra Hifistes» japonais, environ 15.000 préfèrent le tube au transistor. Sur ces 15.000 audiophiles, on doit compter quelques 10.000 puristes préférant de loin le tube triode de puissance à chauffage direct. Le roi des tubes triodes, le fameux tube Western Electric WE 300B et son équivalent anglais STC 4300B se vendent au Japon à prix d'or. Les autres tubes connus sont aussi le 45, le 50, le 252A, le 211, le 845 ainsi que les tubes anglais PX 4, PX 25, DA 30, DA 100. Le tube, qui connaît au Japon un grand succès fit renaître aussi ce qui était jusqu'alors introuvable : tous les composants spéciaux pour amplificateurs à tubes : transformateurs d'alimentation (à chauffage filament et circuits HT spéciaux), transformateurs de sortie à simple étage et push-push très variés (au moins 80 modèles disponibles actuellement), châssis de haute qualité (cuivre chromé, acier inox, etc) supports de tubes spéciaux en stéatite, résistances bobinées de haute qualité, non inductives, condensateurs à tension de service élevée, etc. Le prix de revient est toujours assez élevé et il fallait vraiment que les performances soient bonnes, voire supérieures à la majorité des appareils du commerce (que l'Audiophile français s'imagine tout ce qui est disponible au Japon) pour que la «reprise» du tube ne fût pas une mode passagère.*

Mais l'amateur de très haute fidélité (cf lecteur de l'Audiophile) aurait pu se rendre compte rapidement que «tous les amplificateurs à tubes réalisés étaient bons et supérieurs aux meilleurs pro-

duits du marché», n'était pas la conclusion tirée. Mais 30% d'entre eux méritaient peut-être cette remarque. Dans ces 30% certains arrivaient, avec de «vulgaires tubes» à des résultats impression-

nants de vérité sonore et de qualité subjective.

C'est très certainement le cas de Mr Tanaka, amateur chevronné passionné de musique et de haute-fidélité. Mr Tanaka est un pas-

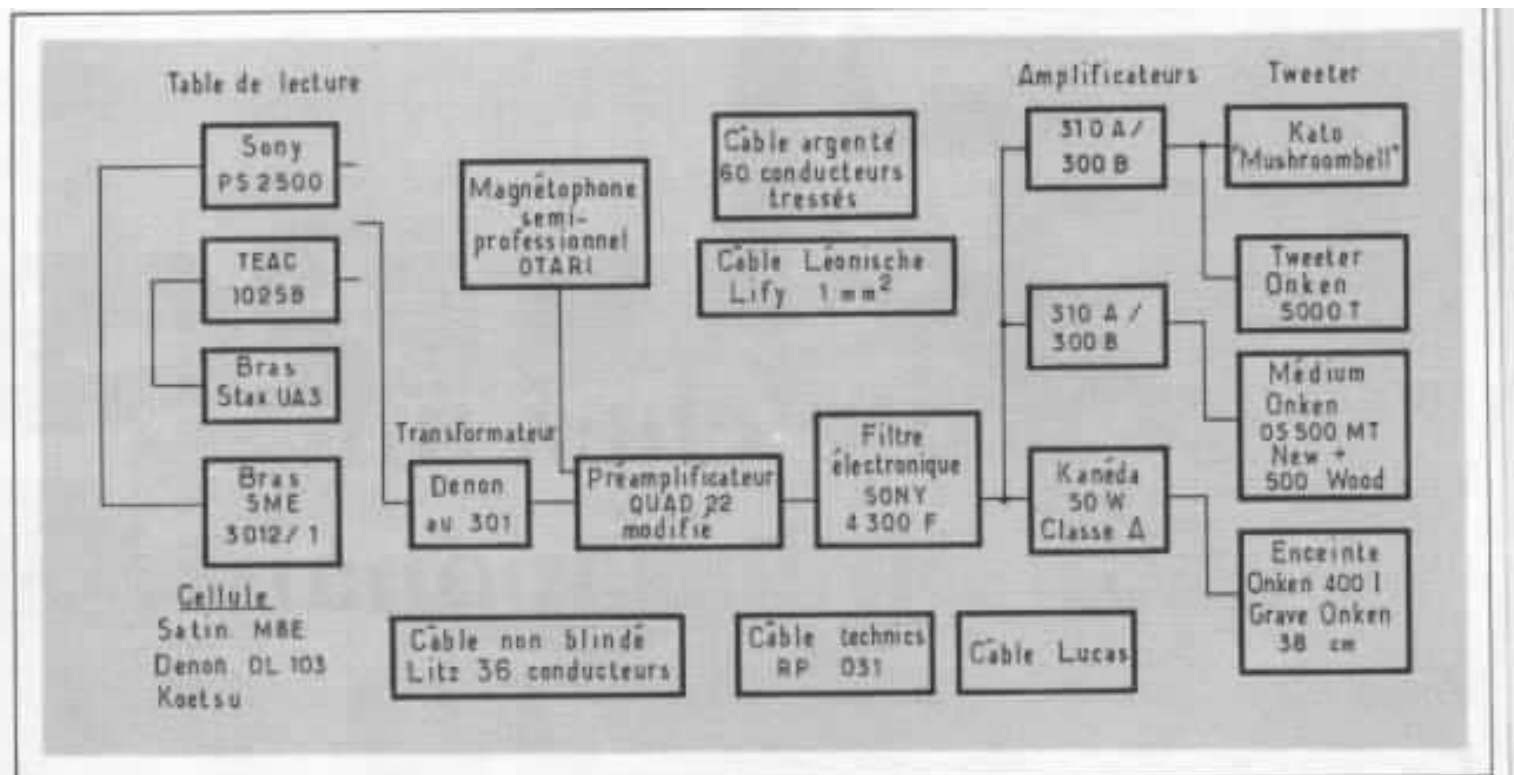


Schéma bloc de l'installation de Mr Tanaka

sionné de musique classique, en particulier de l'orchestre Philharmonique de Vienne. Pour en avoir le «cœur net» ou plus exactement «l'oreille nette», il a été jusqu'à se déplacer à Vienne pour écouter, comparer, tenter d'interpréter le genre de coloration apporté par le disque.

Mais passons plutôt à ce qui intéresse le lecteur : de quoi se compose sa chaîne. Beaucoup plus sophistiquée au début, elle s'est trouvée simplifiée ces derniers temps et réduite à un système trois voies et amplificateurs séparés pour le grave, médium et aigu.

Avant d'entrer dans le détail, répétons qu'il s'agit d'un ensemble donnant des résultats subjectifs exceptionnels, mais obtenus après de longs et patients efforts.

La figure 1 montre la composition de la chaîne.

**Table de lecture :** C'est la classique Sony à entraînement direct et la Teac 102SB, un modèle ancien mais excellent, possédant un plateau flottant sur un coussin magnétique. Les bras de lecture utilisés sont le SME ancien modèle (préférés par Mr Tanaka aux modèles plus récents, et recherché

au Japon) et le Stax UA3, renommés pour leurs qualités.

Les phonolecteurs utilisés sont le Denon DL 103, la Koetsu (fabrication artisanale de haute qualité) et la Satin M 8E, un modèle datant de 1965. Ces cellules à bobines mobiles demandent l'utilisation d'un transformateur d'impédance et celui préféré par Mr Tanaka est le AU 301, prédécesseur des modèles AU 310 et AU 320, mais choisi pour ses qualités de définition et absence de coloration. Un point, considéré comme important par l'utilisateur est la qualité des connexions entre la cellule et le préamplificateur. Ainsi non seulement le blindage a été totalement supprimé, mais ces liaisons utilisent du fil de Litz (ici 36 brins 0,2 mm émaillés) et des connecteurs américains «Winchester». Ces connecteurs remplaçant les prises Cinch sont caractérisés par une taille réduite mais une isolation et une capacité énorme : 1500 V, 7 A par contact.

Chaque connecteur possède 8 contacts, ce qui permet d'en utiliser 4 pour le + et 4 pour le -. Ces contacts sont plaqués or.

Rappelons que la firme Winchester est un fournisseur de la Nasa. De nombreux utilisateurs au Japon ont remplacé sur leurs appareils (Mark Levinson y compris) les prises Cinch classiques par ces connecteurs dont le seul défaut est le prix élevé.

Le choix pour ces connecteurs provient des résultats subjectifs ainsi que de mesures faites par Toa et Sanwa (appareils de mesures) avec des dispositifs mesurant la résistance de contact ainsi que la «bande passante» des contacts. C'est une caractéristique presque inconnue mais importante, que peut, par exemple effectuer l'appareil CT 20A et CT 30A de la maison TOA, mesurant la bande passante au niveau du contact, entre 10 Hz et 300 MHz. Sans l'aide de ces appareils, les différences étaient d'ailleurs audibles. Pour la même raison, Mr Tanaka a préféré effectuer des soudures au lieu d'utiliser les broches enfichables, entre le porte cellule et la cellule, avec également des fils de Litz (30 fils isolés de  $\varnothing$  20 microns).

Les fils de liaison à l'intérieur du bras ont été remplacés par des



fil d'argent pur (dont le prix n'est pas aussi élevé qu'on peut le supposer), modifications considérées à l'époque (1973) comme l'oeuvre d'un «dérangé», mais suivies actuellement par Grace, Sony, et d'autres fabricants de bras.

**Préamplificateur :** C'est le «vulgaire» Quad 22 mais qui a été modifié en plusieurs points, en partie en remplaçant pratiquement tous les condensateurs. Les prises Cynch ont été également remplacées par des prises Winchester, en laissant toutefois quelques-unes d'entre elles reliées en parallèle pour une compatibilité souhaitée. Le tube d'entrée a été remplacé par le Téléfunken EF 86 et le tube de sortie par le Téléfunken ECC 83. Il a été noté des différences audibles importantes en changeant la marque de ces tubes.

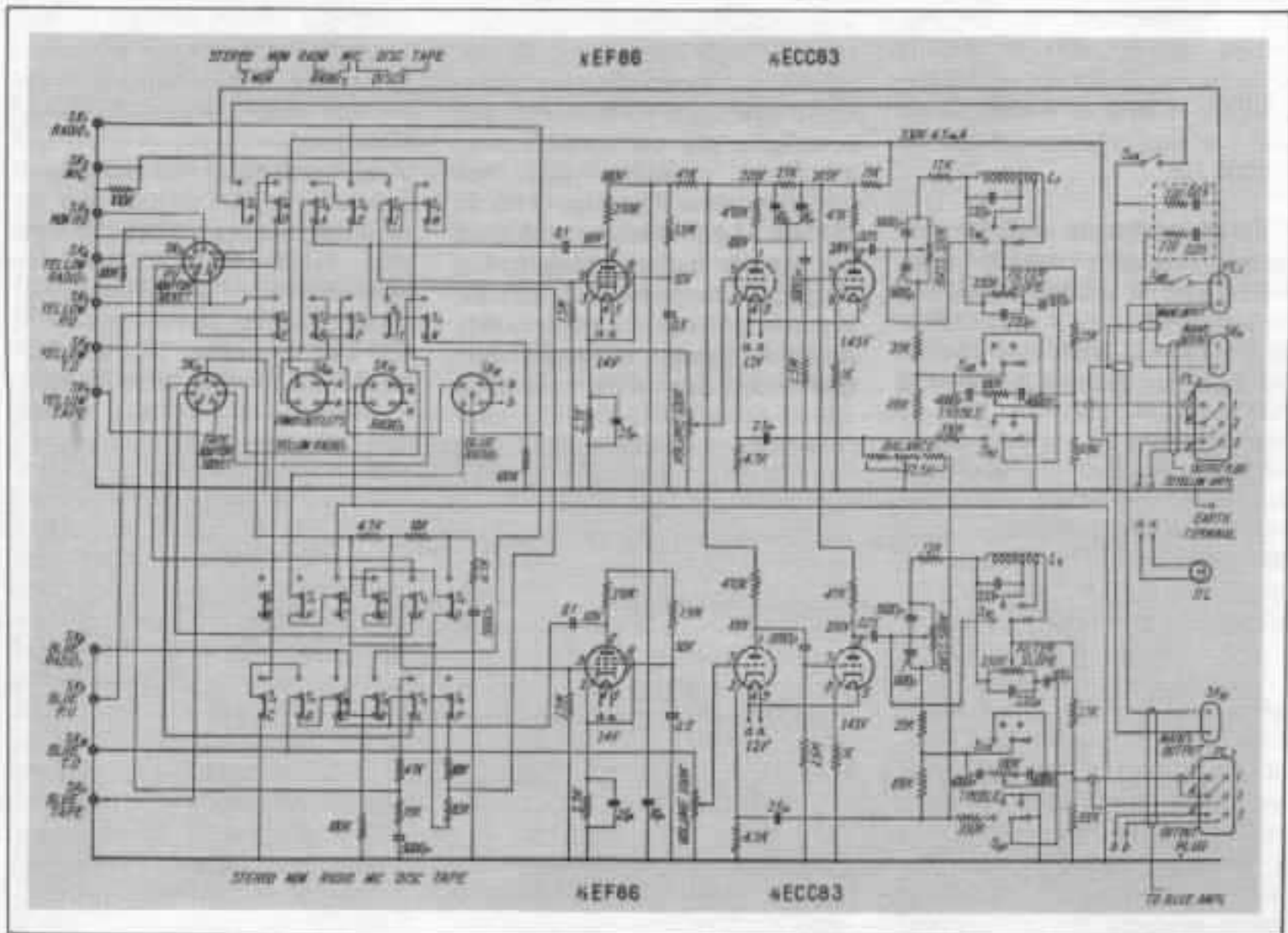
Sur les schémas du Quad 22 un condensateur ne figure pas : celui coupant le courant continu pouvant provenir des entrées auxiliaires. Ce condensateur, de valeur 0,1 uF a été supprimé. Celui-ci est inséré entre le potentiomètre de 500 kOhms et le sélecteur à touches. Un seul condensateur n'a pas été remplacé : celui reliant les deux derniers étages (tube ECC 83), de valeur 5000 pF qui était au Polystyrol de bonne qualité.

Ces quelques simples modifications apportent une réduction importante de la distorsion et une grande transparence sonore. Une autre qualité du Quad 22 ainsi transformé est de procurer une ambiance musicale et un effet de profondeur enviable.

Comparé à de nombreux préamplificateurs, à tubes et transistors, récents et anciens ce Quad

22 se défendait très bien. Un seul défaut difficile à surmonter est un non respect de la courbe RIAA aux fréquences très basses, soit entre 20 et 60 Hz, mais qui peut, heureusement, dans le cas présent être rattrapé par le filtre électronique qui suit.

Ce filtre électronique est le Sony 4300F sur lequel la plupart des condensateurs ont été remplacés. Ceux dont le remplacement est fortement conseillé sont 6 condensateurs de 3,3  $\mu$ F (électrochimiques) qu'il faut remplacer par des condensateurs au mylar métallisé de qualité, ou encore par des condensateurs au polycarbonate (les modèles Siemens sont recommandés), non polarisés. Ces condensateurs se trouvent dans le circuit d'amplification de sortie de la *voie grave*. Le condensateur d'entrée (0,33  $\mu$ F) est également à



Quad 22 modifié par Mr Tanaka

remplacer par un condensateur ITT/PMT de même valeur.

Ces simples modifications se traduiront par un son grave beaucoup moins coloré et plus naturel, et une distorsion réduite. Mr Tanaka a aussi ajouté, en parallèle, sur le dos du circuit imprimé des fils en argent, pour réduire la résistance de certains circuits trop fins (certains de largeur 0,5 mm). Cette modification a demandé environ 3 heures, en travaillant lentement.

Ainsi modifié ce filtre électronique est excellent et encore supérieur à de nombreuses réalisations. Ajoutons que le circuit est totalement push-pull, depuis l'entrée à la sortie ce qui est très avantageux du point de vue alimentation (moins d'appel transitoire de courant). Ce filtre est de type 18 dB et peut être réglé pour des croisements à 150 Hz, 250 Hz, 400 Hz, 600 Hz, 800 Hz et 1,5 kHz, 2,5 kHz, 3,5 kHz, 4,5 kHz, 6 kHz et 8 kHz. Il est utilisé ici aux croisements 600 Hz et 8000 Hz.

Ce filtre attaque trois amplificateurs, détaillés comme suit : Voie grave : C'est le fameux amplificateur Kanéda, une réalisation artisanale mais qui connaît au Japon un énorme succès. Cet

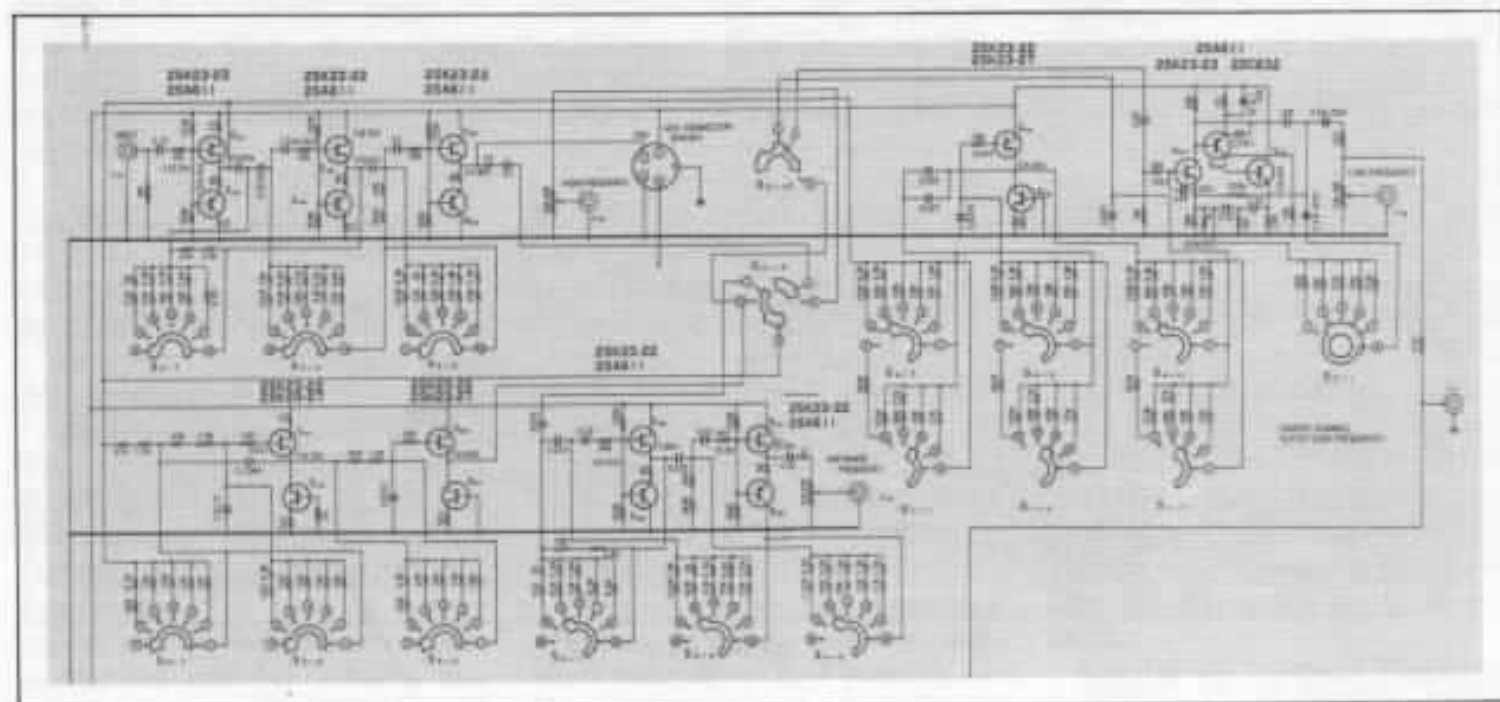
amplificateur, travaillant en classe A et qui mérite d'être détaillé prochainement est de puissance 50 watts par canal. Ajoutons que 70% du circuit est celui de l'alimentation dont la vitesse de régulation est ultra rapide, même pour une intensité de 20 A. Après de nombreux essais et comparaisons, Mr Tanaka l'a préféré, du moins dans le grave, à cause d'une définition pratiquement introuvable ailleurs, accompagnée de nombreuses autres qualités musicales : Dynamique, fermeté des graves, effet de profondeur. Malgré des radiateurs énormes, on peut noter un dégagement de chaleur, difficile à supporter l'été, mais malheureusement insuffisant l'hiver.

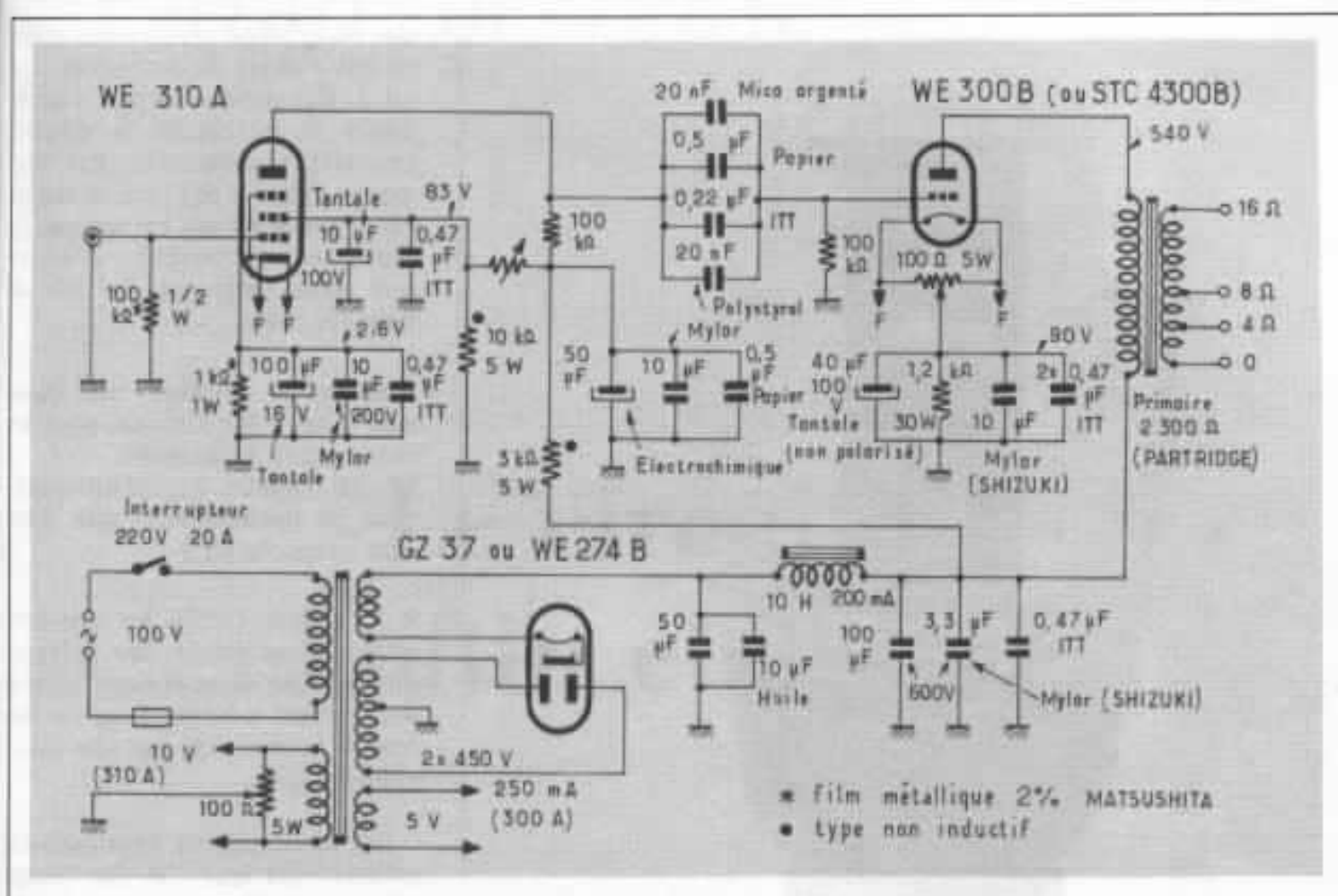
La voie médium et aigu utilise des amplificateurs à tubes, sortie simple étage avec tube 300B. La voie médium utilise le transformateur de sortie Partridge et la voie aiguë un transformateur Lux. Cette voie aiguë a été récemment remplacée par un amplificateur au circuit identique mais avec transformateur Partridge et fils de câblage «Léonische» en argent pur soudés à l'arc. Malgré une simplicité exemplaire du circuit, une sélection rigoureuse des composants permet d'obtenir une qualité de l'aigu rarissime et diffi-

cilement imitable.

Contentons-nous ici de donner le schéma avec les composants utilisés. Un point curieux à noter ici est de se demander la raison pour laquelle ce maniaque de très haute fidélité reste encore un adepte des redresseurs à vide (valves) au lieu d'utiliser les redresseurs au silicium courant. La raison est simple : la différence à l'écoute. A cet effet il possède un bouchon de même brochage que les valves, mais contenant des diodes silicium : on ressent en passant sur celles-ci une dureté de l'aigu disparaissant sur certaines valves, comme la GZ 37 (frère aîné de la GZ 34) ou la 274B américaine. On pourrait expliquer ce fait par une sinusoïde redressée *plus pure* avec la valve qu'avec la diode silicium (caractéristique de redressement changeant brutalement aux faibles voltages et provoquant des «clics» de fréquence très élevée, impossibles à atténuer par des condensateurs de filtrage classiques).

Ajoutons que ces différences ressenties jouent encore plus sur un amplificateur à transistor vu le plus faible rapport résistance équivalente de l'amplificateur/résistance interne de l'alimentation. Car il ne va pas sans dire que l'alimentation joue sur 50% du résul-





Amplificateur à tubes utilisé sur la voie médium et aigue

tat subjectif final.

Les haut-parleurs sont :

**Grave :** Onken, en enceinte 400 litres, avec filtres passe bas latéraux. Noter que les parois, d'épaisseur 25 mm sont faites de feuilles courbées et pressées à chaud de façon à maintenir une tension interne rendant l'ensemble encore plus rigide. Le haut-parleur de grave est de 38 cm, haut rendement.

**Médium :** Il s'agit du Onken OS 500MT New, de rendement exceptionnel (103 dB/m/W.) et possédant de nombreuses qualités (voir Revue du Son N° 275). Le pavillon utilisé est le 500 Wood, en bois sablé intérieurement. La fréquence de coupure de ce pavillon est de 300 Hz et on peut l'utiliser vers 600 Hz pour un raccordement optimum.

**Aigu :** Ce médium est repris à 8000 Hz par deux tweeters, reliés en parallèle, dont l'origine sont : Onken OS 5000T

Kato Mushroombell.

Bien que ce dernier tweeter soit un modèle datant de 1955, il reste encore supérieur, surtout musicalement parlant et du point de vue *définition*, à de nombreux tweeters. Il est très recherché au Japon, et ne se vend à pas moins de 250.000 Yens, soit F.F. 4.400 pièce. Son réalisateur, Mr Kato, spécialiste de mécanique de précision l'a d'autre part rendu indémonable, et réparable que par lui-même. Si Mr Tanaka ne se sert pas de tuner, il possède de nombreux disques et bandes originales qu'il passe sur un magnétophone Otari qu'il a, bien sûr, également modifié.

Comme on le voit, malgré le résultat obtenu, Mr Tanaka sait rester modeste et n'est jamais satisfait. Ses très nombreux amis, amateurs, fabricants connus, vont souvent le voir, lui appor-

tant parfois un nouvel appareil avec foi absolue de supériorité. Chose incroyable, la plus grande majorité se trouve dans l'obligation de considérer comme très supérieurs les éléments de la chaîne de Mr Tanaka. S'il s'agissait d'une question de goût personnel des auditeurs présents, ce serait une autre question. Mais comment renier le fait que l'on entend distinctement de nombreux *détails sonores*, du grave à l'aigu restant parfois totalement absents sur d'autres appareils ?

Ici, encore un point commun à toutes les bonnes chaînes : le fait que, même sur un disque usé le bruit de surface reste très inférieur au son lui-même, au fait que le bruit de surface reste *séparé* sans «salir» le son même et se trouve réparti avec égalité sur tout le spectre sonore au point de rester «inaudible» ou plutôt insensible à l'oreille.

Un seul point faible : l'acousti-



*Tube anglais STC 4300B*



*Réalisation d'un amateur japonais.*

que de la pièce, qui n'a pas encore fait l'objet de retouches, qui est de dimensions un peu trop réduites et qui limite la qualité, pourtant remarquable, des sons graves. Mais croire que le cas de Mr Tanaka est un cas unique au Japon est une erreur : C'est ce que nous tenterons de prouver dans ces pages.

Avant de terminer, une question faites à Mr Tanaka, pour les lecteurs de l'Audiophile.

Q - Mr Tanaka, à quoi attribuez-vous les performances que donnent votre chaîne ?

R - J'ai vite oublié les «performances» au profit des défauts, que je tente de supprimer petit à petit. C'est pourquoi, je ne me ressens jamais vexé par une mauvaise critique.

Sur de nombreux haut-parleurs utilisés ceux que j'ai finalement choisis me donnent le maximum de satisfaction, surtout sur le point définition et l'impression, peut-être quelque peu exagérée, d'avoir la sensation de posséder des enceintes qui «comprennent» le message sonore à transmettre.

Les autres détails qui m'ont apporté beaucoup d'amélioration sont les câbles de liaison, soigneusement sélectionnés, l'élimination de la distorsion provoquée par la plupart des contacts entre mailons (surtout les prises Cinch) et les condensateurs qui bien sélectionnés apportent des améliorations parfois surprenantes. Je possède par exemple, un préampli Quad 22 de rechange, mais non retouché qui permet de confirmer que je ne «tourne pas en rond». Mais j'ai toujours remarqué une illusion : une dite amélioration est toujours ressentie sur l'instant comme un progrès à pas de géant, alors qu'il s'agit de pas... de tortue. Mais l'important est de toujours vouloir aller en avant.

# - Le circuit de Loftin et White

*Jean Hiraga*

## AMPLIFICATEUR LOFTIN-WHITE

*Si la plupart des jeunes connaissent, en matière de circuit amplificateur à tubes, les circuits Williamson, Mullard, Olson, moins d'entre eux connaissent certainement le circuit Loftin White. Ici, ce circuit va être brièvement décrit, ainsi que son histoire.*

### **Le Circuit Loftin-White**

Il nous faut remonter à une époque aussi éloignée que 1929 pour retrouver dans les pages de la revue américaine Radio News un article sensationnel sur un nouveau schéma de circuit amplificateur de basse fréquence de hautes performances. Il fit autant d'effet qu'un précédent article paru dans le Wireless World vers 1916 sur un amplificateur remplaçant le classique transformateur inter-étages par un couplage R-C, à la fois économique et supérieur.

Cet article, rédigé par Loftin et White, démontrait qu'il était désormais possible de remplacer les 3 ou 4 étages d'un amplificateur par un système à deux étages dont le premier à grand gain. Mais l'originalité consistait en un mode de liaison inter étages encore inconnu à l'époque : la liaison directe. Tout amateur connaît les problèmes qui s'en suivent : alimentations complexes et «superposées», utilisation de transformateurs à plusieurs secondaires. Mais ici, Loftin et White avaient

résolu le problème, comme on le voit sur la figure 1. On peut y noter la simplicité du circuit amplificateur réduit pratiquement à trois résistances, dont une à sorties multiples, le «cœur» du circuit, et qui permettait ainsi de distribuer six tensions différentes nécessaires au circuit : plaques, écran, grilles. Le calcul de la résistance à sorties multiples n'était pas simple mais il était largement récompensé par un effet régulateur de tension dû aux variations opposées de courant dans la résistance multi-

prises, et du courant total du tube final traversant  $R_2$ ,  $R_3$  permettant une meilleure stabilité de la polarisation du tube d'entrée. De plus, l'ingéniosité du circuit ajoutait la possibilité d'annuler le bruit de fond par réglage de  $R_3$ , par injection, en inversion de phase du résidu alternatif sur la cathode d'entrée.

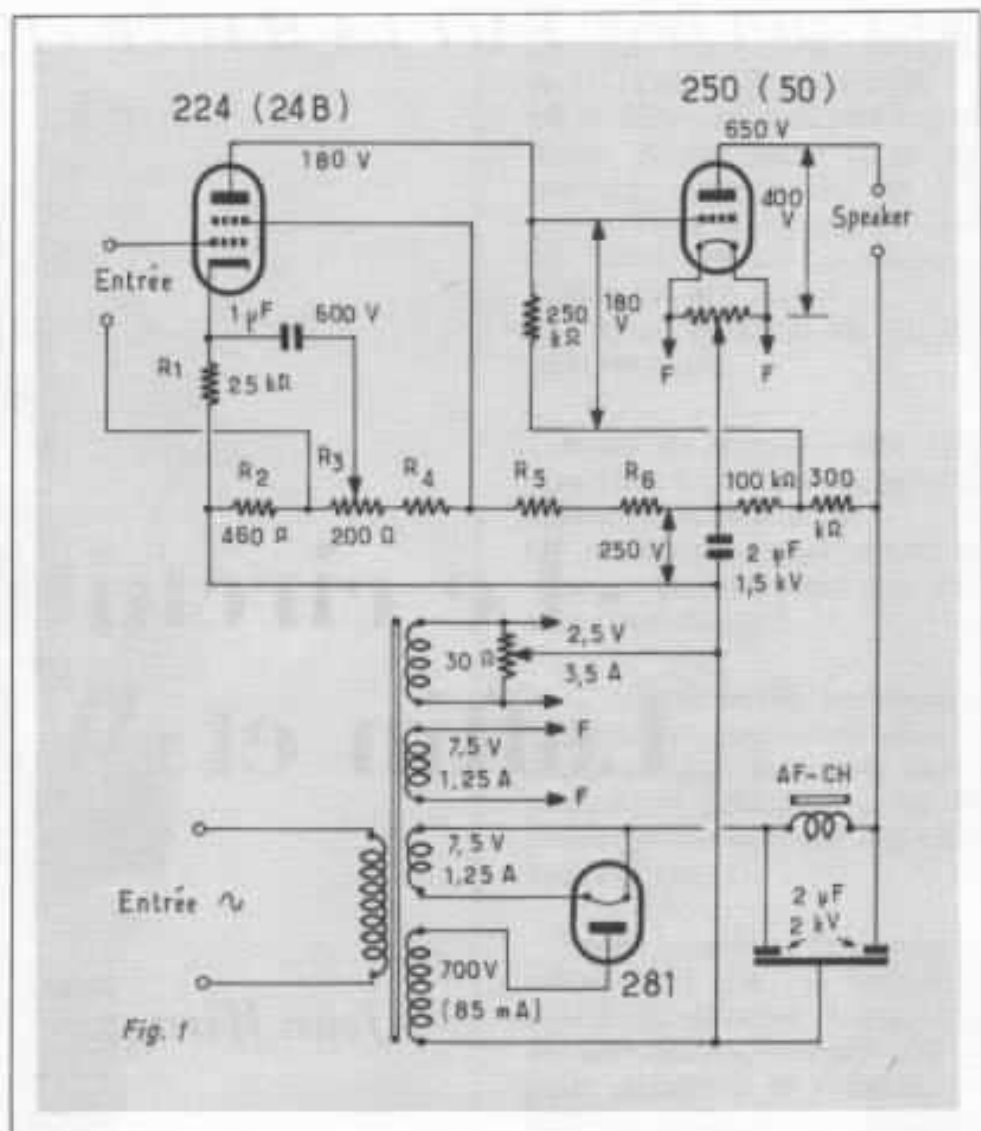
Pour l'époque, c'était le meilleur des amplificateurs et il connut un succès mérité. Avec les tubes RCA 224 et 250 (ancêtres des tubes 24 et 50), il avait un gain de 51 dB et une bande passante, dans une tolérance de 0,5 dB, comprise entre 50 et 10 000 Hz.

Vers 1936, le circuit fut repris intégralement par une petite fabrique japonaise de transformateurs, la maison Kinsuido, sur un modèle de référence Lux-66 1 A (Fig. 2). Il obtint également un grand succès et participa à la prospérité de cette maison, dont le nom actuel est Luxman.

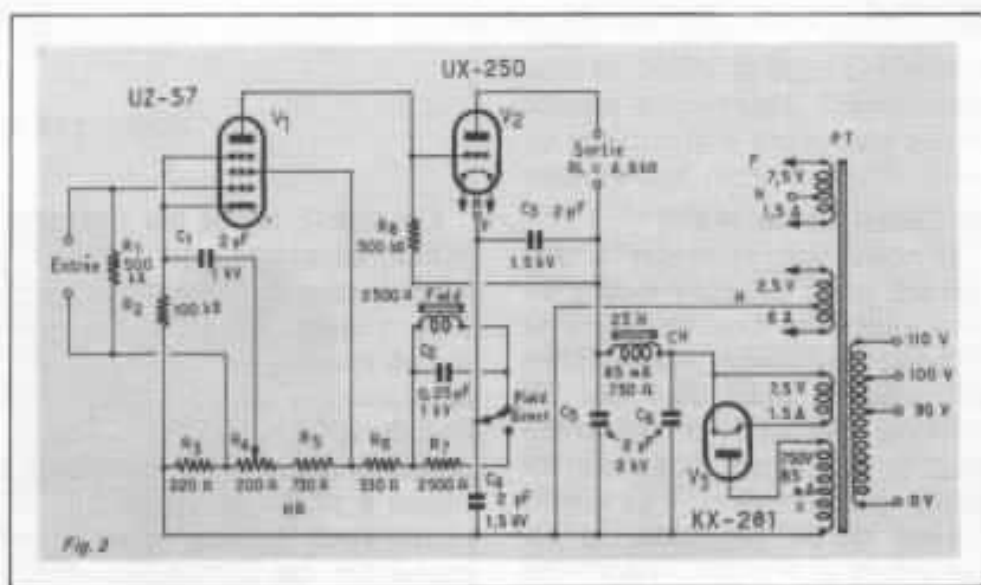
Plusieurs versions de ce circuit, utilisent, soit une pentode en entrée, soit une triode, soit encore deux pentodes (voir figure 3).

Il existe cependant actuellement de très bonnes triodes de mu élevé et à faible bruit qui permettent une utilisation générale de triodes.

Si, à l'époque, la plupart des composants limitait fortement les performances, il a été noté ces dernières années, au Japon particulièrement, que la reprise de ce circuit, mais cette fois avec des composants actifs et passifs de la plus haute qualité donnaient accès à une qualité résultante remarquable et digne des meilleurs amplificateurs de haute fidélité. Le seul défaut ne semble être que la puissance de sortie limitée, dépendant du tube de sortie utilisé, soit donc de 2 à 6 watts. Mais rappelons que cette puissance est suffisante si les haut-parleurs utilisés sont de rendement élevé. 6 watts étaient suffisants en 1935, pour sonoriser une salle de spectacle de 1000 personnes, car à cette épo-



*Circuit original LOFTIN WHITE*



*Circuit LOFTIN WHITE utilisé sur l'amplificateur LUX 66 1 A*

que quelques haut-parleurs américains avaient déjà un rendement de 105 dB par W/m.

Le circuit présenté ici, permet d'atteindre cette puissance avec le minimum de distorsion audible et ceci sans aucune contre réaction de courant ou de tension. Sa bande passante est comprise entre 20 et 20000 Hz à -1,5 dB, ce qui est difficile à obtenir, répétons-le, sans aucune contre-réaction. En effet, de nombreux et récents amplificateurs opérationnels sous forme de circuit intégré ne donnent, dans les mêmes conditions qu'une bande passante limitée dans l'aigu à quelques 10000 Hz.

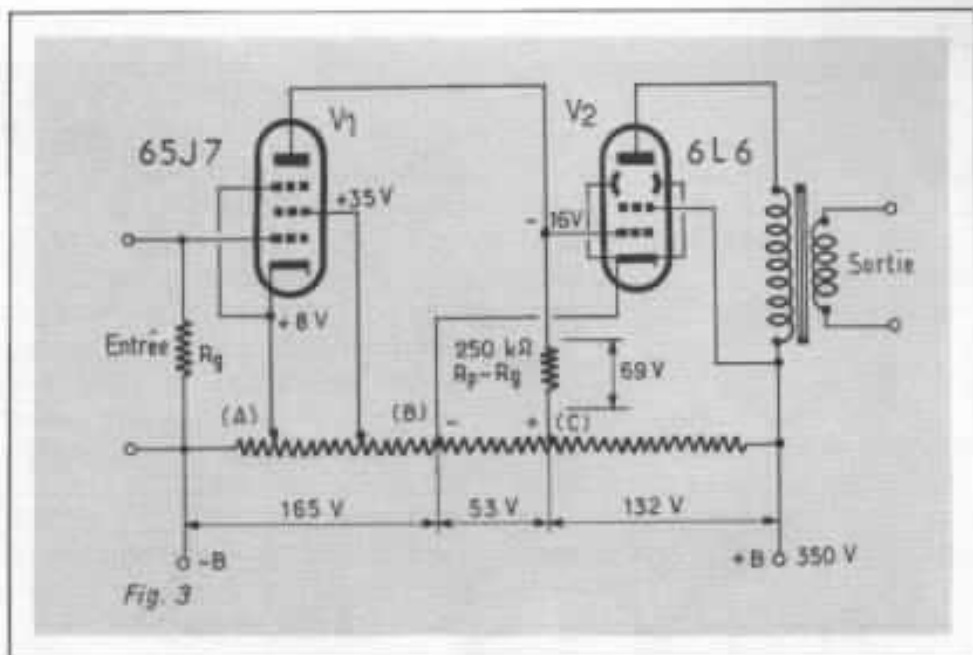
Si, objectivement le taux de distorsion à niveau d'écoute moyen reste légèrement en dessous de 1%, il devient subjectivement totalement inaudible si les composants prescrits sont utilisés.

### Le circuit proposé

Deux versions sont proposées, n° 1 et n° 2 ne différant que par le circuit d'alimentation. Le second circuit a l'avantage de permettre une réduction notable de la résistance interne de celle-ci.

De grande simplicité il est composé de deux tubes triodes dont le premier à grand gain, et reliés en continu. Chacun de ces tubes est polarisé automatiquement. Le découplage des résistances de polarisation insérées entre les cathodes et la masse utilise plusieurs condensateurs reliés en parallèle, de haute qualité, dont le but est d'améliorer le courant de décharge aux fréquences très élevées ainsi que l'impédance à ces fréquences.

Le graphique montre la raison d'une telle utilisation. Il en résulte une amélioration très nette du point de vue distorsion, réponse transitoire. Ces précautions sont répétées pour l'alimentation et ces points non respectés, tout comme ceux concernant la qualité des composants ne permettront que d'obtenir un amplificateur de qualité passable.



Circuit LOFTIN WHITE utilisant deux pentodes

### Transformateur de sortie.

C'est un des points les plus importants du circuit. De type à simple étage, il ne possède qu'un seul enroulement primaire et un circuit magnétique avec entrefer pour éviter le passage du courant continu dans les tôles. Cet entrefer est d'un réglage très délicat et un bon transformateur à simple étage est caractérisé par une courbe de réponse très large et peu accidentée aux fréquences ultra sonores. Parfois on doit noter plusieurs résonances entre 20 et 100 kHz, ainsi que des rotations de phase gênantes.

Seules, quelques maisons, principalement au Japon, continuent à fabriquer ce genre de transformateur. Tous de présentation impeccable, rappelant parfois Mac Intosh, sont surdimensionnés, et pour une puissance maximum de 6 à 15 watts, sont en réalité des modèles de puissance comprise entre 30 et 150 watts. La raison principale de ce surdimensionnement est surtout une question de distorsion et de bande passante dans le grave à pleine puissance. Certains sont la somme de recherches fastidieuses, objectives comme subjectives. Malgré un seul primaire et un seul secondai-

re, quelques transformateurs de prix vont jusqu'à monter ceux-ci en 26 enroulements, en sandwich, pour réduire les pertes primaire/secondaire à quelques 0,26 dB ce qui est exceptionnel.

Ces maisons sont :

USA

UTC, Peerless (division de Altec)

Japon

Tango Seisaku

Luxman

Tamura Transformers

Sansui Transformers

Maric Trabsformers

Kanno Seisaku

Grande Bretagne

Partridge Transformers.

France

Ets Hatte (anciennement Supersonic)

Millerioux

Il existe également au Japon plusieurs maisons fabriquant des composants pour de tels amplificateurs, chassis de haute qualité, supports stéatite pour tubes avec broches dorées, condensateurs spéciaux, potentiomètres spéciaux.

### Tubes

Le tube d'entrée, choisi ici est le tube Ultron E 83CC, équiva-

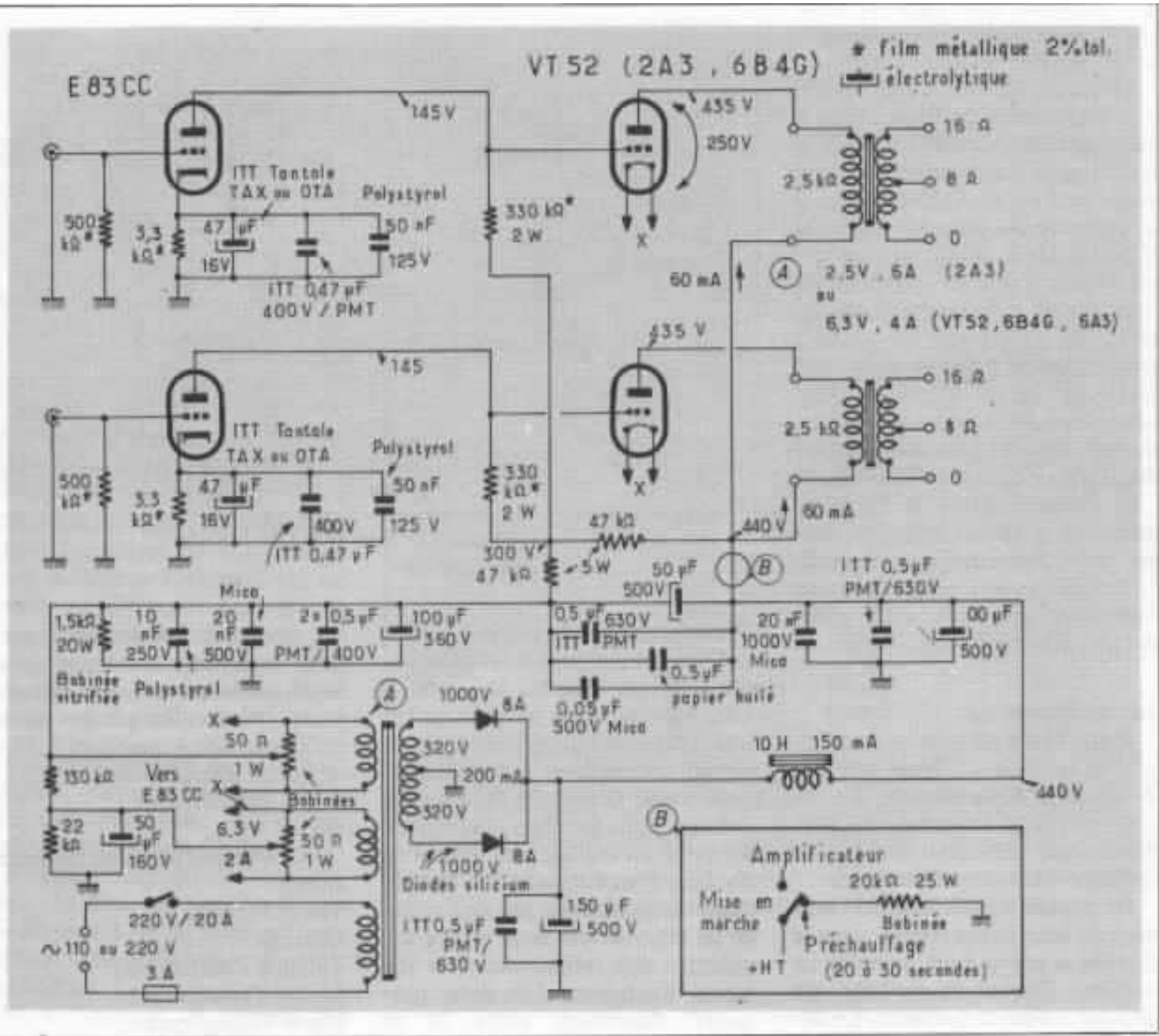


Schéma amélioré, circuit n° 1

lent du tube courant ECC 83, mais en série sécurité professionnelle. L'avantage du tube E 83CC Ultrion est un niveau de souffle très faible et une musicalité remarquable. Certaines séries Telefunken ECC 803S sont de qualité très proche. Ce tube possède, pour un parfait contact, des broches plaquées or.

Le tube de sortie, doit être de préférence le tube VT 52, en raison de sa grande linéarité, comme le montre la photo prise sur un traceur de courbe Tektronix type 570. Très peu de triodes à chauffage direct possèdent une aussi grande linéarité, même certaines

triodes récentes. Souvent, la cathode, au pouvoir émissif «trop bon» provoque, soit une courbure générale des caractéristiques de plaque, soit des courbes se couchant rapidement près du «cut-off». Ceci provoque une augmentation audible de la distorsion par harmoniques impaires.

Le tube VT 52, fabriqué jusque vers 1955 aux USA, par Western Electric et Hytron, se trouve encore sans trop de difficultés. Un point important, pour tous les tubes triodes anciens est de s'en procurer non seulement un *neuf*, mais un tube fonctionnant *parfaitement*, avec vide *poussé*. Vu

l'année de fabrication, sur 100 tubes neufs, le pourcentage de tubes défectueux ou non utilisables est de l'ordre de 15%.

On peut remplacer ce tube par le tube 2A3, 6B4G, 6A3 en tenant compte de leur tension de chauffage filament différente :

VT 52 : 6,3 V, 1 A (support 4 broches américain)

6A3, 6B4G, 6,3 V, 1 A (Support 8 broches américain pour 6B4G)

2A3, 2A3W : 2,5 V, 2,5 A (Support 4 broches américain)

R 120 (fabriqué en France vers 1940) : 6,3 V, 1,45 A

La dissipation plaque pour ces tubes est de 15-watts, avec quel-



ques tolérances pour certains tubes, en particulier le tube Hytron VT 52 qui peut accepter 18 watts. La durée de vie pour ces tubes, variable, dépendant surtout de l'utilisation et de l'origine du tube, est comprise entre 2000 et 5000 heures, ce qui est acceptable. Mais il est toujours préférable de se procurer en une seule fois plusieurs tubes de rechange.

Ajoutons que ces tubes ont de légères dispersions de caractéristiques, demandant un réglage de la polarisation. Ces tubes, robustes, peuvent accepter plusieurs secondes un léger rougissement de la plaque (courant plaque trop éle-

vé) sans danger, ce qui n'est pas le cas des transistors.

### Chauffage filament.

Pour le tube final, à chauffage direct, recommandons le *chauffage par courant alternatif*, pour éviter un problème : Si le tube était chauffé en continu, il se produirait aux extrémités du filament des tensions opposées, provoquant une variation de la polarisation à certains points de la grille. Ceci se traduit par une déformation des courbes et équivalent à une grille peu parallèle à l'ensemble plaque/grille/filament.

Le chauffage de ce tube en al-

ternatif pourrait faire craindre des questions de ronflement. Ceci est faux. On peut, en effet, en utilisant un câblage approprié et un potentiomètre bobiné de qualité rendre le bruit de fond général pratiquement inaudible, soit de l'ordre de 0,5 mV, vu du secondaire du transformateur de sortie.

### Amplificateur Loftin White : Un préchauffage indispensable ?

Les lecteurs se doutaient certainement de cette question. Si, pour le premier étage, il y a peu de problèmes, la mise en marche immédiate, sans tenir compte du «warm up time», temps nécessai-

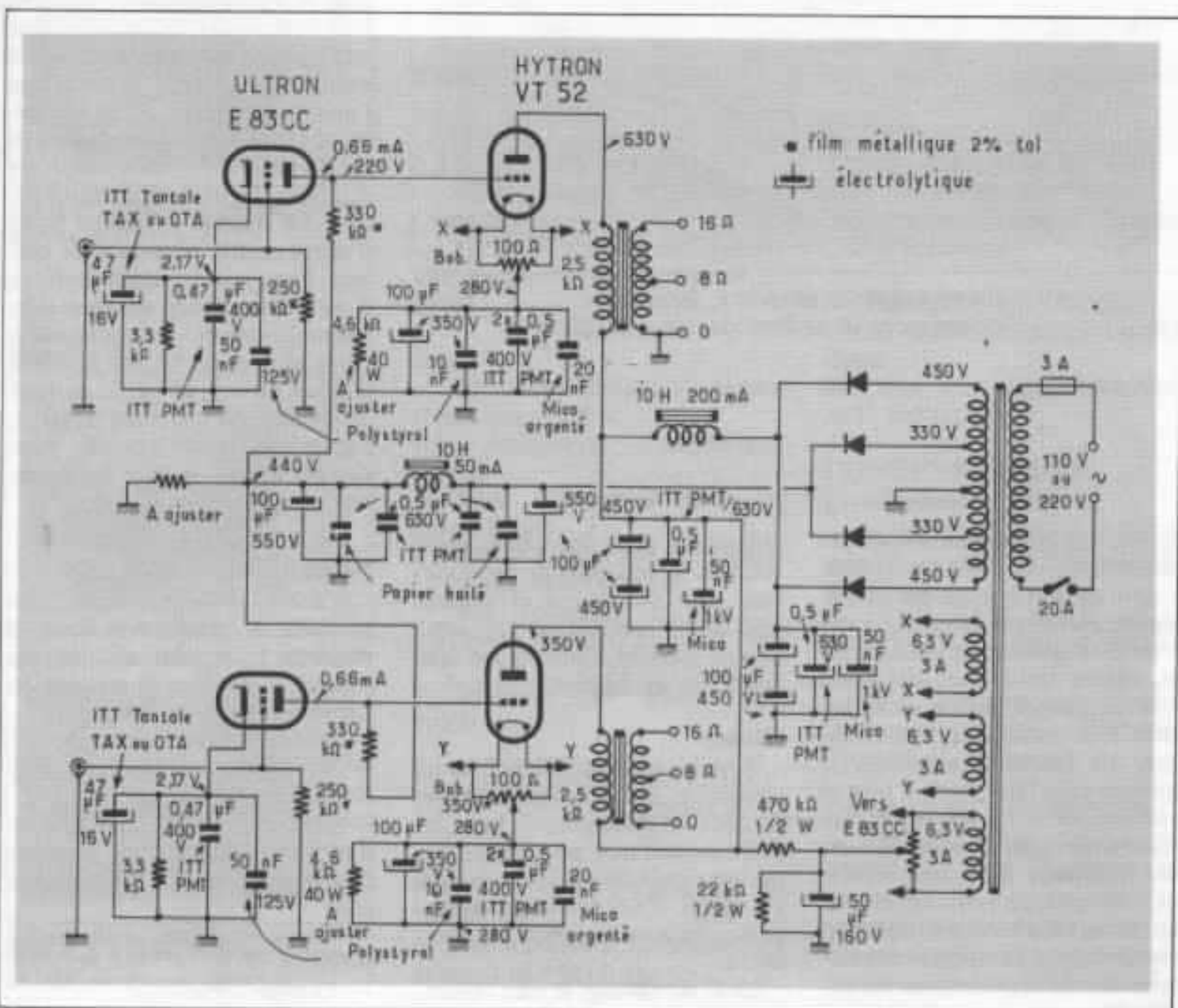
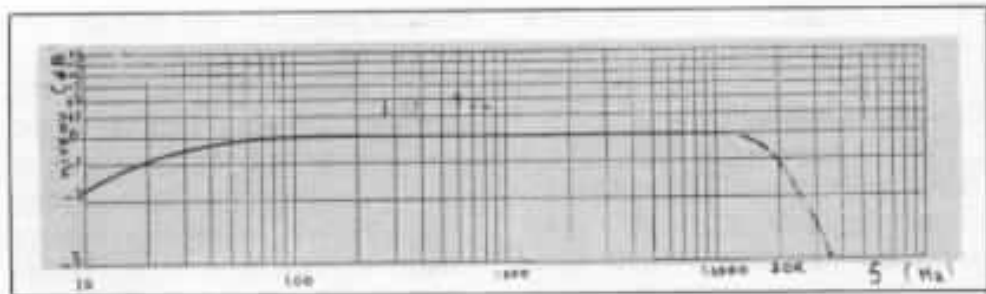
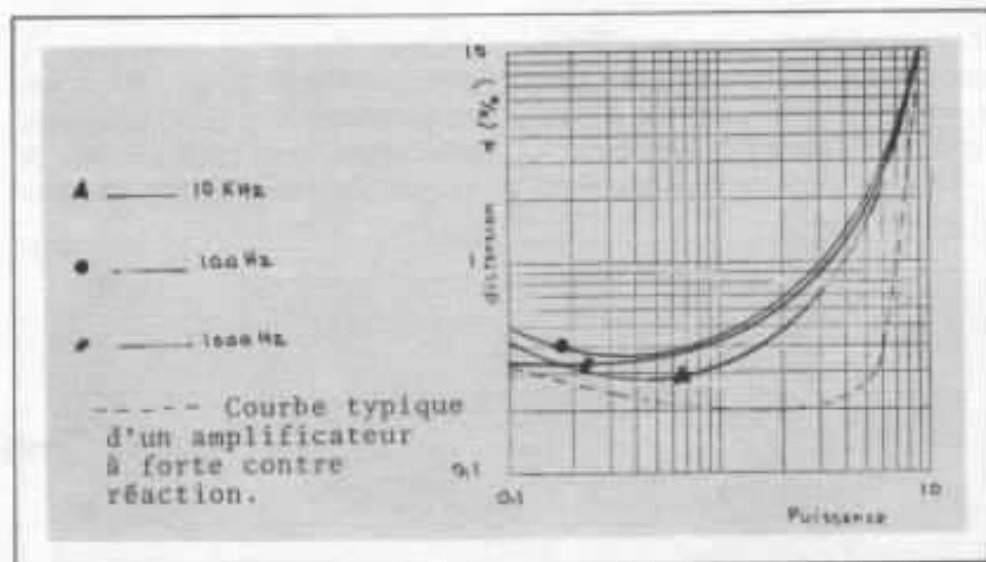


Schéma amélioré, circuit n° 2



Bande passante de l'amplificateur Loftin White



Caractéristique de distorsion. Remarquer l'augmentation de la distorsion en pente douce

re pour que le filament atteigne sa température de fonctionnement, le tube de sortie serait momentanément fortement surchargé : dès la mise en marche, le premier tube, encore froid, avec débit nul aura sa plaque portée pratiquement à la tension de l'alimentation. La liaison directe avec la grille du tube final portera celle-ci à une valeur très positive par rapport au filament. Il va en résulter une surcharge de courte durée, mais dangereuse pour le tube final. Dans tous les cas l'amplificateur doit donc comporter une mise en marche séparée pour les circuits filaments *avant* d'appliquer la haute tension. Le moyen le plus simple consiste à introduire un in-

terrupteur dans le circuit haute tension. 30 secondes de préchauffage sont suffisantes et prolongent la vie des tubes. Un autre moyen consiste à utiliser un relai temporisé qui est encore plus sûr.

### Câblage

Il est recommandé d'utiliser un chassis de grandes dimensions et de faire un câblage aéré, pour réduire autant que possible les capacités de câblage et la diaphonie, s'il s'agit d'un montage stéréophonique avec alimentation commune.

Le fil de câblage le plus recommandé est le câble de section 1 mm<sup>2</sup> à 512 conducteurs de diamètre 0,05 mm, fabriqué en Alle-

magne par la Maison Léonische Drahtwerke (Nuremberg) Quelques maisons en Allemagne le vendent en petite quantité. C'est un câble dit de «haute définition», qui convient aussi aux liaisons haut-parleurs/amplificateurs. Ce même câble est utilisé par des firmes connues telles que Neumann ou Schöeps. C'est un des rares câbles, qui pour un prix modique possède un degré de pureté de 99,999%.

### Soudure

La soudure recommandée est la Multicore LMP, contenant 2% d'argent, fabriquée en Angleterre par Multicore. Cette soudure, bien que réservée normalement aux pièces argentées à souder, et «dopée» en argent pour éviter l'absorption par la soudure, possède, possède une température de fusion de 179°C. Elle a l'avantage d'utiliser des alliages de *haute pureté*. Le dopage en argent réduit d'autre part la résistance de contact. Pour réduire encore celle-ci, il est recommandé de bien relier *mécaniquement* les connexions entre elles et de ne pas établir le contact électrique par la seule *aide* de la soudure. Sans exagérer, l'appareil devrait pouvoir fonctionner *avant de faire les soudures*.

### Résultats subjectifs d'écoute

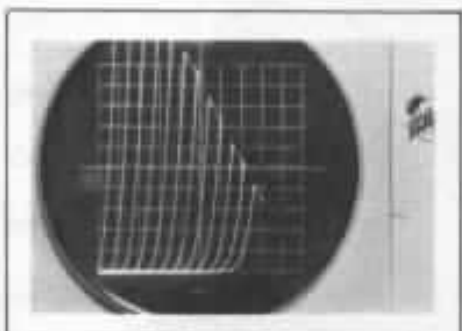
S'il ne convient qu'aux haut-parleurs de rendement élevé, la majorité à chambre de compression et à pavillon il possède les qualités subjectives suivantes.

- Musicalité exceptionnelle
- Son très aéré et restant très défini
- Distorsion subjective très réduite (peut s'écouter plusieurs heures sans trace de fatigue auditive)
- Grave «velouté» mais restant précis.
- Grande dynamique.

Pour les amateurs encore plus difficiles, on peut le recommander pour la reproduction du mé-



Tubes professionnels E 83 CC Ultron  
 et Telefunken ECC 803 S



Caractéristiques de plaque du tube  
 américain VT 52

Tube 2 A 3



Tube 6 B 4 G de la firme Ultron.  
 Le tube est encore fabriqué

dium, soit environ entre 400 et 8000 Hz où il saura se défendre en tant que «spécialiste sans failles».

Sur environ 10000 amplificateurs à tubes réalisés par les amateurs japonais actuels, insatisfaits par les appareils du commerce, on compte environ 3000 appareils utilisant le circuit Loftin-White.

Le sous-directeur d'une des plus réputées firmes japonaises de haute fidélité, dont nous préférons taire le nom, avait été interrogé sur le type d'amplificateur qu'il utilisait. Ce n'était pas un de ses derniers produits, mais un bon et vieux «Loftin-White» ...

#### Adresses :

### TRANSFORMATEURS.

#### USA

— Peerless, division de Altec, Anaheim, California.

— UTC (United Transformer Company

— TRW/UTC, Transformers, 150 Varick St New-York, N.Y. 10013

#### Japon

— TANGO Seisaku : Hirata Denki Seisaku K.K.

1-24 Nishiokyu Arakawa-Ku, Tokyo

Modèles disponibles (modèles simple étage)

FW 150 2SR (primaire 2 kOhms), 150 watts, 15-150000 Hz.

U 808 (primaire 2, 2,5, 5, 7 kOhms) 20 watts, 20-20000 Hz.

FW 50 - 3,5S (primaire 3,5 kOhms) 50 watts, 15-50000 Hz.

— Tamura Transformers LTD

1-10-3 Shinjuku, Shinjuku-Ku, 160 Tokyo

Modèles :

F 2003, (primaire 3,5 kOhms), 20-100000 Hz

F 2011 «britrite», (primaire 3,5 kOhms) 10-150000 Hz

— Luxman

Fabriqués sur commande

#### Grande Bretagne

— Partridge Transformers.

Modèle Simple Stage, 2,3 Kohms, 4 secondaires. 1-4-8-16 Ohms. Réf. TH 4663.

Adresse : Roebuck Road, Chesington, Surrey KT9 1LJ

(commande de 25 pièces minimum).

Fabrications spéciales sur commande.

#### France

— Millerioux

187-197, route de Noisy-le-Sec, Tomainville, Seine

Fabrication sur commande.

— Ets Hatte (anciennement Supersonic)

1, route de St Leu - 95 Eaubonne (Val d'Oise)

Commande spéciale uniquement.

### TUBES

Tubes 6B4G, 2A3, E 83CC.

— Ultron, Hans Burklin, Schillerstrasse 40, 8000 Munchen 2 West Germany

— Tubes VT 52, KT 88, etc.

C.E.I. Calvert Electronic International

220 East 23rd Street New-York N.Y. 10010 USA

### CONDENSATEURS

Condensateurs ITT

— TYPE PMT 400 V et 630 V; valeurs de 0,01 à 0,47 uF (film métallisé)

— TYPE TAX, OTA, valeurs 0,1 à 50 uF, tension service 50 V max.

— ITT components Group, Paignton, Devon, Yorkshire, England.

### CABLES ET SOUDURES

— Câbles Leonische Drahtwerke. Type Lify 1 mm<sup>2</sup>, disponible en 7 couleurs.

Se vend au détail (rouleaux de 100 m) chez Burklin International, Schillerstrasse 40, 8000 Munchen 2, W. Germany

— Soudure Multicore LMP



*Tube VT 52 (Western Electric)*



*Tube R 120 (La Radiotechnique)*

Se vend en France chez Film et Radio, Paris, et chez Comindus S.A., 16, rue de la Tour d'Auvergne, Paris 9ème.

#### **Quelques recommandations**

Les amplificateurs Loftin-White des figures 1 et 2, ne peuvent donner de bons résultats sans l'utilisation des composants recommandés, en particulier, dans l'ordre d'importance :

1 - Tube de sortie (de préférence VT 52 Hytron)

2 - Tube d'entrée (de préférence Ultron E 83CC)

3 - Utilisation de condensateurs hybrides, comme indiqué.

4 - Transformateur de sortie de haute qualité (Partridge, Tango)

5 - Transformateur de sortie d'impédance primaire comprise entre 2000 et 3000 Ohms. Impédance recommandée : 2300 Ohms.

6 - Utilisation de condensateurs au tantale dans les circuits de découplage cathode.

7 - Utilisation de fil de câblage 1 mm<sup>2</sup> Léonische Drahtwerke et de soudure Multicore LMP (2% argent) ceci pour des buts précis, respectivement :

1 - musicalité  
2 - Distorsion, transparence du son, distorsion aux fréquences élevées

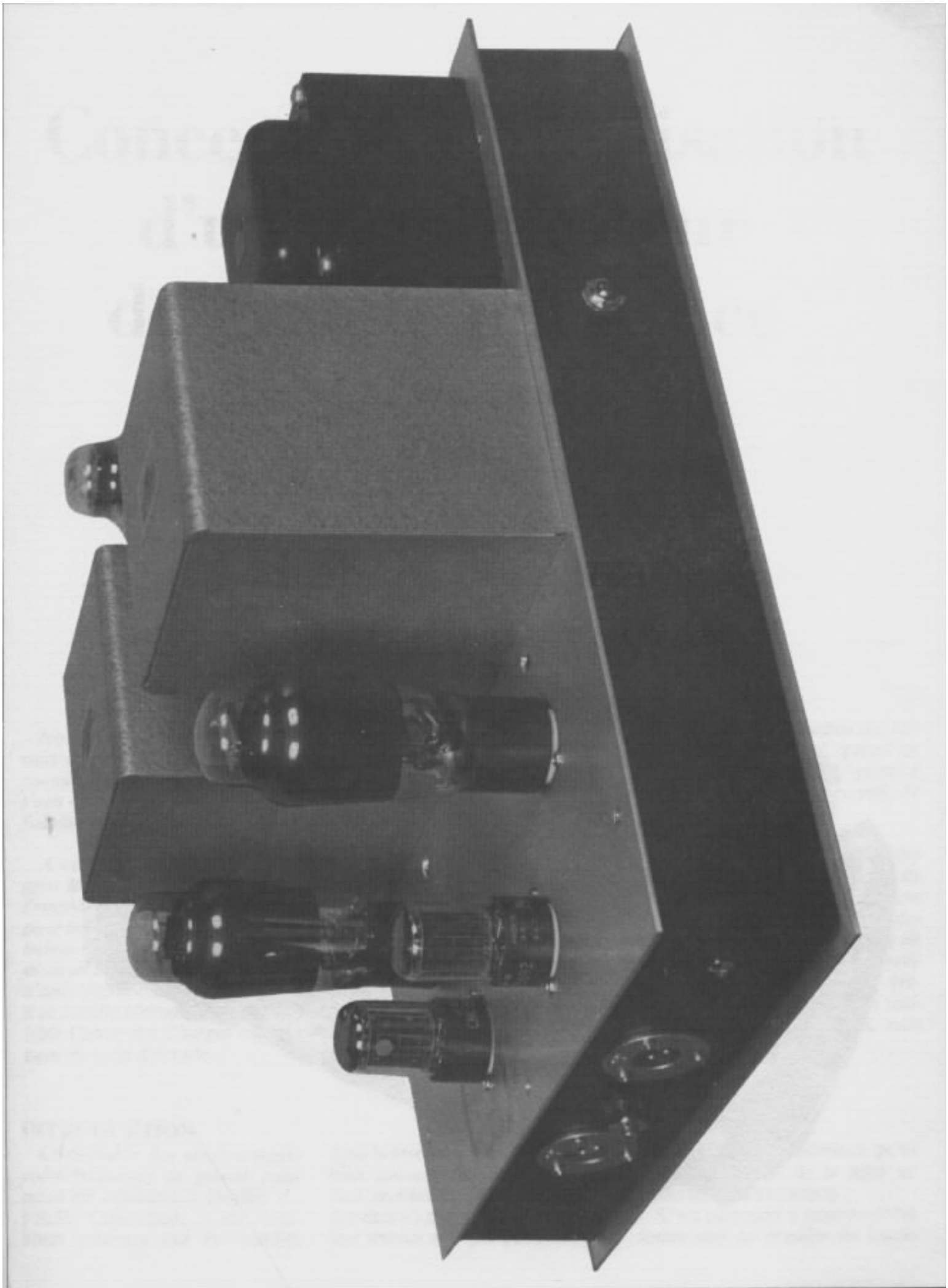
4 - Qualité générale, distorsion, définition

5 - Définition du son, transparence des sons graves.

6 - Dynamique du son, distorsion transitoire

7 - Définition, clarté du son, qualité du médium.

Noter que le choix des condensateurs recommandés joue sur au moins 30% du résultat subjectif final.



**Page non  
disponible**

# Conception et réalisation d'un amplificateur de grande puissance

*Jean Engelking*

## 1 - Cahier des charges et conception générale

*Nous mettons un point d'honneur à donner dans ces colonnes une grande importance à l'analyse des circuits électroniques, avant d'en commenter les performances chiffrées. Tâche combien difficile, quand on connaît la complexité croissante de nos amplificateurs modernes. Tâche combien hasardeuse aussi, quand il s'agit de distinguer, dans l'imbroglio des connexions, ce qui revient au souci de fonctionnalité, de sécurité, de fiabilité, voire de sacrifice pur et simple à une mode passagère.*

*A cet égard, la réalisation personnelle de M. Engelking a retenu toute notre attention, peut-être moins pour les résultats obtenus, de toute façon exemplaires, que pour la justification scrupuleuse et détaillée de l'emploi des solutions électroniques introduites au cours des cinq dernières années. Ce sera donc l'occasion pour le lecteur de disposer d'un document de synthèse digne de figurer dans les bibliothèques techniques des bureaux d'étude, mais un de ses grands mérites sera, à n'en pas douter, de rassembler ce qu'on a coutume de désigner sous le vocable de «règles de l'art», avec le privilège, à nos yeux essentiels, de replacer cette étude d'amplificateur dans le cadre plus général de la conception d'une installation exemplaire à haute fidélité. Ainsi se justifie pleinement le contenu de cette première partie qui met l'accent sur la nécessité d'établir un véritable Cahier des Charges tenant compte non seulement des caractéristiques des enceintes acoustiques, mais aussi du local d'écoute.*

### INTRODUCTION

Le domaine des amplificateurs audio-fréquence de grande puissance est maintenant familier du public. Cependant, si de nombreux schémas ont été publiés

dans la littérature technique, c'est bien souvent par des tiers, et il faut reconnaître que les auteurs des circuits ont été assez avares de leur science et n'ont guère dévoilé

les résultats de l'expérience qu'ils ont acquise lors de la mise au point de leurs montages.

C'est pourquoi il nous a semblé intéressant de détailler les étapes

de la conception d'un tel appareil, en s'appuyant sur la description d'un prototype bien concret. Ceux qui espèrent trouver ici l'exposé de solutions originales seront sans doute déçus : le schéma que nous présenterons n'est que le résultat de la compilation de la presse technique en langue française et anglaise de ces dernières années; mais nous nous efforcerons de mettre en lumière les dangers qui guettent les futurs réalisateurs de ce genre de circuits.

## LE CAHIER DES CHARGES

Un temps et un matériel précieux peuvent être économisés dans une étude d'amplificateur de grande puissance si on accepte de préparer sérieusement la rédaction d'un véritable cahier des charges. Les hypothèses que nous avons prises correspondent aux conditions d'utilisation propres à l'auteur : elles n'ont absolument pas la prétention d'être universelles. Bien au contraire, il nous paraît normal que ces hypothèses varient en fonction des goûts de l'auditeur, du local d'écoute, des reproducteurs utilisés et du type de message sonore diffusé, pour ne citer que les paramètres principaux. On devine, en particulier, qu'un amplificateur, conçu pour une application particulière, puisse être plus facilement « optimisé » qu'un modèle d'usage soi-disant général qui devra tenir compte de conditions d'utilisations supposées les plus défavorables a priori.

Le but que nous avons cherché à atteindre est le suivant : obtenir avec l'enceinte acoustique, décrite dans la référence (1) et le local d'écoute spécialement traité (2) un niveau sonore identique à celui produit par une petite formation de musique de chambre (quatuor à cordes) dans ce même local.

Voyons comment cela s'exprime de façon chiffrée :

- Niveau sonore de crête (durée : 50 ms max.) 100 dBa (1).

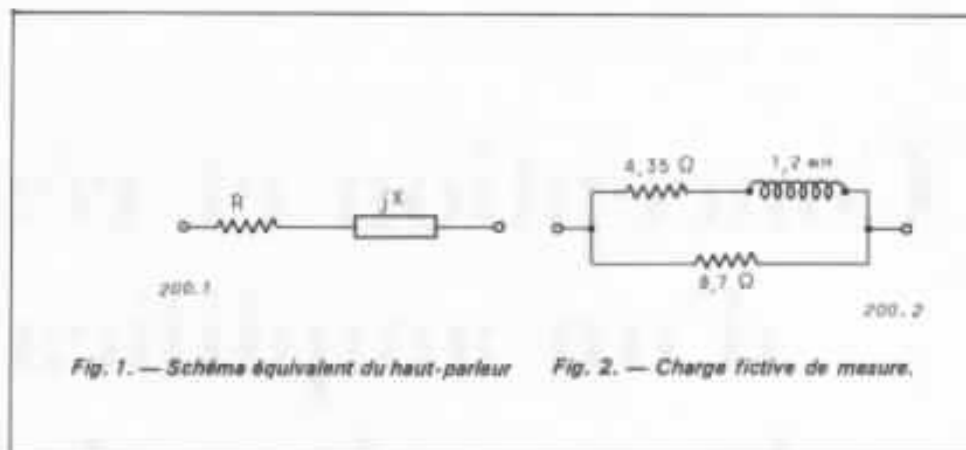


Fig. 1. — Schéma équivalent du haut-parleur

Fig. 2. — Charge fictive de mesure.

- Niveau sonore maximum (durée : 10 secondes max.) 99 dBa (1).

- Niveau sonore moyen maximum (intégré sur 10 minutes) 83 dBa (1).

Les valeurs électriques correspondantes sont :

- Tension de sortie en régime transitoire : 29 V eff.

- Tension de sortie en régime électrique permanent : 26 V eff.

- Tension de sortie moyenne maximale : 3,9 V eff. (2).

Si nous évitons soigneusement de convertir ces tensions en puissances c'est que la charge n'est pas résistive : l'impédance du haut-parleur considéré a été mesurée; elle atteint son minimum pour le courant continu (2,9 Ω). Dans la bande 0 à 30 kHz le déphasage entre courant et tension n'excède jamais 30° en valeur absolue; l'impédance peut être mise sous la forme  $Z = R + jX$  où  $R$  varie entre 2,9 et 4,4 Ω et où  $X \leq R/\sqrt{3}$ . Pour les besoins de cette étude, c'est le pire cas que nous avons retenu, c'est-à-dire avec

$$Z = (2,9 + jX) \Omega$$

$$- 1,67 \leq X \leq + 1,67$$

Notons au passage que ces conditions sont remplies pour plusieurs fréquences « discrètes » de la bande 100 à 2000 Hz (zone où est concentré l'énergie musicale) : elles ne sont rien de plus que réalistes.

Pour approcher les problèmes de dissipation thermique, il nous faut malgré tout convertir les tensions électriques précédentes en

puissances et nous considérons deux cas :

- pour les régimes de pleine puissance électrique, c'est la valeur minimum du terme résistif de l'impédance du haut-parleur que nous avons utilisée dans les calculs qui donnent alors : 290 W en régime transitoire et 233 W en régime permanent.

- pour le régime de puissance moyenne, c'est la valeur moyenne de ce terme, dans la bande 20 Hz - 20 kHz qui a été retenue (3,5 Ω) : cette puissance continue maximum est donc de 4,35 W.

Quelques remarques s'imposent dès à présent :

a) Les haut-parleurs du commerce sont généralement plus réactifs que celui dont il est question ici; c'est pourquoi certains auteurs (3), (4), (5) n'ont pas hésité à dire qu'il fallait prévoir d'alimenter des charges introduisant un déphasage de 90°. Ceci pénalise fortement les étages de sortie et peut être facilement évité : si on assimile en effet le haut-parleur au circuit de la figure 1, il suffit de le shunter par une résistance égale à 4,83 R pour que le déphasage n'excède pas 45° ou 2 R pour qu'il n'excède pas 30°; sans doute le courant à fournir par l'amplificateur sera-t-il plus élevé, mais, comme nous le verrons ultérieurement, le jeu en vaut la chandelle, car les semi-conducteurs de l'étage de sortie se trouveront alors placés dans une zone de fonctionnement bien plus sûre.

b) On pourra s'étonner d'une puissance moyenne aussi faible



que 4,35 W. Mais ceci ne représente qu'un écart de 17 dB par rapport aux fortissimi (100 dB) et correspond donc à un message musical de dynamique relativement faible. S'il se trouvait que ce rapport n'était pas atteint (cas de certaines musiques «électro-acoustiques») il serait tout à fait normal de réduire le niveau de crête dans les proportions correspondantes. Car notre propos, rappelons-le, n'est ni de concevoir un amplificateur de mesures, ni de faire de la sonorisation : seulement un appareil pour la reproduction musicale domestique.

1. Niveau de pression acoustique lu sur un sonomètre sans pondération. On rappelle que la référence 0 dBa correspond à une pression de  $2 \cdot 10^{-5}$  pascal.

2. Ce chiffre est à rapprocher d'une sensibilité de 5 V à 500 Hz pour un niveau de pression acoustique de 90 dB à 1 m mesuré avec l'enceinte décrite dans la *Revue du Son* n° 235 de novembre 1972 (Bibliographie référence (1)).

N.D.L.R. Une statistique portant sur l'ensemble des enceintes acoustiques testées par la *Revue du Son* indique une sensibilité moyenne de 3,5 V eff. pour 90 dB à 1 m dans l'axe, avec des valeurs extrêmes de 0,6 V et 10 V. Les critères retenus pour cette étude sont donc applicables à des enceintes acoustiques à rendement moyen.

Ceci semble d'ailleurs avoir été oublié par les auteurs de la réglementation américaine F.T.C. (6). Cette norme de mesures, parue récemment, impose pratiquement aux amplificateurs audio-fréquence de pouvoir débiter, en régime thermique établi, leur puissance nominale. Inutile de souligner que ceci ne fait l'affaire ni des constructeurs (7) ni des clients qui voient ainsi augmenter le poids et le prix du matériel sans amélioration tangible des performances (alors que le but initial du

normalisateur était au contraire de protéger le consommateur contre une publicité abusive).

Notons aussi qu'il n'est pas utile que la puissance moyenne fournie par l'amplificateur soit supérieure aux capacités du haut-parleur en matière de dissipation calorifique (ce serait même dangereux !). Or on sait que les caractéristiques thermiques des haut-parleurs sont généralement médiocres; celui que nous avons utilisé, en particulier, ne saurait accepter plus de 5 W : il se trouvera donc automatiquement protégé contre les échauffements excessifs, si l'amplificateur est correctement «bridé».

c) Les valeurs de puissance maximale que nous venons de calculer s'entendent par canal, quel que soit le nombre de canaux de l'équipement, puisque n'importe lequel de ceux-ci peut avoir à fournir, à un instant donné, la pleine puissance de l'installation. On pourrait, par contre, penser à répartir la puissance moyenne sur chacun des canaux. Mais certains programmes (théâtre par exemple) peuvent très bien concentrer l'information sur une seule voie pendant un temps assez long et interdisent donc cette hypothèse.

Les bases du cahier des charges étant fixées, il reste à préciser le seuil des performances requises ainsi que les contraintes d'utilisation. Ces valeurs sont classiques et découlent des critères de sensibilité de l'oreille aux différentes formes de dégradation du signal.

## PERFORMANCES ELECTRIQUES

### • Distorsion par harmoniques

En régime sinusoïdal (mesurée sur la charge fictive de la fig. 2) entre 0,1 V et 26 V eff :

- inférieure à 0,3% de 40 Hz à 10 kHz.
- inférieure à 0,6% de 20 Hz à 20 kHz.

### • Distorsion transitoire d'intermodulation

(Mesurée sur la charge fictive de la fig. 2 avec un signal sinusoïdal de 20 kHz et 1 V eff. superposé à un signal rectangulaire de temps de montée  $10 \mu\text{s}$  d'amplitude 70 V crête à crête et de fréquence 2 kHz) : la sinusoïde ne doit pas apparaître déformée à l'oscilloscope.

### • Bande passante pour toute puissance

20 Hz à 20 kHz à  $\pm 0,5$  dB. Atténuation à 40 kHz : 3 dB max.

### • Gain en tension

$29 \pm 0,5$  dB (soit une sensibilité de 0,9 V ou + 2 dBm).

### • Bruit

Tel qu'il soit inaudible dans la salle, à plus d'un mètre du reproducteur, soit 1 mV eff. en sortie (pondération courbe A).

### • Impédance d'entrée

Supérieure à 200  $\Omega$  (cette valeur peut sembler étrangement basse : ceci est dû au mode d'attaque par un préamplificateur séparé équipé d'une sortie à basse impédance).

### • Tension de décalage («offset») en sortie

10 mV max.

### • Contraintes d'utilisation et d'environnement

- Tension secteur :  $230 \pm 15$  V.
- Gamme de température : + 10 à + 30°C.
- Mise sous tension : télécommandée (relais secteur).
- Protection des étages de sortie : contre toute surcharge, quelle qu'en soit la cause (charge incorrecte, température ambiante trop élevée, puissance moyenne excessive, amplitude du signal d'attaque dépassant 1,3 V eff ou + 3 dBm).
- Protection du haut-parleur à la mise sous tension et à la coupure : l'impulsion parasite («cloc»)

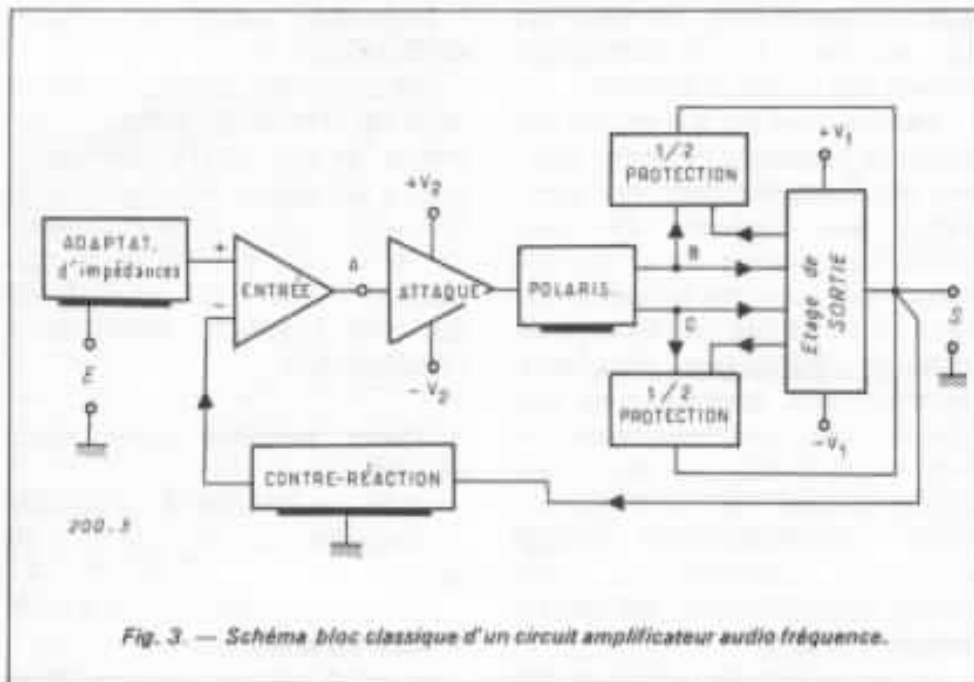


Fig. 3. — Schéma bloc classique d'un circuit amplificateur audio fréquence.

ne devra être ni dangereuse pour le reproducteur, ni pénible pour les oreilles (la rédaction de cette clause est vague; mais son rôle est surtout d'attirer l'attention sur les risques que représentent des impulsions de spectre infrasonore, donc inaudibles, qui peuvent échauffer exagérément les bobines mobiles).

Nous ne demanderons pas que les sous-ensembles du circuit de l'amplificateur soient protégés les uns par rapport aux autres; en cas d'alimentation à tensions multiples par exemple, la disparition de l'une des tensions pourra entraîner des destructions en chaîne. Sans doute pourrait-on raffiner la conception du circuit pour le rendre sûr dans tous les cas, mais au prix d'une prolifération de composants annexes que nous n'avons pas jugée utile.

Enfin nous passons volontairement sous silence les contraintes

d'ordre dimensionnel (proportions de la mécanique) et technologiques (types de connecteurs, etc.) qui n'affectent pas directement l'étude des schémas.

## CONCEPTION GÉNÉRALE DU CIRCUIT

Le principe des amplificateurs audio-fréquence à transistors semblait parfaitement stabilisé jusqu'à ces dernières années où il commence à être sérieusement remis en cause. Nous avons représenté sur la figure 3 le bloc-diagramme le plus classique (et qui est d'ailleurs celui que nous avons utilisé); il se décompose comme suit :

- **Etage adaptateur d'impédance** (facultatif). En effet, lorsqu'une impédance d'entrée élevée est imposée, il n'est généralement pas possible de l'obtenir directement à partir de l'étage d'entrée.

- **Etage d'entrée.** Ses deux fonctions sont de contribuer au gain global de l'amplificateur et de faire la comparaison entre tension d'entrée et tension de sortie, tant en continu qu'en alternatif.

- **Etage d'attaque** amenant les tensions alternatives à une valeur de crête égale à la tension d'alimentation  $V_1$ . Afin d'éviter les non-linéarités aux forts signaux, cet étage est généralement alimenté sous une tension  $V_2$  légèrement supérieure à  $V_1$  grâce à un artifice de réaction locale bien connu sous le nom de «bootstrap» (8), (9), (10), (11). Cependant il a également été préconisé d'utiliser une véritable alimentation séparée et c'est la solution que nous avons retenue, parce qu'elle permet en particulier, de mettre au point indépendamment les étages de tension et les étages de puissance (12), (13), (14).

- **Etage de polarisation** fixant les courants de repos des transistors de puissance, quelle que soit leur température de jonction.

- **Etage de sortie** n'apportant aucun gain en tension et se comportant comme un «super émetteur-suiveur».

- **Circuits de protection** dérivant les courants d'attaque de l'étage de sortie vers le haut-parleur en cas de surcharge.

- **Circuit de contre-réaction** fixant le gain global en alternatif et en continu (ce dernier étant le plus souvent égal à 1).

On peut s'interroger sur les différences apparaissant dans les réalisations industrielles les plus récentes (4), (15), (16), (17). Celles-ci portent sur le montage amplificateur de tension de l'étage de sortie. L'avantage le plus clair de cette méthode est de ne demander à l'étage d'attaque qu'une amplitude de signal relativement faible; il pourra donc être alimenté sous une tension réduite, avoir une bonne linéarité sans nécessiter de «bootstrap», dissiper moins et, de ce fait, être éventuellement intégré (15). En contre-partie, ce

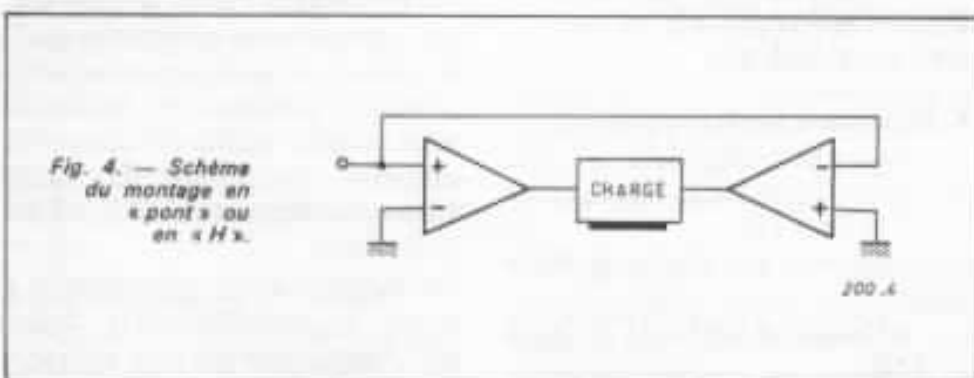


Fig. 4. — Schéma du montage en «pont» ou en «H».

système impose l'utilisation de transistors de puissance assez rapides et est plus sensible aux dissymétries entre les branches positive et négative du push-pull.

Deux autres variantes, à notre avis plus mineures, ont été relevées dans la littérature : La première (3), (8) est le montage «en pont» ou «en H» (fig. 4). Ceci revient, en pratique, à disposer deux amplificateurs en série : c'est dire que le nombre des composants double presque par rapport à un circuit conventionnel. Le but de l'opération est de pouvoir utiliser des transistors ayant une tension de claquage deux fois plus faible, pour une puissance de sortie donnée. Nous pensons qu'on obtient le même résultat plus avantageusement en montant les transistors en série, comme nous le verrons ultérieurement. Cependant il ne faut pas oublier que le schéma en H prend tout son intérêt lorsqu'il s'agit d'obtenir le maximum de puissance sur une charge donnée, sous une tension d'alimentation imposée (12 V de batterie d'un véhicule par exemple) et sans utiliser de transformateur de sortie. Enfin il faut noter qu'avec cette solution, aucune des bornes du haut-parleur n'est à la masse, ce qui peut être mal commode pour certaines applications.

La seconde variante concerne le point d'application des circuits de protection : au lieu de réunir les points B et C à la sortie S, on connecte le point A (en fait, deux points A dans ce cas) à la masse en alternatif (4), (18), (19).

## BIBLIOGRAPHIE

(1) *Engelking J.* : Etude expérimentale d'une enceinte acoustique à quatre haut-parleurs. *Revue du Son*, n° 234, octobre 1972, pages 420 à 423 et n° 235, novembre 1972, pages 98 à 104.  
(2) *Engelking J.* : Le point sur les essais de haut-parleurs : II Validité des mesures physiques par rap-

port à l'écoute réelle. *Revue du Son*, n° 260, décembre 1974, pages 80 à 84.

(3) *Becker R.B.H.* : High power audio amplifier design. *Wireless World*, February 1972, pages 72 à 84.

(4) *Meyer D.* : Tigersaurus : build this 250 Watt Hi-Fi amplifier. *Radio-Electronics*, December 1973, pages 43 à 47.

(5) *Bongiorno J.* : High-Voltage amp. design. *Audio*, February 1974, pages 30 à 38. *Audio*, January 1975, pages 61 à 65.

(6) *Wachner B.C. & Robbins M.S.* : F.T.C. Power Ratings : an optimistic view. *Audio*, February 1975, pages 22 à 28.

(7) *Tucker R.H.* : An alternative view. *Audio*, February 1975, pages 30 et 32.

(8) *M.H.* : Un amplificateur B.F. de puissance. *Le Haut-Parleur*, n° 1454 pages 192 à 199, n° 1459 pages 169 à 176.

(9) *Haas G.C.* : Design factors and considerations in full complementary symmetry audio power amplifiers. *JAES*, volume 16, n° 3, July 1968, pages 321 à 326.

\* Membre de l'Audio Engineering Society (AES).

\* Pour faciliter la tâche du lecteur, nous publions la bibliographie établie par l'auteur *in extenso*.

(10) *Garner L.H.* : A 4-channel amplifier for multi-speaker systems. *Electronics World*, November 1970, pages 28 à 30.

(11) *Texas Instruments* : Direct coupled complementary 80 watt stereo amplifier. Bulletin CA-142 (December 1969) de Texas Instruments.

(12) *Lafaurie R.* : Hi-Fi à l'américaine. *Revue du Son*, n° 200, décembre 1969, pages 540 à 544 d'après *Locanthi B.* : An ultra low distortion D.C. amplifier. *JAES*, volume 15, n° 3, July 1967.

(13) *O'Veering G.I.* : Dynamic range versus ambient noise. *Wir-*

*less World*, April 1970, pages 189 et 190.

(14) *Lohstroh J et Motala M.* : An audio power amplifier for ultimate quality requirements. *IEEE (Audio)*, vol. AU-21, n° 6 December 1973, pages 545 à 550.

(15) *Grimes J.D., Mosher S.S., Brown J.M.* : An innovative audio power amplifier. *IEEE (Audio)*, vol. AU-19, n° 4, December 1971, pages 262 à 269.

(16) *Freyling N.* : Complementary solid state audio amplifiers. Application Note A.N. 230, Motorola Semiconductor products, Inc.

(17) *Blomley P.* : New approach to class B amplifier design. *Wireless World*, February 1971, pages 57 à 61, March 1971, pages 127 à 131.

(18) *Loyez P.* : Electronique américaine pour oreilles raffinées. *Revue du Son*, n° 229, mai 1972, pages 282 à 284.

(19) *Ruehs R.G.* : High power audio amplifiers with short circuit protection. Application Note A.N. 485, Motorola Semiconductor Products, Inc.

(20) *Bonjorno J.* : Get 400 Watts of clean stereo power with Ampzilla. *Popular Electronics*, September 1974, pages 33 à 40.

(21) *Loyez P.* : Amplificateurs transistorisés : rétro-action et distorsion d'intermodulation en régime impulsionnel. *Revue du Son*, n° 236, décembre 1972, pages 109 et 110.

(d'après) *Otala M.* : Transient distortion in transistorized audio power amplifiers. *IEEE (Audio)*, vol. AU-18, n° 3, September 1970, pages 234 à 239.

(22) *Leach W.M.* : Transient I.M. distortion in power amplifiers. *Audio*, February 1975, pages 34 à 42.

(23) *Hardcastle I.* : Amplifiers between 10-100 W, Audio power amplifier design. Recueil de notes d'application, Texas Instruments, 1971.

**Page non  
disponible**

# - Analyse d'un schéma pas comme les autres : le Quad 405

Léon Le Quinquis

*Les laboratoires des firmes électroacoustiques sont toujours à la recherche de l'amplificateur de puissance parfait.*

*Cet appareil n'existe pas, c'est sans doute pour cela que les spécialistes en matériel « haute fidélité » s'accordent pour dire qu'il existe des différences à l'écoute entre des amplificateurs qui aux vues des résultats de mesures classiques semblent identiques.*

*Tous les schémas actuels des amplificateurs de puissance sont dérivés des études de LIN (1956) TOBEY et DINDSALE (1961), chaque constructeur s'est efforcé d'apporter des améliorations techniques ou technologiques (commande en courant, transistors complémentaires, triplets, différentiels...) mais aucune ne fut décisive, le principe de base restait toujours le même. Un amplificateur avec des défauts, un grand gain en boucle ouverte, et un grand taux de contre réaction qui certe diminue ces défauts mais ne les supprime pas. Les laboratoires et bureaux d'études, pressés en cela par les services commerciaux ont plus souvent portés leurs efforts sur, les « gadgets », les faces avant, les paramètres à la mode (temps de montée, puissance, facture d'amortissement) que sur les problèmes fondamentaux :*

- saturation des étages d'entrée en signal impulsionnel
- polarisation de l'étage de sortie
- variation de l'impédance de sortie

*D'excellentes études théoriques traitant ces problèmes ont été publiées, les plus connues sont celles de M. OTTALA à propos de la distorsion d'intermodulation transitoire. Signalons également celles de M. BLOMLEY concernant les facteurs de variation d'impédance des push pull de sortie.*

*Ces problèmes apparaissent clairement dans les paramètres gain et impédance de sortie de l'équation d'un amplificateur*

$$v_s = Gv_e - qis$$

$v_e$	tension d'entrée
$v_s$	tension de sortie
$is$	courant en sortie
$G$	gain de l'amplificateur à vide
$q$	impédance de sortie

*G et q sont les paramètres variables perturbés par la fréquence, la distorsion, la phase, les transitoires, la technologie, etc...*

*La firme QUAD acoustical cache sous l'aspect très sobre de son amplificateur de puissance type 405 des réponses ingénieuses à plusieurs de ces problèmes. Nous vous proposons dans cet article de les examiner.*

## AMELIORATIONS DU FONCTIONNEMENT EN REGIME TRANSITOIRE

A partir du schéma général (fig. 1) nous obtenons le schéma synoptique de la figure 2 qui nous permet de mettre en évidence les particularités du schéma : cet amplificateur de puissance comporte deux étages ayant chacun une boucle de contre réaction en alternatif ( $Z_1-Z_2$  et  $Z_3-Z_4$ ) la boucle de contre réaction générale ( $R_5, C_2, R_4 - Z_1$ ) est uniquement du type continu et permet de faire bénéficier en sortie des qualités de faible offset et de faible dérive du circuit intégré.

### 1er étage : amplificateur de tension

Le schéma de l'amplificateur de tension se réduit au schéma synoptique de la figure 3.

Contrairement à ce que l'on rencontre actuellement dans tous les schémas, cet étage est monté en amplificateur opérationnel dit : inverseur.

Son gain est donné par la relation :

$$G = -\frac{R_4}{R_3} = -15 \rightarrow 23,5 \text{ dB}$$

Examinons les qualités et défauts des montages dit «non inverseurs» (N.I.) qui sont les plus employés actuellement par rapport à l'inverseur (I.) utilisé ici.

Les arguments avancés par les partisans du N.I. sont les suivants :

- résistance d'entrée importante et indépendante des valeurs des résistances de contre réaction  $R_1$  et  $R_2$  (fig. 4)

- bon facteur de bruit puisque  $R_1$  peut être faible.

Il faut examiner ces arguments de près en effet.

- l'impédance d'entrée n'est pas  $Z_e$  mais  $Z_e$  qui est constituée de  $Z_e$  en parallèle sur la résistance de polarisation de l'étage  $R$  qui pour des raisons de stabilité H.F.

et de courant d'entrée est souvent faible (de 10 k $\Omega$  à 20 k $\Omega$ )

- le bruit dans un amplificateur de puissance est surtout dû aux étages à fort courant (drivers, étage de sortie) et aux transistors d'entrée qui pour des raisons de bande passante et d'amplitude ont des courants collecteurs trop élevés pour avoir leur meilleur facteur de bruit. Le QUAD 405 monté en inverseur permet d'obtenir les résultats suivants :

a) 22 k $\Omega$  en résistance d'entrée ( $R_3$  figure 3) qui est donc aussi élevée que les productions actuelles.

b) 15 à 20  $\mu$ V en tension de bruit ramené à l'entrée. Si l'on note que le bruit thermique d'une résistance de 22 k $\Omega$  est environ 2,7  $\mu$ V pour une bande passante de 15,7 kHz, en supprimant cette résistance on obtient un bruit de 15,7  $\mu$ V au lieu de 16  $\mu$ V. La différence est négligeable et la configuration inverseur n'intervient pas ici de façon notable sur le bruit de l'amplificateur.

Les performances de l'amplificateur 405 ne sont donc pas altérées par le choix du montage inverseur qui a un très bon fonctionnement en régime transitoire par rapport au montage non inverseur, dont l'étage d'entrée est modulé en mode commun par la tension d'entrée et la contre réaction, ce qui dégrade les performances au point de vue distorsion harmonique, et fonction de transfert (si la vitesse du front d'attaque d'un transitoire est supérieure à la vitesse de l'amplificateur ( $dV/dt$ ) l'étage d'entrée est saturé, et c'est sans doute l'une des causes principales de la distorsion d'intermodulation transitoire).

### 2ème étage : amplificateur de puissance

Nous analysons en détail cet étage dans la 3ème partie, mais notons pour l'instant qu'il est monté en configuration non inverseur (fig. 2) et donc sujet aux défauts développés précédem-

ment quant à son comportement en régime transitoire, mais les ingénieurs de QUAD ont pris leurs précautions et ont inséré une cellule de correction (fig. 5) que nous allons étudier d'après le schéma de la figure 6.

Ce filtre passe bas a les caractéristiques suivantes :

$$\theta_0 = 3,14 \mu\text{s}$$

$$F_0 = 50 \text{ kHz}$$

$$w_0 = \frac{1}{R_{12} C_4} = \frac{1}{\theta_0}$$

Le circuit d'entrée alimenté en  $\pm 12$  V peut délivrer un signal de 20 V crête à crête, soit pour l'application d'un échelon à l'entrée (fig. 6) un signal en sortie de temps de montée :

$$t_m \cong 2\theta = 6,3 \mu\text{s}$$

et une vitesse maximum initiale de signal :

$$\frac{V_{eac}}{\theta} = \frac{20 \text{ V}}{3,14 \mu\text{s}} = 6,6 \text{ V}/\mu\text{s}$$

Or l'essai de l'étage de puissance seul nous a révélé une bande passante supérieure à 300 kHz pour 100 W sur 8  $\Omega$  soit une vitesse maximum du signal :

$$\frac{dV}{dt} = wV_m = 2\pi \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot 28\sqrt{2} = 75 \text{ V}/\mu\text{s}$$

l'étage de puissance ayant un gain :

$$G = \frac{R_{m1}R_{m2} + R_{m3}}{R_{m4}} = \frac{500 + 180}{180}$$

$G = 3,78$  on a la vitesse équivalente à l'entrée :

$$\frac{dV_e}{dt} \cong 20 \text{ V}/\mu\text{s}$$

On note donc que quelque soit le signal appliqué à l'entrée de l'amplificateur de tension (échelon unité) la vitesse du signal délivré (6,6 V/ $\mu$ s) est toujours inférieure aux possibilités de l'étage de puissance. Il n'y a donc pas de danger de distorsion due à une vitesse trop importante du signal d'entrée.

Nous devons insister ici sur la confusion qui existe actuellement sur les paramètres suivants :

a) la vitesse de montée (slew rate) est due le plus souvent à une limitation en courant pour charger un condensateur (pôle de com-

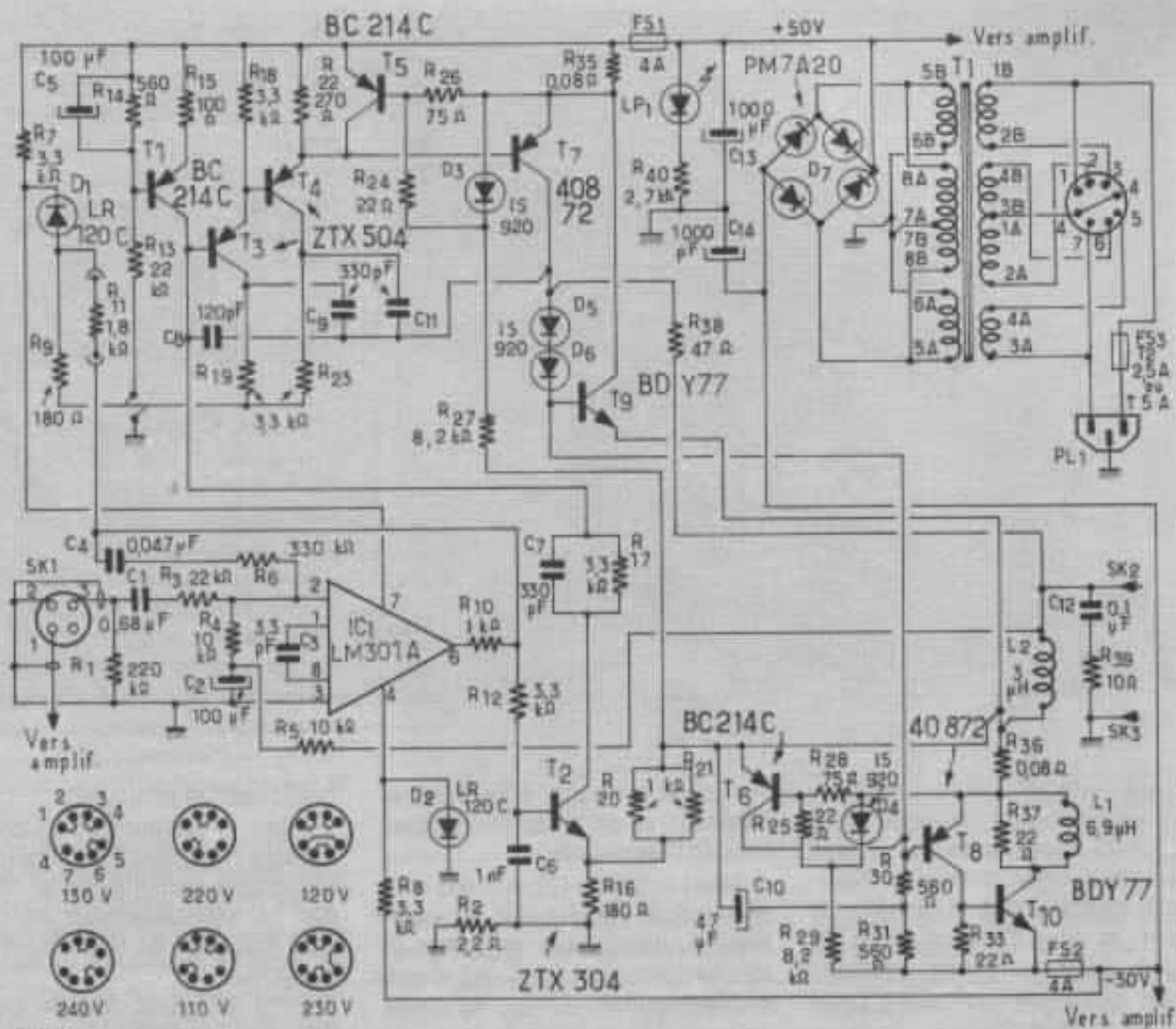


Fig.1

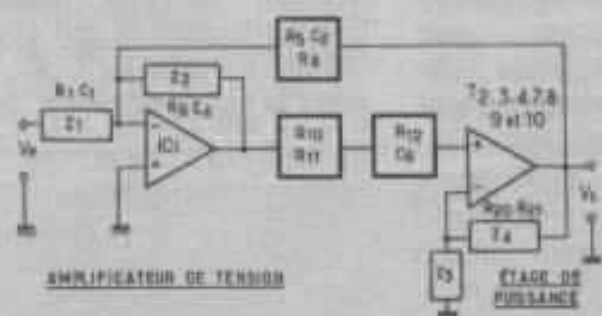


Fig.2

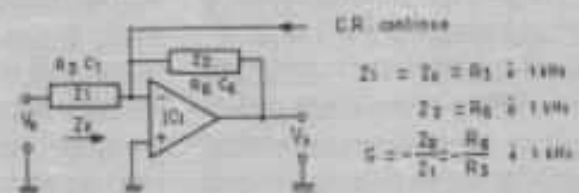


Fig.3

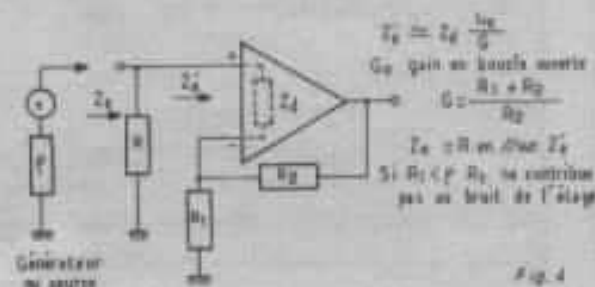


Fig.4

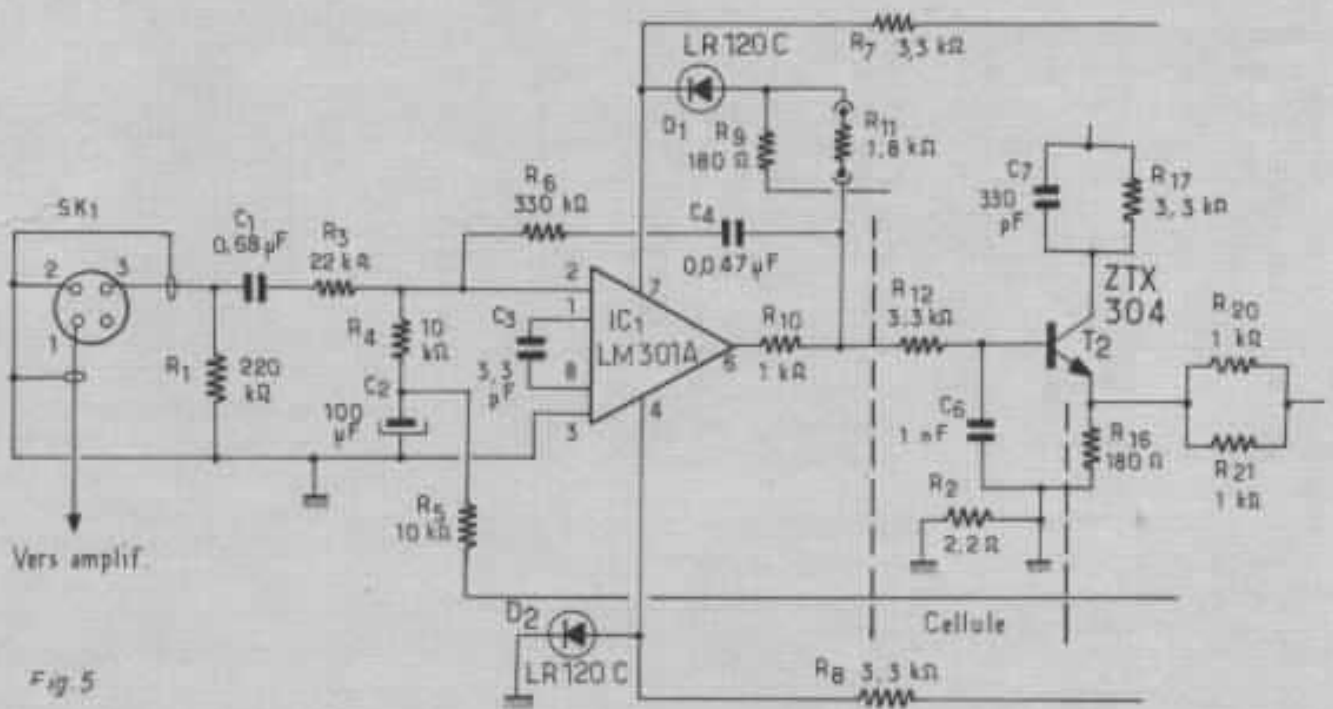


Fig. 5

compensation interne d'un amplificateur opérationnel ou possibilités de sortie insuffisante sur charge capacitive) cette vitesse est constante quelque soit la tension de sortie, et on a donc en sortie un signal dont la bande passante avant distorsion varie avec l'amplitude selon la relation :

$$F = \frac{dV}{dt} \frac{1}{2\pi V_{max}}$$

b) le temps de montée lorsqu'il est imposé par un pôle d'ordre n en cellule passive ou dans la boucle de contre réaction (le courant de sortie étant dans ce cas suffi-

sant pour alimenter le ou les condensateurs), est invariant en fonction de l'amplitude.

Dans le cas du QUAD 405 c'est une cellule passive du 1er ordre (fig. 5), qui impose un temps de montée constant et F est donné par la relation :

$$F_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Dans le 1er cas (vitesse constante) si l'on impose un signal trop important en fonction de l'amplitude il y a distorsion importante du signal (c'est ce qui limite l'utilisation de circuits intégrés classi-

ques type 741 en audio).

Dans le second cas (temps de montée constant) l'application de fréquences trop élevées se traduit par un affaiblissement en sortie sans entraîner de distorsions harmoniques.

Tout est donc mis en oeuvre dans cet amplificateur pour résoudre les problèmes de fonctionnement en régime transitoire :

a) pas de boucle de contre réaction générale, mais deux boucles locales ce qui permet de réduire les taux de C.R., d'améliorer la marge de phase, de ne pas

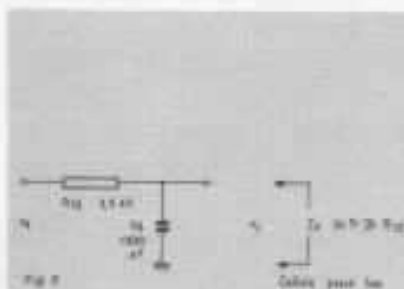


Fig. 6

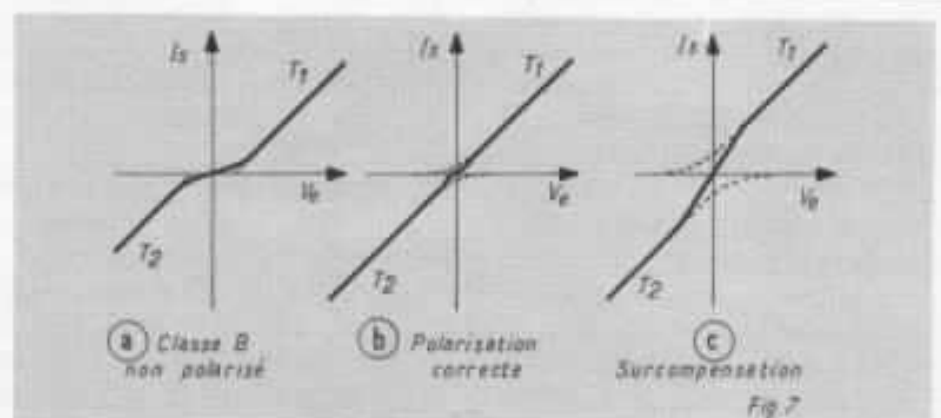


Fig. 7



avoir l'amplificateur trop intégrateur en boucle ouverte, ce qui diminuerait le gain, le taux de C.R. et augmenterait la distorsion.

b) l'étage de puissance est protégé par une cellule passe bas qui définit la bande passante de l'amplificateur et sa pente de coupure (6 dB/octave), il n'est donc pas sujet à la distorsion d'intermodulation transitoire, et la pente de 6 dB/octave assure la meilleure réponse en régime impulsionnel.

### AMELIORATIONS DU PUSH PULL DE SORTIE

La distorsion en régime établi se produit au raccordement des caractéristiques de transfert des transistors de sortie (distorsion de raccordement). Ce phénomène se traduisant par une variation de l'impédance de sortie est d'autant plus gênant que se produisant au voisinage du milieu du signal (passage à 0) la perturbation prend d'autant plus d'importance que le signal est faible.

Si l'on examine la courbe de transfert de l'étage de sortie push pull en classe B (fig. 7a) on observe une discontinuité. On a alors polarisé les transistors de sortie en leur imposant un courant de repos (fig. 7b) mais le point de bonne linéarité (distorsion minimale) est assez critique, on arrive rapidement à la surcompensation (fig. 7c). La caractéristique d'entrée d'un transistor ( $V_{be}$ ) variant avec la température, il faut compenser cette variation. La technologie n'a pas bien résolu ce problème (sous ou surcompensation) et de plus la polarisation impose un réglage en usine.

Ce procédé ne donnant pas totalement satisfaction, les chercheurs ont proposé d'autres solutions :

- BLOMLEY a trouvé une solution intéressante, mais elle n'est pas développée industriellement.
- QUAD a appliqué un principe assez ancien, nous vous proposons une explication de son application pratique :

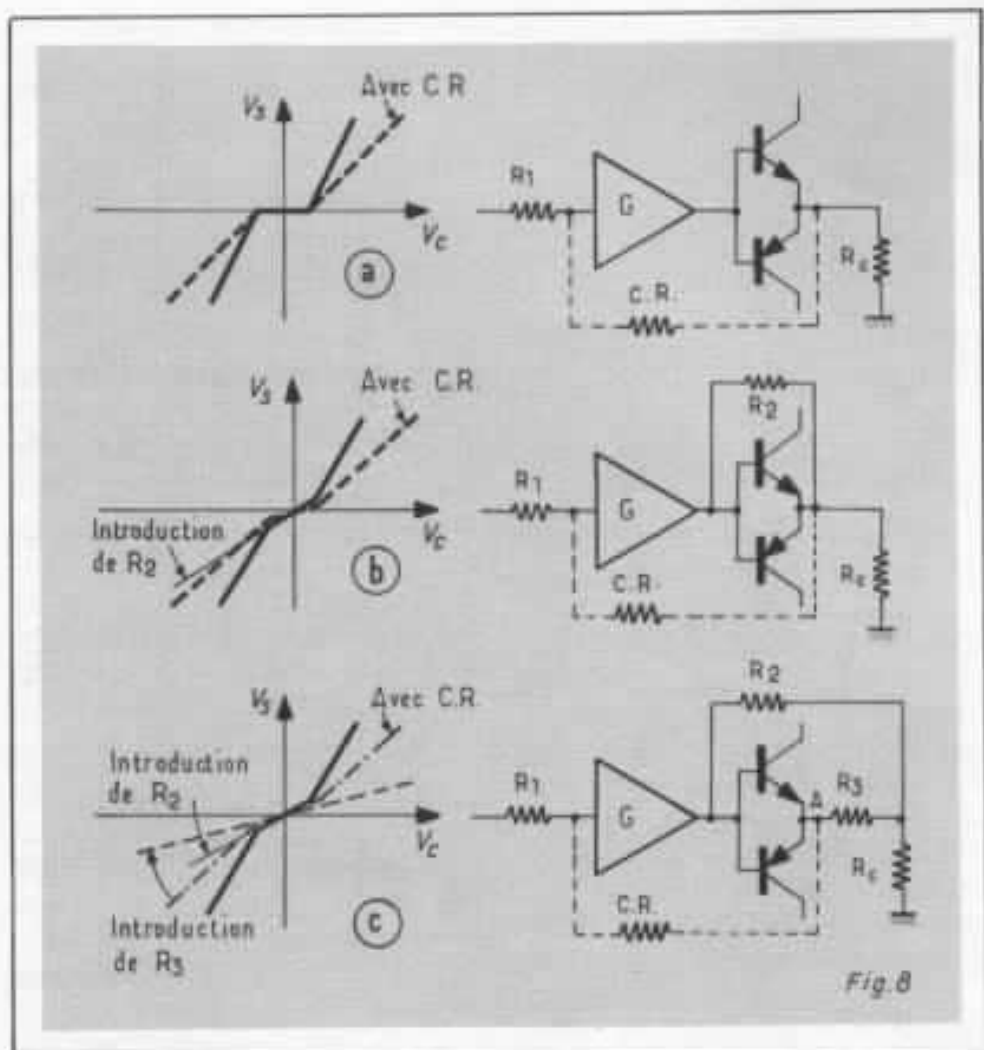


Fig. 8

Un push pull classe B a une caractéristique de transfert simplifiée représentée figure 8a, si l'on applique une contre réaction (en tirets) on diminue la non linéarité, mais on ne la supprime pas. Si l'on ajoute une résistance ( $R_2$ ) qui transmet le signal lorsque les transistors sont bloqués on obtient les caractéristiques de la figure 8b. On note sur ce diagramme que la contre réaction améliore de nouveau la linéarité, mais il faudrait pour résoudre le problème correctement augmenter la contre réaction lorsque le push pull conduit. On aboutit alors à la figure 8c. Dans cette configuration on a introduit  $R_3$  en série avec les transistors de puissance, à ses bornes on a une chute de tension proportionnelle au courant de sortie des transistors. En prélevant la contre réaction en A on introduit une information supplémentaire qui diminue la pente de

transfert plus fortement en période de conduction. On trouve des valeurs correctes de  $R_3$  et  $R_2$  qui nous donne une courbe de transfert linéaire.

Examinons le schéma de l'étage des puissances (figure 9) pour retrouver ce principe général dans le QUAD 405.

Après avoir supprimé les protections, les compensations de fréquences etc... nous arrivons au schéma simplifié de la figure 10, nous avons là un amplificateur de puissance qui paraît très classique, son gain en tension est, on l'a vu précédemment :

$$G = 3,78 \rightarrow 11,5 \text{ dB}$$

Pour comprendre le fonctionnement interne de cet étage, il faut analyser ce qui se passe dans la boucle, à tension fixe à l'entrée (point B) et pour une perturbation en sortie (point D)  $Tr_2$  se comporte en étage à base commu-

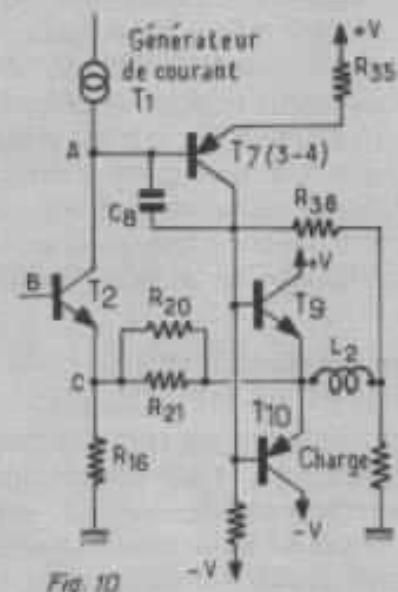
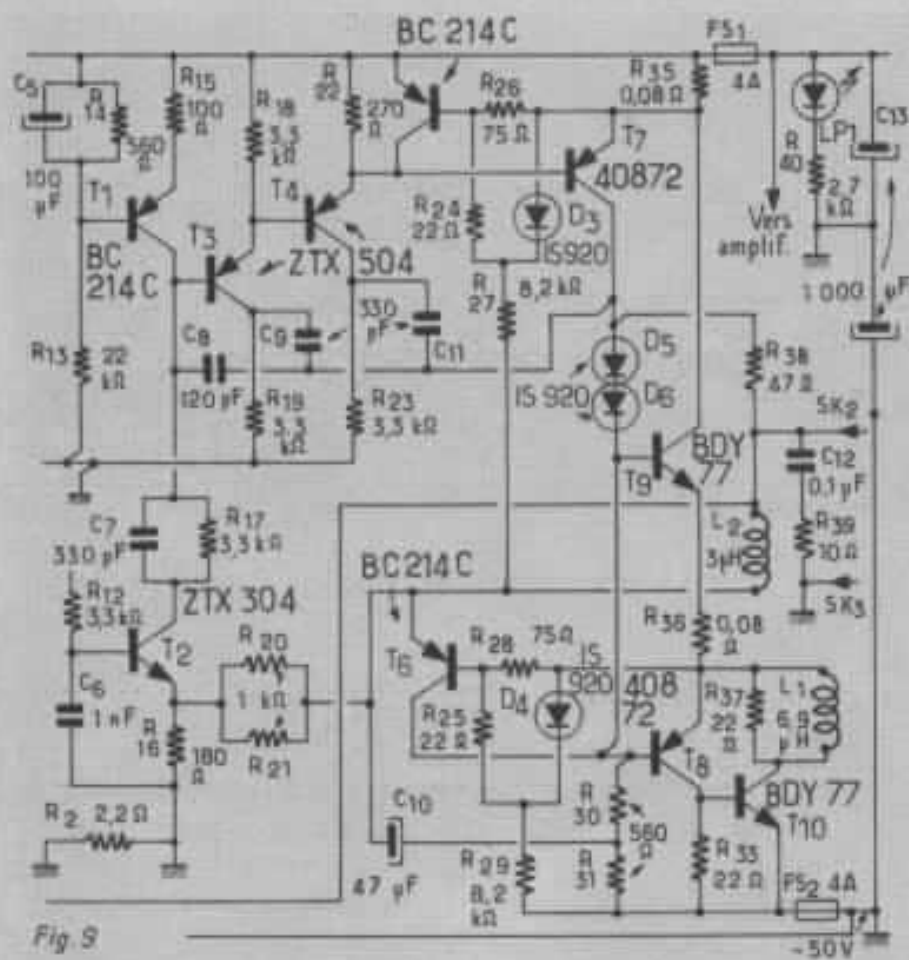


Fig. 9

Fig. 10

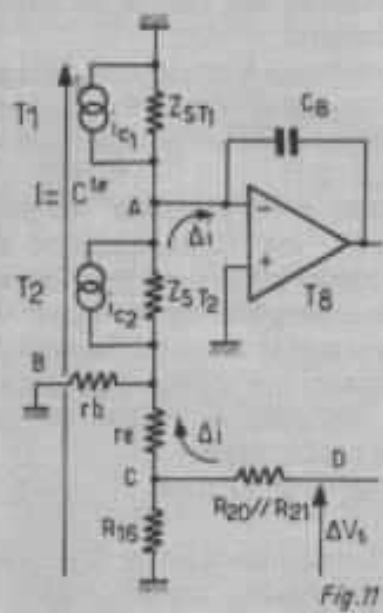


Fig. 11

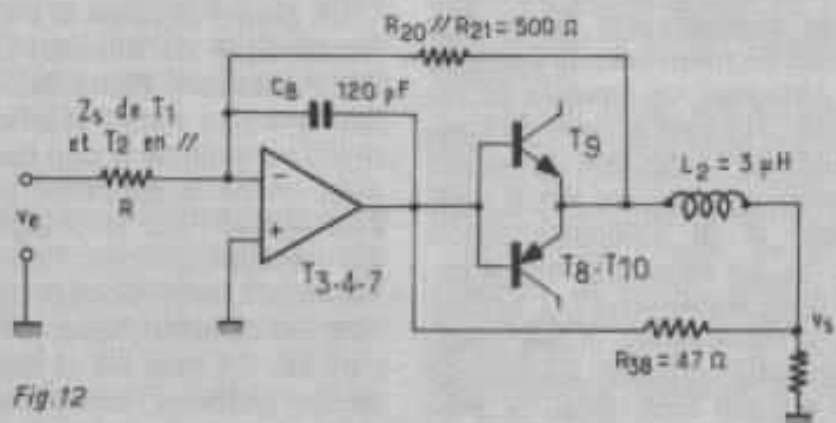
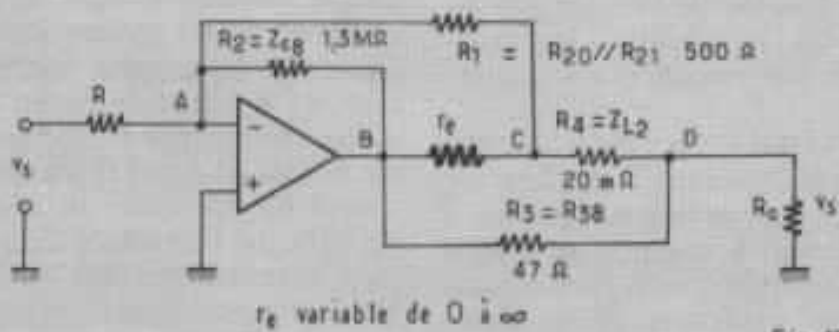


Fig. 12



$r_e$  variable de 0 à  $\infty$

Fig. 13

ne (fig. 11), son collecteur étant alimenté par une source de courant ( $Tr_1$ ) si l'on introduit  $\Delta i$  en C avec  $V_c = C^v$

$$\text{on a } \Delta i = \frac{\Delta V_c}{R_{20} // R_{21}}$$

on retrouve ce  $\Delta i$  en A, on peut aller donc connecter  $R_{20} // R_{21}$  en A. On obtient alors pour le fonctionnement en alternatif et hors contre réaction le schéma équivalent de la figure 12 que nous pouvons encore simplifier en tenant compte des points suivants :

à 1 kHz  $C_8$  et  $L_2$  peuvent être assimilés à des impédances dont la valeur à 1 kHz est  $Z_c \cong 1,3 \text{ M}\Omega$  et  $Z_L \cong 20 \text{ m}\Omega$

$T_{18}$  et  $T_{10}$  peut être assimilés à un dipôle de résistance variable entre 0 et  $\infty$ .

Nous obtenons alors la figure 13 qui est bien l'application du principe de la figure 8c.

Etudions deux cas de fonctionnement simples :

a) **signal de sortie en B faible** (inférieur à la tension de déblocage des transistors)  $re \rightarrow \infty$  et seul l'étage en classe A ( $T_{13}$ ,  $T_{14}$ ,  $T_{17}$  fig. 10) alimente la charge à travers  $R_3$  dans d'excellentes conditions de linéarité, nous obtenons alors le schéma de la figure 14. On note que  $R_4 \ll R_1$  (20 m $\Omega$  et 500  $\Omega$ ) on peut donc assimiler cet étage à un amplificateur opérationnel de gain en boucle ouverte :

$$G_0 = -\frac{R_2}{R}$$

d'impédance de sortie  $R_3$  et bouclé en gain :

$$G = -\frac{R_1}{R}$$

L'impédance de sortie est donc :

$$Z_s = \rho \frac{G}{G_0}$$

$$Z_s = R_3 \left(-\frac{R}{R_2}\right) \left(-\frac{R_2}{R}\right) = R_3 \frac{R_2}{R_1} \text{ et}$$

$$G = -\frac{R_1}{R} \text{ (car } G_0 \gg G)$$

b) **signal de sortie important** de telle sorte que le courant délivré par l'étage de puissance (à travers  $re$ ) soit très supérieur au courant

dans  $R_3$ , en simplifiant on peut assimiler  $re$  à un court circuit ( $re = 0$ ) nous obtenons le schéma de la figure 15.

On note que  $R_2 \gg R_1$  (1,3 M $\Omega$  et 500  $\Omega$ ) on peut donc assimiler cet étage à un amplificateur opérationnel bouclé en gain :

$$G = -\frac{R_1}{R}$$

qui a une impédance de sortie très faible devant  $R_4$ , ( $R_3 \gg R_4$  on néglige donc  $R_4$ ) l'impédance de sortie est donc  $Z_s = R_4$  et

$$G = -\frac{R_1}{R}$$

En transformant l'étoile  $R_1$ ,  $re$ ,  $R_4$  en triangle, nous pouvons étudier  $G$  et  $Z_s$  en faisant varier  $re$  de 0 à  $\infty$  nous obtenons toujours

$$G = -\frac{R_1}{R} \text{ et } Z_s = R_4 \text{ ou } R_3 \frac{R_1}{R_2}$$

Selon notre équation générale  $v_s = Gv_e - \rho i_s$  un amplificateur serait « parfait » si  $G$  et  $\rho$  sont constants.

$G$ , on l'a vu, est constant et égal à  $-\frac{R_1}{R}$ ,

$Z_s$  le sera aussi à la condition de vérifier l'équation suivante :

$$R_4 = R_3 \frac{R_1}{R_2} = Z_s$$

On obtient alors un amplificateur dont l'impédance de sortie est constante, et indépendante des éléments actifs en particulier des transistors du push pull de sortie.

De ce schéma théorique (fig. 13) les ingénieurs de QUAD acoustical ont tiré l'application pratique de la figure 12 avec des impédances à la place de  $R_2$  et  $R_4$  pour résoudre les problèmes suivants :

-  $R_4$  doit être faible pour que l'impédance de sortie soit faible.

-  $R_3$  doit être suffisamment grand :

a) pour ne pas trop charger l'amplificateur en classe A  $Tr_1$ , et être supérieur à  $R_4$ .

b) pour que le rapport  $R_1/R_2$  soit faible, on aura ainsi  $R_3$  grand et  $G_0 = -\frac{R_2}{R}$  important pour permettre d'assimiler l'étage à un

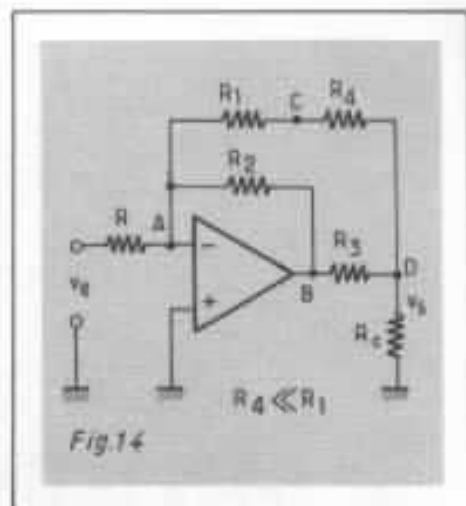


Fig.14

amplificateur opérationnel à grand gain et négliger ainsi les dispersions des éléments actifs lorsque l'on aura appliqué la contre réaction.

Dans un amplificateur opérationnel en boucle ouverte on note que le gain diminue lorsque la fréquence augmente (capacités, parasites) :  $R_2$  serait donc en parallèle sur un condensateur parasite dont on ne maîtrise pas la valeur, le montage serait tributaire de la dispersion des éléments.

En imposant un pôle intégrateur à cet étage en notant  $R_2 \rightarrow Z_2 \rightarrow 1/Cw$  ce condensateur C va assurer la stabilité de l'amplificateur en imposant un pôle à 6 dB/octave.

On a alors  $R_4 = R_1 R_3 C w$  Pour rendre cette équation aperiodique il faut que  $R_4$  soit de la forme Aw soit une self.

On aboutit alors à la version définitive de l'équation d'équilibre du QUAD 405

$$L = R_1 R_3 C$$

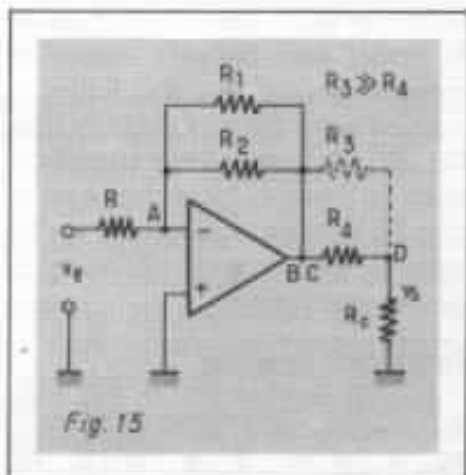


Fig.15

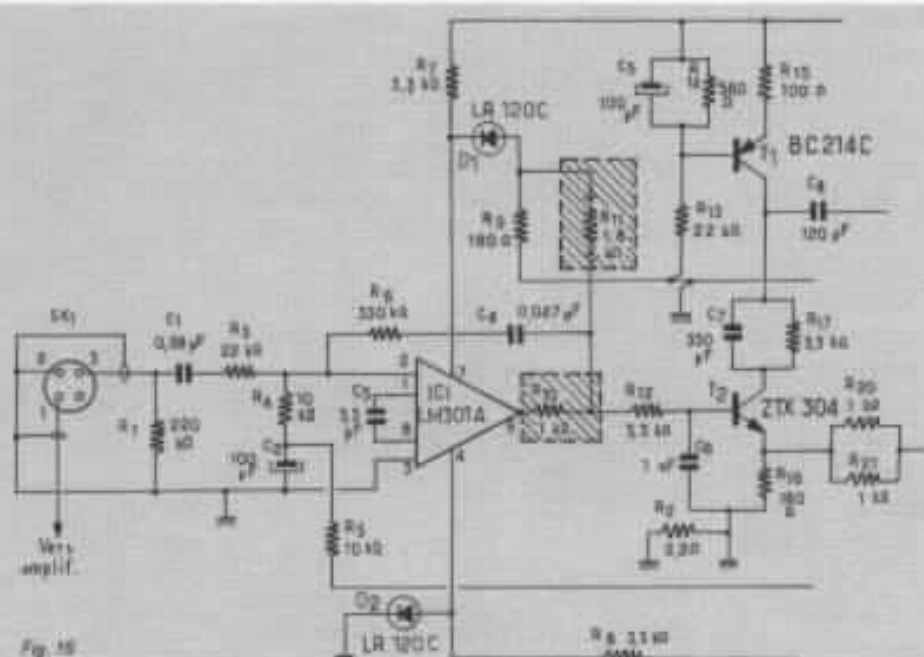


Fig. 15

Les ingénieurs de QUAD ont réussi à régler le problème de la polarisation en faisant travailler leur push pull de sortie en classe B, et en adoptant un montage particulier qui permet d'avoir une impédance constante en sortie et indépendante des éléments actifs, ils mettent à profit leur montage pour rendre l'amplificateur intégrateur grâce à C, qui conjugué avec une self en sortie améliore la stabilité de l'amplificateur quelque soit la charge.

## CIRCUITS ANNEXES

### Réseau de limitation de puissance (fig. 16).

Dans certains cas une puissance de 100 W peut être trop importante pour des enceintes (en particulier les H.P. électrostatiques de la firme) une méthode simple de diviseur résistif  $R_{10}$   $R_{11}$  limite la tension appliquée à l'étage de sortie.  $R_{11}$  est livrée avec l'amplificateur, et limite la puissance à environ 50 W si on la connecte sur les «picas» prévus à cet effet sur le circuit imprimé.

### Protection de sortie

Les transistors  $Tr_5$  et  $Tr_6$  avec les résistances et diodes associés ( $R_{24}$   $R_{25}$   $R_{26}$   $R_{27}$   $R_{28}$   $R_{29}$   $R_{33}$   $R_{36}$   $D_5$

$D_6$ ) assurent la limitation du courant de sortie qui tient compte de l'intensité de sortie grâce à  $R_{35}$  -  $R_{36}$  (qui notons le au passage sont très faibles puisqu'elles n'ont pas à assurer le rôle de stabilisateurs thermiques) et de la tension grâce à  $R_{24}$   $R_{25}$   $R_{27}$  et  $R_{29}$ .

Un triac court circuite les bornes h-p s'il apparaît une tension continue en sortie.

$L_1$  et  $R_{37}$  assurent une réponse du couple  $T_{10}$   $T_{10}$  similaire à celui de  $T_{10}$ .

$D_5$  et  $D_6$  assurent une polarisation qui favorise la conduction de  $R_{10}$   $T_{10}$  pour avoir des tensions bien définies en l'absence de signal.

### Filtre passe haut

Le réseau de contre réaction générale en continu ( $R_4$   $R_5$   $C_2$  fig. 1) est mis à profit pour obtenir un passe haut du second ordre avec l'aide des réseaux de contre réaction du circuit intégré d'entrée ( $R_3$   $C_1$  et  $R_6$   $C_4$ ).

En analysant ce circuit on aboutit à l'équation du gain :

$$G = \frac{1}{G_0 + \frac{R_4}{R_5} (2 + j\frac{\omega}{\omega_1}) (1 - j\frac{\omega}{\omega_2})}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{R_3 C_1} \quad \omega_2 = \frac{1}{R_4 C_2}$$

qui implique  $\omega_0 \cong 12$  Hz avec une pente de 12 dB/octave.

## REALISATION TECHNOLOGIQUE

Les circuits imprimés, le câblage et surtout la tôlerie sont étonnant par leur ingéniosité et la simplicité de la réalisation.

## CONCLUSION

Cet amplificateur est le plus original qui ait été construit depuis des années et si l'accent est mis à juste titre sur la solution adoptée pour son push pull de sortie, il faut également remarquer celles retenues pour résoudre les problèmes de fonctionnement en régime transitoire, de réglage électronique et de réalisation mécanique, solutions d'autant plus intéressantes qu'elles conduisent au delà des meilleures performances actuelles à un faible prix de revient.

Nous espérons que les lecteurs nous feront part de leurs remarques concernant cette étude. Nous nous efforcerons de les publier dans la mesure où celles-ci présenteront un intérêt, ce qui permettra, nous le pensons, d'améliorer encore cette analyse.

# Correction acoustique et locaux domestiques

*Gérard Chrétien*

*Nous pensions qu'il était indispensable dès le premier numéro de l'Audiophile d'évoquer le problème extrêmement important du local d'écoute domestique. Il serait dommage que l'audiophile dans sa recherche de la perfection néglige ce point fondamental.*

*Ceux qui ont eu à déménager leur installation nous comprendront. Les réglages, mises au point, affinés au cours des ans se trouvent totalement bouleversés. Bien souvent le son est devenu méconnaissable, les basses sont pâteuses, lourdes ou bien en retrait voire inexistantes ou si par miracle elles restent de qualité, le médium ou l'aigu est bien souvent atteint.*

*Ce sont des périodes pénibles pour l'audiophile, qui pendant quelque temps risque de bouder son installation jusqu'au jour où fermement décidé il commencera à disposer différemment ses enceintes acoustiques, modifier son aménagement intérieur et finalement reprendra goût à sa chère installation. D'ailleurs comment pourrait-il en être autrement si c'est un véritable audiophile. Il ne regrettera pas ses déboires car il sortira de cette terrible épreuve enrichi d'une certaine sagesse : il aura appris ce que «subjectif» veut dire, mais aussi que son oreille si exigeante dans bien des cas, est capable de s'accomoder d'une restitution de qualité douteuse et même d'en faire presque une référence... Il deviendra beaucoup plus tolérant, ses jugements seront plus tempérés, il essaiera de comprendre pourquoi une installation «banale» peut dans certains cas donner des résultats remarquables, il se méfiera des personnes exhibant dans leur salon les matériels les plus en vue de la haute-fidélité «new-look» installée en dépit du bon sens. Bref il aura compris qu'une chaîne haute fidélité n'a aucune vraie signification tant que l'on fait abstraction du local où celle-ci sera installée.*

En effet la chaîne et le local constituent un tout, un système au sens physique du terme et qu'une restitution de haute qualité ne peut être obtenue que si chacun de ces deux sous-systèmes que constituent la chaîne et le local n'est entaché d'aucun vice majeur.

Bien souvent le local non aménagé est de qualité bien inférieure à celle d'une chaîne même modeste.

Pour toutes ces raisons nous tenons à développer ce point souvent ignoré que constitue l'acoustique d'une pièce d'habitation domestique. Dans bien des cas, lorsqu'elle est aménagée convenablement, les résultats peuvent être très satisfaisants, si toutefois l'on prend soin de respecter quelques règles de base afin d'intégrer au mieux les enceintes acoustiques à la configuration du local. Même si pour cela il est nécessaire d'effectuer quelques retouches dans l'aménagement général, ce qui ne sera pas toujours au goût de Madame.

Dans un premier temps nous analyseront globalement le problème afin que l'amateur puisse avoir une vision d'ensemble de ce qui est possible dans ce domaine, en débouchant sur l'apport encore contesté des techniques d'égalisation par méthode électronique, qui à notre avis constitue une méthode extrêmement bénéfique quant à la restitution sonore, en réalisant l'élément de couplage chaîne-local.

### Bref rappel des perturbations acoustiques pouvant apparaître dans un local.

Un haut-parleur rayonne dans un angle solide relativement ouvert. L'auditeur recevra donc un son direct et une multitude de sons réfléchis par les parois du local, arrivant avec un certain retard par rapport à l'onde directe. Il y aura donc un phénomène

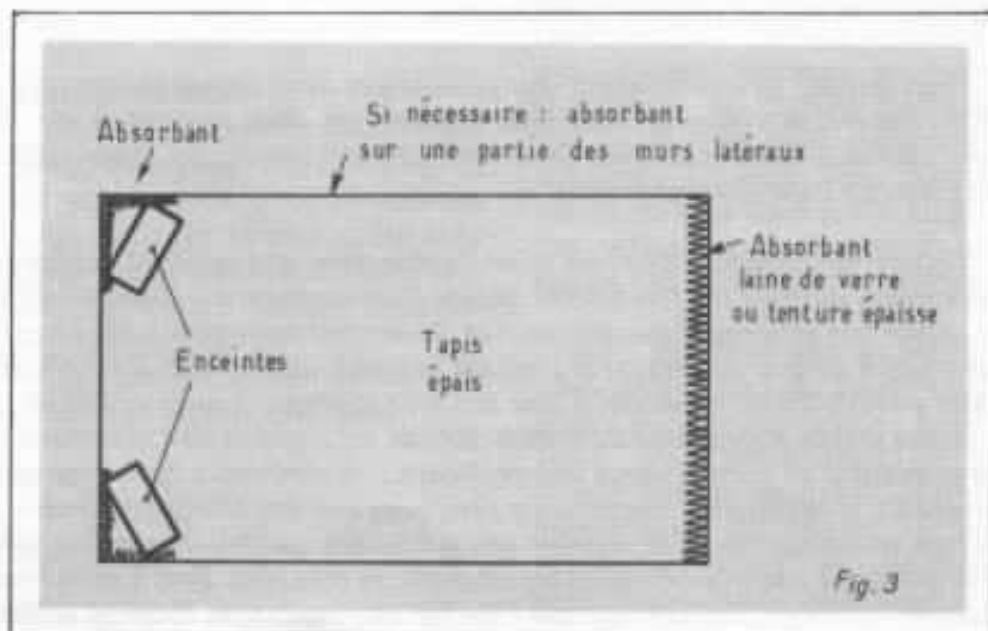
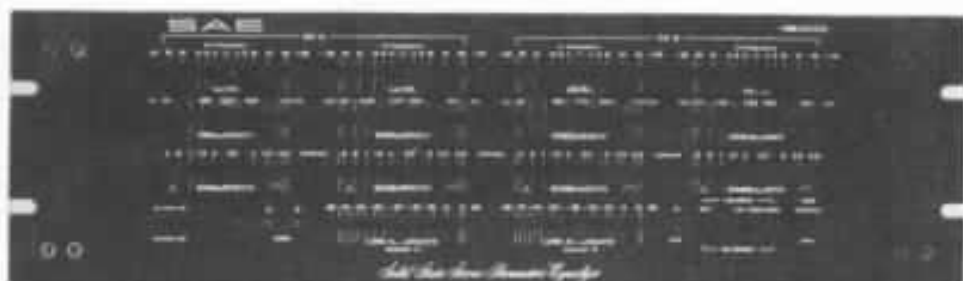
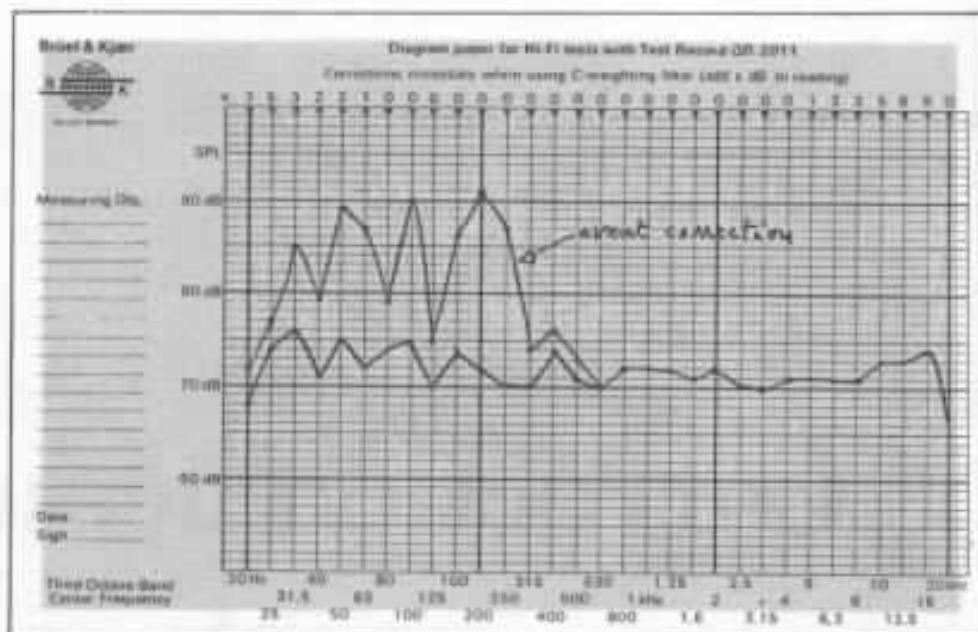


Fig. 3

d'interférence dû au déphasage entre les ondes de même fréquence décalées dans le temps. Cela entraînera une accentuation, ou un affaiblissement, du signal à une fréquence donnée et à un endroit donné.

Ces irrégularités sont relativement faibles du fait que la réflexion d'une onde s'accompagne d'une transmission dans le milieu solide et donc d'un affaiblissement assez important. Ceci est vrai surtout dans le haut médium et l'aigu, compte-tenu des longueurs d'onde mises en jeu. De plus cela constitue un moyen d'information très riche pour le système auditif, qui lui, compare les signaux parvenant à chaque oreille et, de par leur intensité et déphasage respectifs permet une localisation spatiale de la source.

Cependant dans le bas du spectre les longueurs d'onde sont du même ordre de grandeur que les dimensions de la pièce et c'est en cela qu'un local domestique est acoustiquement très différent d'un théâtre ou d'une salle de concerts. Les perturbations pourront alors être très marquées et se traduiront par des pics ou des creux sur la courbe de réponse du local, pouvant atteindre plus d'une dizaine de dB.

Le local d'écoute se comporte donc comme un oscillateur à trois dimensions possédant ses fréquences propres de résonances, qui en fait sont multiples, et qui découlent directement de la forme géométrique de ce local.

Il va sans dire que les résonances influenceront profondément l'écoute.

Ce bref aperçu des accidents acoustiques pouvant apparaître dans un local permet de mieux comprendre les remèdes possibles.

Dans un premier temps quelques modifications simples dans l'aménagement et plus particulièrement dans les revêtements, permettent d'atténuer ces problèmes.

Le plan situé derrière les enceintes devra être réverbérant pour créer une image sonore homogène, les angles seront dans la mesure du possible absorbants afin d'éviter d'exciter les résonances prenant facilement naissance dans ces encoignures. Enfin le plan situé à l'opposé des enceintes sera lui aussi absorbant afin d'éviter toute onde stationnaire et interférences dans le sens longitudinal, de plus les parois latérales doivent comporter des obstacles ou être de nature différente pour les mêmes raisons que ci-dessus.

Malheureusement dans le bas du spectre toutes ces perturbations, comme on l'a vu, proviennent des dimensions même de la pièce et il est difficile de remédier à cela simplement.

Pour effectuer ces corrections il est possible d'anticiper les accidents que va subir l'onde sonore en appliquant au signal électrique des modifications qui compenseront les perturbations amenées par la pièce :

C'est le rôle des égaliseurs ou correcteurs de courbe de réponse.

#### **Correction électronique par égaliseur**

Plusieurs types d'égaliseurs existent compte tenu des paramètres définissant un pic (ou un creux) :

- la fréquence à laquelle il apparaît
- l'amplitude
- la largeur de bande.

On définit deux types principaux de correcteurs en fonction de la fréquence.

Les égaliseurs à fréquence fixe ou graphique, comportant de 5 à 26 filtres. Les plus fréquents en haute fidélité sont des correcteurs par octave (10 filtres environ). Ils permettent généralement une augmentation et une atténuation de  $\pm 12$  dB sur chaque fréquence. Enfin ils sont souvent stéréophoniques, les corrections étant séparées sur chaque canal.

Les égaliseurs à fréquence va-

riable ou paramétriques. Ils permettent de couvrir le spectre audio de façon continue et d'obtenir un réglage très fin. Certains comportent même un ajustement de la largeur de bande en jouant sur le coefficient de surtension du filtre considéré. Généralement une dizaine de filtres de ce type sur chaque canal permettent de résoudre les problèmes les plus délicats. Ici également la plage de réglage en amplitude est de  $\pm 12$  dB environ.

A partir de cela on comprendra que la mise en œuvre de ce type de matériel doit être relativement rigoureuse. Une connaissance préalable des caractéristiques du local est nécessaire.

Pour cela les méthodes utilisées sont diverses :

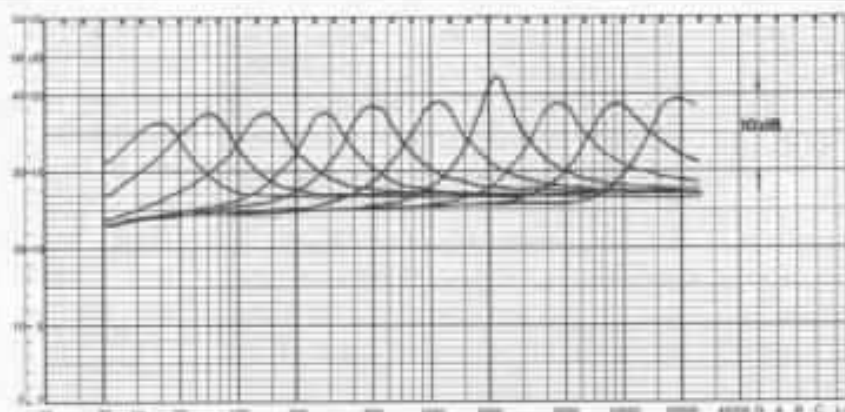
- la plus simple consiste à employer un sonomètre et un disque de fréquences et de relever la courbe de réponse. Méthode à la portée de l'audiophile exigeant.

- la plus sophistiquée emploie un analyseur en temps réel balayant automatiquement tout le spectre audio, la courbe amplitude-fréquence pouvant être visualisée immédiatement sur un oscilloscope ou sur une table traçante. Cette technique est réservée aux professionnels et il serait intéressant qu'elle puisse être mise à la portée de l'audiophile, curieux de connaître les caractéristiques précises de son installation chaîne-local.

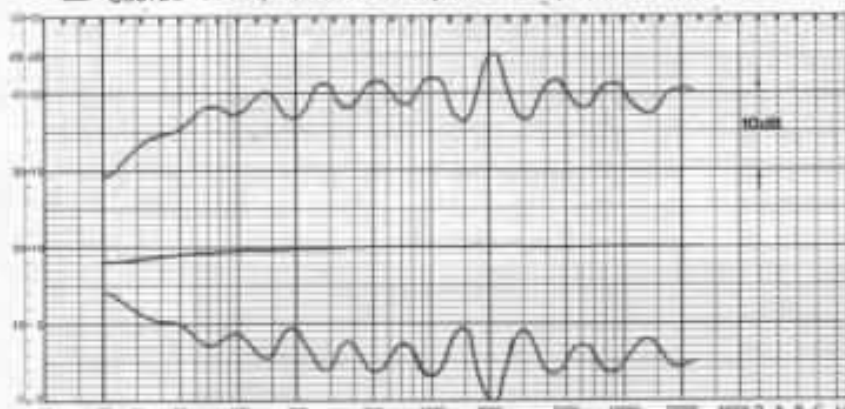
Les perturbations étant localisées avec précision, on compense avec l'égaliseur de manière approchée s'il est graphique, ou rigoureuse s'il est paramétrique en se centrant exactement sur la fréquence du pic (ou du creux).

On peut ainsi effectuer des retouches progressives afin d'arriver à un compromis satisfaisant (principalement dans le cas d'un égaliseur graphique où la précision est moindre).

L'amélioration sur le plan de l'écoute se traduit par plusieurs facteurs. Compte tenu, bien entendu des caractéristiques initiales



— Courbe de réponse des 10 filtres en position maximale



— Courbe de réponse du SOUNDCRAFTSMEN 20-12 en position linéaire, d'une part, puis avec tous les filtres en position maximale ou minimale, d'autre part.

du local (et des enceintes).

L'écoute apparaîtra généralement beaucoup plus claire au niveau du médium, élimination d'un certain flou, et du bas médium qui lui semblera moins « pâteux ».

Élimination de l'effet de masque dû à des résonances en basse fréquence surtout lorsque les enceintes sont rpes d'un angle.

Amélioration de la localisation spatiale par la sypétrisation de l'installation stéréo évitant des promenades peu réalistes d'un instrument en fonction de la fréquence.

Bien sûr il serait utopique de croire que l'égalisation est le remède universel. Elle présente certains défauts dont il faut être conscient pour utiliser au mieux ce type d'appareil :

Les égaliseurs sont constitués d'une batterie de filtres actifs ou passifs; l'intervention de l'un d'eux provoquera inévitablement une modification de l'amplitude mais aussi de la phase, paramètre

tous deux indissociables en électronique. Ainsi lors d'une correction de local, il y aura des rotations de phase en fonction de la fréquence, cependant sans les négliger, leur influence n'est pas encore très bien définie sur le plan auditif.

L'utilisation de ce genre de matériel peut conduire à une dénaturation complète des timbres et de l'équilibre sonore, lorsqu'elle est effectuée de manière trop empirique.

On pourra également reprocher que la correction n'est valable que dans une zone d'écoute privilégiée. Mais comment pourrait-il en être autrement quand on sait que même sans correction, aucun point du local ne présente la même caractéristique acoustique.

En conclusion la correction acoustique par technique d'égalisation est d'un apport précieux dans certains cas difficiles. Néanmoins elle est appréciable dans bien d'autres cas ne serait-ce que pour améliorer les caractéristiques

globales de son installation; quel qu'en soit le niveau, l'écoute en sera toujours affinée dans de grandes proportions en prenant toutefois garde à ce que l'oreille reste maître de la situation...

Nous n'avons pas la prétention d'avoir résolu ce problème ambigu que représente le couplage chaîne-local. Nous avons simplement voulu que le lecteur peu conscient de ces difficultés, ait une vision globale de ce domaine extrêmement vaste allant de l'acoustique propre au local (correction passive) à l'électronique (correction active) employée dans les égaliseurs. Nous nous efforcerons par la suite de développer en détail chacun de ces points. A ce sujet il serait intéressant d'avoir l'opinion d'audiophiles afin de savoir comment ils ont réussi à résoudre ce problème, qui répétons-le, est à la base de toute restitution sonore de haute qualité. Et en fait comment ils ont trouvé le véritable compromis.