

Amplificateurs classe A 8 watts « Le monstre »

Jean Hiraga

En fin 1979, le haut de gamme de la haute fidélité en matière d'amplificateurs concernait, en bonne partie, les amplificateurs à couplage direct, les montages en pseudo classe A ainsi que les amplificateurs ultra-puissants, pour lesquels on confondait parfois qualité et quantité. Ce qui n'empêchait pas des milliers d'amateurs de se contenter de 5 à 30 watts, sous forme d'amplificateurs à tubes ou à transistors, d'un niveau de qualité particulièrement élevé. La plupart de ces amateurs avaient compris, à force de déceptions, d'expériences, d'essais comparatifs, que la qualité primait sur la quantité. Ils avaient même remarqué, mis à part les « watts musicaux » et les exagérations imprimées sur certaines publicités, un fait curieux. Ils avaient la nette impression qu'il existait « des watts plus puissants que d'autres ».

Le Monstre I-08

C'est ainsi qu'en octobre 1979, dans le cadre de l'Audio-Fair de Tokyo, un exposant présentait un énorme appareil, un prototype d'amplificateur, qui ne vit malheureusement jamais le jour. Vu sa taille, son poids, son transformateur de 1 200 VA, son alimentation à régulation « shunt » pour chaque étage, il n'aurait pu s'agir que d'un amplificateur de très grande puissance. 2 x 300 watts ? 2 x 500 watts ? D'ailleurs, ce pro-

totype était baptisé « The Monster » (Le Monstre), un nom bien mérité. Mais il y avait quelque chose de très anormal. C'était la pancarte placée devant le « Monstre », qui indiquait « Amplificateur monaural, puissance nominale 8 watts, pure classe A ». De quoi satisfaire les audiophiles passionnés par le watt de très haute qualité, le watt « hyper-puissant ». Déjà, dès 1958, la firme anglaise Quad démontrait que 15 watts (amplificateur Quad II) suffisaient pour « driver » le fameux haut-parleur électrostatique ESL,

dont le rendement n'excédait pas 87 dB par watt. Ici aussi, l'exposant en question était la firme Stax Industries Co. Ltd, réputée pour la qualité de ses haut-parleurs et de ses casques électrostatiques et aussi de ses amplificateurs. Avec ce prototype, Stax prouvait que le watt « hyper-puissant », que le watt « hyper-transparent », d'une qualité surpassant la majorité des meilleures réalisations à tubes, existait. Pourtant, en matière d'amplificateurs à tubes, cela peut se dire en connaissance de cause.

Expériences et philosophie

Songeurs, par exemple, qu'un amateur japonais moyennement « mordu » se monte facilement, en quelques années des dizaines d'amplificateurs à tubes, avec des centaines de variantes. Les tubes triodes anciens sont connus par chacun d'eux d'une façon intégrale, en particulier pour les qualités et défauts subjectifs : « rondeur » du tube 2A3, « finesse » et « fouillé » des tubes PX4, PP3/250, AD1 ou VT52, puissance, dynamique, qualité du médium, musicalité du 300B, sans parler de l'influence des transformateurs de sortie, un point déterminant les principales qualités, les éventuels défauts, colorations ou limites d'un amplificateur. Sans parler aussi des dizaines de réalisations vendues montées ou en kit par des petits magasins spécialisés et d'une bonne quinzaine de fabricants d'amplificateurs à tubes de haut de gamme. On comprend que dans ces conditions, la compétition soit rude, les amateurs soient avertis. Il ne serait pas question de parler, sous forme publicitaire ou autre, du « meilleur amplificateur du monde », sans en avoir des preuves réelles, exagérations que l'on rencontre malheureusement assez souvent dans le monde de la haute fidélité. Le croire ne suffit pas. Il est d'ailleurs courant que l'audiophile chevronné connaisse un appareil mieux que le constructeur lui-même, lequel n'a pas toujours le temps ni le moyen d'effectuer de très longs tests, de nombreuses écoutes comparatives. Pour en revenir à notre « Monstre », le stand Stax Industries qui exposait ce prototype, ne se contentait pas d'un prototype statique, d'une maquette incapable de fonctionner ou d'une photo. Parallèlement à l'Audio-Fair, souvent appelée « Noise Fair » en raison de son bruit ambiant de 90 dB en moyenne, ce qui rendait évidem-

ment une écoute sérieuse impossible, des écoutes permanentes du « I-08 » étaient organisées dans l'auditorium de la firme Stax, située dans le quartier d'Ikébukuro (nord de Tokyo). Chacun sait que pour bien « driver » des grands électrostatiques du genre Stax ESS-6A, ELS 6A, des modèles anciens comme le KLH, des modèles plus récents comme le Dayton-Wright, des modèles combinés comme les « doubles panneaux Quad », on recommande, par expérience, des amplificateurs particulièrement stables, supportant bien les charges capacitives ou complexes, les montées et chutes d'impédance comprises parfois entre 1 Ω et 20 Ω . Depuis fort longtemps, Stax s'était acharné à rechercher, voire à réaliser expérimentalement des amplificateurs s'adaptant bien à leurs grands panneaux électrostatiques : amplificateurs à tubes O.T.L. (Technics 20A, Luxman, Futterman), amplificateurs à tubes étudiés par Stax (Stax AM6, OTL), amplificateurs à couplage direct travaillant sous haute tension (8 kV). La consommation secteur était telle que quelques visiteurs se rappellent peut-être qu'à chaque attaque sonore, chaque note, sur les percussions ou même sur la guitare acoustique, on pouvait voir les lampes d'éclairage de l'auditorium s'assombrir. Comme les lecteurs le savent, Stax concevait plus tard un amplificateur pure classe A, de 2×150 W, le DA 300, étudié surtout pour bien s'adapter à leurs enceintes.

Au stade amateur, on savait qu'il existait en circuits à tubes comme à transistors, des montages peu puissants mais d'une qualité sonore incomparable, capable de procurer une ampleur sonore, une tenue dans le grave dignes d'amplificateurs dix fois plus puissants. Déjà, vers 1976, on pouvait écouter chez des chercheurs comme M. Akiba (qui

construisit les préamplificateurs de haut de gamme Orthospectrum), chez M. Hata (firme Realon) des amplificateurs d'une quinzaine de watts seulement procurant, avec les panneaux Quad ESL, des résultats atteignant presque la limite de l'incroyable. Pourtant, il s'agissait de schémas simples : deux transistors dans un cas (pan canal), quatre tubes dans l'autre. Mais, dans les deux cas, on y trouvait des points communs avec la ligne de conduite, les circuits décrits depuis 1977 dans l'Audiophile : alimentation surdimensionnée, transformateur d'alimentation et de sortie surdimensionnés, composants « audio » sélectionnés : condensateurs, fils de câblage, résistances, connecteurs, supports. Le circuit de M. Akiba comportait notamment des transistors de puissance de type RET (Ring Emitter Transistor) savamment utilisés. Ce chercheur avait vite compris qu'il était de loin préférable de se contenter de 14 ou 15 watts si l'on arrivait à obtenir des performances exceptionnelles. M. Hata, lui aussi, avec ses quatre tubes, dont deux tubes de sortie 6RA8 (tubes triodes, brochage noval, origine japonaise, dont la fabrication a été arrêtée en 1973), son transformateur de sortie de 150 W, son alimentation de 2 200 μ F sous 380 V, obtenait une dynamique telle que, même à bas niveau, des attaques de cordes, le bruit blanc d'une flûte, suffisaient pour que l'on sente ses oreilles se saturer sur ces impulsions. Les petits

ESL en devenaient méconnaissables tant ils étaient dynamiques, clairs, larges au point que leur effet directif en devenait subjectivement beaucoup moins prononcé. Même à bas niveau, ces panneaux électrostatiques arrivaient à « remplir » une pièce, d'une façon étonnamment homogène.

Comme on se l'imagine,

l'écoute d'une paire de I-08 était un « voyage » que l'on n'est pas prêt d'oublier. Comment expliquer, tout d'abord, que deux amplificateurs monauraux, de puissance nominale 8 watts, aussi « monstrueux » qu'ils soient, puissent être capables d'apporter un résultat valable, entre 0 et 8 W avec des haut-parleurs de bas rendement. Surtout quand ils sont de type électrostatique de grandes dimensions (Stax ELS 6A), qu'ils doivent normalement être couplés à des amplificateurs d'une puissance minimum de 50 à 100 watts. Un amplificateur OTL à tubes, lui, ne pourrait donner, par expérience, de bons résultats au-dessous de 30 watts, malgré l'avantage de n'employer que peu de tubes de sortie montés en parallèle. Un bon classe A changeait les choses, quoique comparativement, le 2×15 W de notre ami M. Akiba se montrait supérieur à un montage Kanéda en classe A de puissance 2×30 W, malgré les qualités indéniables de ce dernier. Une autre exception : le bien connu amplificateur classe A 2×20 W dont il est souvent question dans ces pages, pour lequel les diverses démonstrations effectuées jusqu'ici ont vite prouvé qu'il existait, subjectivement parlant, une nouvelle notion des « watts », aussi absurde que cela puisse paraître. Comment contester des expériences vécues d'un amplificateur de 2×20 watts qui est subjectivement plus « puissant » qu'un autre de 2×300 watts. Comment expliquer que l'amplificateur de 2×300 watts, fonctionnant entre 0 et 20 watts, donc largement au-dessous de ses possibilités, aux circuits d'alimentation peu sollicités, puisse paraître moins dynamique, moins « puissant » qu'un autre amplificateur de seulement 2×20 watts, travaillant entre 0 et 20 watts, aux limites de ses possibilités...

Ce « I-08 » était malheureusement trop lourd, trop peu « puissant », trop onéreux pour en faire un produit commercial valable. C'est dire combien cette notion du watt de très haute qualité, de très haute définition, reste une chose difficile à « avaler » par la majorité du public. Fort heureusement, quelques bons exemples ont relevé ce défi, comme l'imposant Mark Levinson ML-2, dont la puissance ne dépasse pas 25 watts. Mais le but n'est pas ici de faire l'éloge d'un prototype japonais, aussi bon qu'il soit. L'essentiel est d'avoir compris la philosophie qui s'en dégage, la ligne de conduite à suivre, celle devant mener à un résultat précis, prédéterminé, même si ce résultat doit être le fruit d'un laborieux travail. Comprenons aussi que le fait d'aboutir à un amplificateur de petite puissance *n'est pas une qualité en soi, que ce n'est pas non plus un des buts recherchés*. C'est, à grand regret le seul paramètre que l'on se voit très souvent obligé de sacrifier pour en préserver d'autres. Le meilleur exemple est celui d'un amplificateur travaillant soit en classe B, soit en pure classe A, la perte de puissance, le gain en qualité dans le second cas étant à la fois avantages et inconvénients.

Quelques références

Sans prétendre s'en vanter, l'amplificateur classe A 20 W + 20 W doit être pris comme une des références, vu qu'il a déjà été étudié dans le même but. Il est basé sur un schéma original mais simple et très performant sur le plan de la qualité subjective.

Il possède l'énorme avantage d'être d'une stabilité absolue sur charge capacitive, inductive ou complexe. Avantages provenant en bonne partie de la conception de l'étage de sortie, de l'alimentation stockant une énorme réserve d'énergie.

Mais il serait ingrat de cacher

aux lecteurs le fait qu'il existe d'autres bonnes références qui pourront ainsi servir de « fondations » au présent projet. Entre 5 et 20 W, aucune référence commerciale ne peut être retenue, ce qui confirme la remarque faite auparavant. Quelques produits étonnants doivent cependant retenir l'attention. Par contre, au niveau des réalisations amateur, le choix est plus vaste. On note, par exemple des montages très particuliers, sans contre-réaction, basés sur le principe « anti-distorsion » (correcteur de linéarité de transfert, de linéarité de Hfe, etc.) étudiés par quelques Japonais et aussi par le D^r Brian Elliott (Hewlett Packard), lequel avait déjà publié dans le journal de l'AES des montages amplificateurs dont le taux de distorsion voisinait 0,000001 %. Montages très attirants mais malheureusement beaucoup trop complexes. Beaucoup moins performants, mais aussi beaucoup plus simples : quelques circuits conçus par M. Yasui (un « rival » de Kanéda), publiés en partie dans la revue Stereo Technic (dont il est fait assez souvent référence dans ces pages). Un de ses schémas, de puissance 30 W utilisant des transistors de sortie Mos-Fet est assez fascinant : c'est le seul qui parvient assez bien à maîtriser le problème de la distorsion en « palier » (distorsion constante dans une certaine marge de puissance, augmentant au-delà et diminuant en-deçà), un inconvénient que l'on rencontre « automatiquement » sur les étages de sortie Mos-Fet. Grâce à un étage driver de type cascade M. Yasui obtient une caractéristique de distorsion régulièrement montante, presque « douce ».

Mais là aussi, on y rencontre, en essayant ce montage, un défaut d'instabilité sur charge capacitive, dû en partie à des composants actifs inutilement performants. Le montage Kanéda

30 W + 30 W est à retenir, malgré la remarque faite ci-avant. Muni d'une alimentation différente, il représente un bon compromis.

« Trop bien » alimenté, le son devient trop « tendu », un peu trop « mat », quoique vivant, mais avec un certain manque d'ouverture propre à quelques petits amplificateurs à tubes. Du côté amplificateurs à tubes de petite puissance, le choix devient plus large. La plupart sont des montages à deux étages munis d'une triode de puissance. Par contre, même en montage simple étage, les pentodes et tétrodes se situent nettement en dessous du « minimum acceptable », en particulier si on se limite à un tube puissant, facile à se procurer mais limité au niveau des performances subjectives : le tube KT88 ou la 6550.

Il serait inutile de revenir sur ce sujet déjà traité dans l'Audio-ophile, pour un montage mono-tube, la limite se situant aux alentours du montage décrit dans le n° 14. Mais avec un tel tube, il serait complètement stupide de croire que, pour une raison ou une autre, il serait possible d'en faire un véritable « bijou », un diamant. N'importe quel amateur ayant eu l'expérience de centaines de montages, à l'aide de plusieurs dizaines de tubes, de transformateurs de sortie français, anglais, américains et japonais répondrait à un tel propos « qu'une casserole, même fabriquée par les maisons « Pyrex » ou « Le Creuset » restera toujours une casserole. »

Ce serait nier totalement les milliers d'expériences, plusieurs centaines d'articles publiés sur plus de cinquante ans sur les triodes, nier les performances immédiatement vérifiables qu'obtiennent près de 30 000 amateurs japonais de triodes à chauffage direct.

En prenant pour exemple, des petites triodes de puissance cons-

truites entre 1930 et 1950, on peut trouver des modèles qui, en montage mono-lampe à deux étages procurent, sans aucune contre-réaction, des timbres musicaux d'une vérité remarquable, une richesse harmonique et une sensation d'espace, de liberté étonnantes. Les meilleures de ces triodes ne sont peut-être pas connues des lecteurs, car très anciennes. Il s'agit, pour prendre les préférées, de la première version RE 604 Telefunken datant de 1930, de la PX4 et de ses équivalents (4PX, PP3/250), de l'AD1, d'origine allemande (Loewe Opta, version avec radiateur fixé sur les plaques), de la VT 52, dont il a déjà été question, (cette triode étant toutefois inférieure en qualité subjective), de la WE 275A (Western Electric U.S.A.), de la 205B (l'un des plus vieux tubes triodes, fabriqué en 1917, comportant une grille en platine pur) et de quelques autres. Tous ces tubes, dont la dissipation plaque se situe entre 10 et 15 W ne permettent d'obtenir en montage mono-lampe qu'une puissance comprise entre 2,5 et 5 W. Dans un montage réussi, la qualité de reproduction peut parfois dépasser celle de 99 % des meilleurs amplificateurs transistorisés. Les meilleurs devant donc nous servir comme base. Dans les versions plus puissantes, retenons les tubes 300B, DA30, PX25A, TM100, TM75, WE 252A, E 105B. Toutefois, sur le plan de la véracité des timbres. Mis à part peut-être la TM 100 et la 300 B, il faut avouer une perte plus ou moins prononcée de qualité, bien que compensée par une puissance de sortie plus élevée : 6 à 12 watts en mono-tube. On pourrait trouver stupide de prendre pour référence des tubes si anciens, la majorité ayant disparu, ce qui est exact. Le principal est de savoir qu'entre un violon de 15 dollars et un Stradivarius, la différence est audible, et que l'on ne doit pas délaissier ce

dernier sous prétexte qu'il est trop vieux ou qu'il n'est plus fabriqué.

Parmi les appareils plus puissants, le Kanéda classe A 50 W + 50 W reste une référence très importante. On ne peut délaissier non plus « l'Exclusive M-4 », également un classe A 50 W + 50 W conçu par Pioneer, ni l'hyper-puissant Mac Intosh MC 3500 (à tubes, bloc mono de 350 W), tous remarquables dans diverses parties du spectre : qualités de délié, d'espace infini, de tenue, de dynamique, de justesse des timbres du Kanéda, équilibre, « filé » du M-4, bas-médium et ampleur sonore du MC 3500 telle que celui-ci devient difficile à rivaliser sur un morceau d'opéra, sur une symphonie enregistrée en public.

Pour en revenir à l'amplificateur Hiraga classe A 20 W + 20 W, on ne pourrait nier les qualités de l'ensemble utilisé en large bande. Par contre il est indéniable que pour faire mieux, il aurait fallu lui ajouter les qualités du grave, du bas médium du Kanéda 50 W classe A jointes à celles du MC-3500, apparemment contradictoires. Il aurait fallu aussi ajouter la finesse des timbres des meilleurs tubes triodes à celles de propreté, de délié, de justesse des timbres du Kanéda. Que de prétentions.

Mais, pour aller très loin, il faut vouloir, il faut persévérer. Le préamplificateur Kanéda, le petit Sunsey Minimum, le préamplificateur Hiraga à tubes (l'Audio-ophile n° 21), le préamplificateur Minimum à tubes, le pré-amplificateur Hiraga, et l'amplificateur Hiraga 20 W + 20 W classe A, montrent qu'il est possible, à l'aide de schémas simples, de composants soigneusement choisis, d'aller très loin.

L'essentiel étant de croire que ce doit être possible. Le résultat, c'est ce « Monstre » 8 W + 8 W classe A.

Le « Monstre »

Contrairement à ce que son nom indique, à sa puissance efficace, à son travail en pure classe A, il ne s'agit pas d'une copie, d'un montage inspiré du « Monstre » I-08 de Stax. Celui-ci ne comportait pas moins de 42 transistors dans sa section amplification. Malgré ses performances, c'était un circuit trop complexe. En quelques mots, c'est en fait un montage inspiré du 20 W classe A. Avant de revenir sur ce circuit, d'autres essais, d'ailleurs toujours en cours, concernaient des montages comportant des sorties mono-transistor, de type

germanium. La puissance limitée à 5 W, la difficulté de trouver de bons transistors de puissance au germanium ont fait que ce projet n'a pas encore abouti. D'autres essais, qui n'ont pas abouti à un résultat satisfaisant concernent plusieurs montages sommairement décrits sur la figure 1.

Brièvement, nous nous sommes principalement attachés aux points suivants par rapport au montage classe A 20 W bien connu des lecteurs. Sachant, bien évidemment, que le sacrifice en matière de puissance nous autorisait une marge de manoeuvre beaucoup plus large.

• **Etage d'entrée :** transistors encore plus silencieux, à grand gain, mais linéaires

— faible courant de fuite en entrée

— impédance d'entrée plus élevée

— circuit à réduction de l'effet Miller, pour réduire le taux de distorsion aux fréquences élevées

— étage d'entrée pouvant être surmodulé sans risque de saturation.

• **Etage driver :**

— circuit d'autocompensation de distorsion de linéarité

— faible impédance de sortie

— faible distorsion

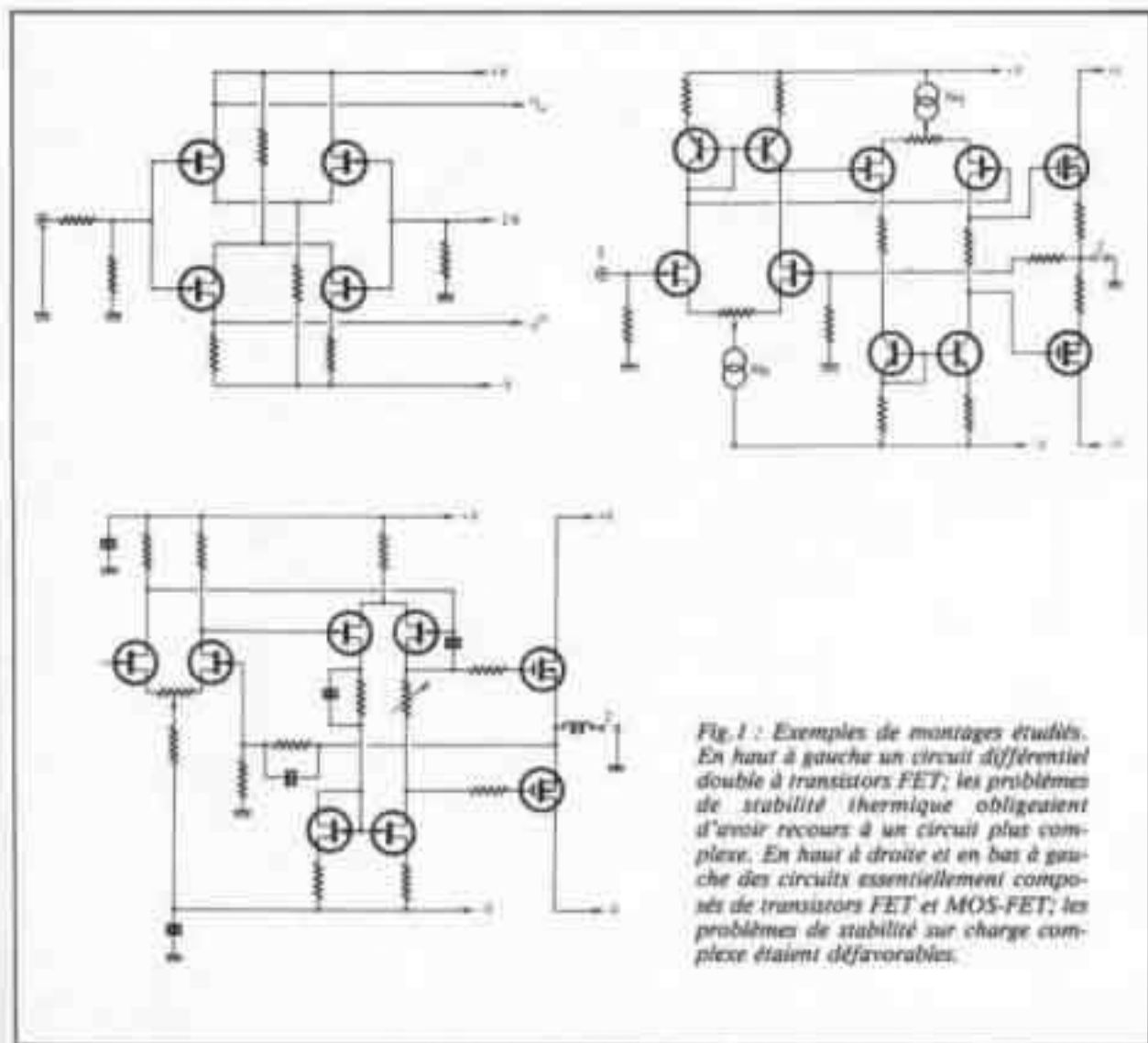


Fig. 1 : Exemples de montages étudiés. En haut à gauche un circuit différentiel double à transistors FET; les problèmes de stabilité thermique obligeaient d'avoir recours à un circuit plus complexe. En haut à droite et en bas à gauche des circuits essentiellement composés de transistors FET et MOS-FET; les problèmes de stabilité sur charge complexe étaient défavorables.

- niveau de sortie plus élevé
- large bande passante.

• **Étage de puissance :**

- similaire au 20 W classe A
- choix orienté vers d'autres transistors de sortie, moins puissants, mais supérieurs en qualité subjective.

Pour les améliorations souhaitées sur le plan subjectif, elles ont été décrites auparavant. Certaines paraissent assez contradictoires mais, mis à part le résultat qui le prouve, la façon de procéder dans le choix des différents paramètres montre comment cela est possible. A part l'imprévisible, ce serait de la sonorité

sur mesure. L'écoute finale ne devant pas pas surprendre, à part, peut-être, de très petits détails.

La figure 2 montre le circuit général, où l'on reconnaît l'étage de sortie « Darlingnot », en Darlington inversé. On note que l'ancienne combinaison 2SC 1096/2SA 634 et 2SD 188/2SA 627 passe à une nouvelle combinaison, un peu moins puissante mais beaucoup plus performante. Le choix des drivers est à la fois subjectif et objectif. La valeur du C_{in} de 75 pF sur le 2SA 634 passe à seulement 1,8 pF sur le 25B 716. Par con-

tre, on note un P_c beaucoup plus faible (seulement 750 mW) sur le nouveau driver, valeur cependant suffisante pour driver l'étage de sortie. Les paires de sortie 2SD 844 et 2SB 754 sont de type moulé, en nouveau boîtier. Cette paire complémentaire possède un P_c de 60 W, ce qui est suffisant pour un travail en classe A sous une puissance modulée de 8 à 15 W. Cette paire peut travailler sous une tension d'entrée deux fois plus faible que sur la paire 2SD 188/2SA 627, ce qui explique l'emploi d'un étage driver plus petit. La figure 3 montre les différences existant

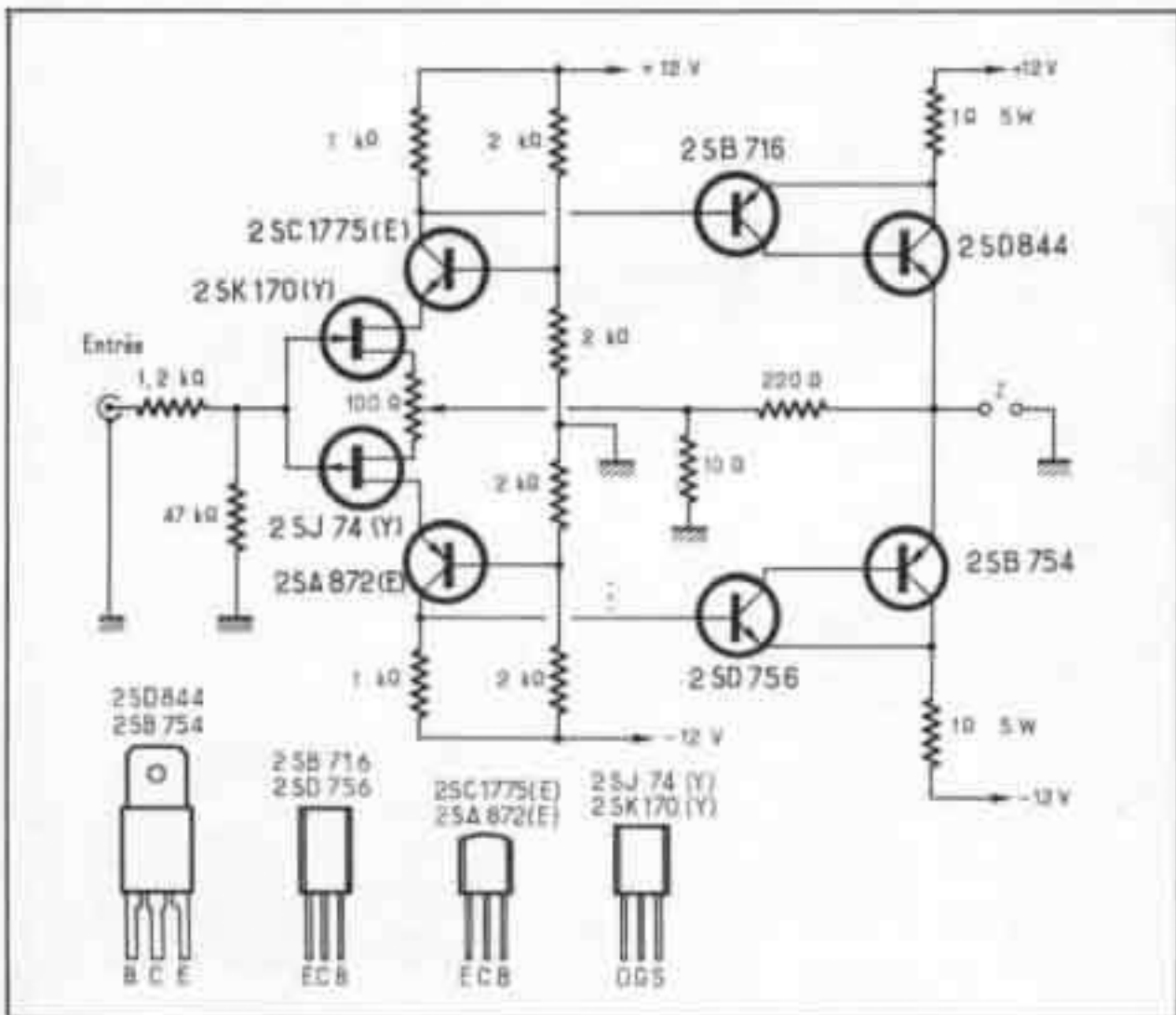


Fig.2 : Circuit de l'amplificateur classe A 10 watts

entre ces transistors. Noter que pour un travail en classe A jusqu'à 20 W, ces transistors n'auraient pu convenir. L'étage de sortie ainsi monté avec les 2SB 716/2SD 756 et 2SD 844/2SB 754 procure, par rapport aux 2SC 1096/2SA 634 et 2SD

un temps de montée extrêmement rapide (moins de 0,5 μ s). Noter qu'une telle performance sur transistors Mos-Fet ne pourrait être aussi stable sur charge capacitive. Un autre avantage est la possibilité de réduire la longueur des liaisons driver/

qualités subjectives : le WE 310A, un tube pentode absolument remarquable sur la voix, la guitare, le piano, bref exceptionnel dans la bande 200 - 5 000 Hz. L'emploi de transistors bipolaires peut produire facilement de la distorsion par harmoniques

Transistors	V _{CEO} V	V _{EB0} V	I _C th A	P _C W	H _F	V _{CE} V	I _C A	V _{CE} V	I _E mA	F _T MHz	R _{in} Ω
2SD 188	100	7	7	60	60	2	3	10	-200	10	7,5
2SD 844	50	5	7	60	70 ~ 240	1	1	5	-1A	15	3,5

Fig.3 : Tableau de comparaison des transistors 2SD 188 et 2SD 844

188/2SA 627 :

- un peu moins de distorsion entre 0,1 et 3 W, aux fréquences élevées (effet de C_{in} plus faible des drivers) ;
- aigu plus défini ;
- bas médium plus ample ;
- grave encore mieux tenu (R_{in} des transistors de sortie de 3,2 Ω au lieu de 7 Ω) ;
- son plus ouvert (taux de C.R. plus faible) ;
- médium plus « chaud » mais aussi détaillé.

Les autres avantages ne changent pas. Contrairement aux amplificateurs courants, la puissance de sortie n'augmente pas quand l'impédance de charge diminue. La caractéristique puissance/impédance n'est pas descendante (amplificateurs courants) mais arrondie, comme sur un amplificateur à tubes OTL. Entre 7 et 20 Ω la variation de puissance est minima et à 30 Ω, elle est encore importante ce qui avantage le travail sur des enceintes à haut rendement, l'impédance de celles-ci à la résonance pouvant dépasser 100 Ω.

Le circuit reste de stabilité inconditionnelle, même chargé par 1 μ F en parallèle sur 8 Ω (voir photos). L'ensemble permet d'obtenir une très large bande passante (plus de 4 MHz),

transistor de puissance. D'environ 18 cm sur le 20 W classe A, elle est cette fois directe, les transistors de puissance pouvant se monter directement sur le circuit imprimé. Ce qui réduit les capacités de liaison et les éventuels risques d'instabilité.

Comme mentionné au préalable, on constate qu'il jectif exactement conformes à ce qui était souhaité ainsi que l'inconvénient d'une puissance de sortie limitée à environ 8 W.

Comme le mentionnions au préalable, on constate qu'il existe des relations très étroites entre les performances subjectives et les configurations de schéma utilisés. Un travail systématique et rigoureux permet ainsi d'atteindre le but recherché, au sacrifice cependant d'un paramètre qui est, dans le cas présent, la puissance limitée aux environs de 8 W.

L'étage d'entrée

Il n'est pas du tout similaire celui qui était employé sur le 20 W classe A.

Dans ce circuit, le choix de l'étage d'entrée était primordial. Aussi curieux que cela puisse paraître, il s'agissait de retrouver ici un son proche d'un tube driver réputé au Japon pour ses

impairs tandis qu'une paire complémentaire à effet de champ produira un peu trop d'harmoniques impairs (son dur et désagréable, ce qu'explique sommairement la figure 4. Dans le cas du circuit du 20 W, le compromis consistait à employer des transistors bipolaires de très bonne qualité subjective, les 2SA 872(E) et 2SC 1775(E) dont le montage procurait un taux de distorsion plus élevé, mais un dégradé en distorsion harmoni-

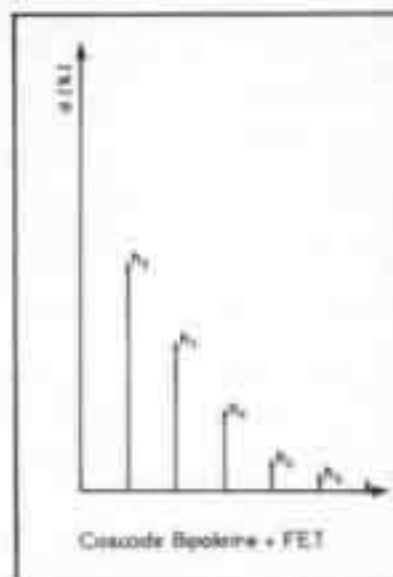


Fig.4 (a) : Spectre de distorsion sur montage cascade FET-Bipolaire.

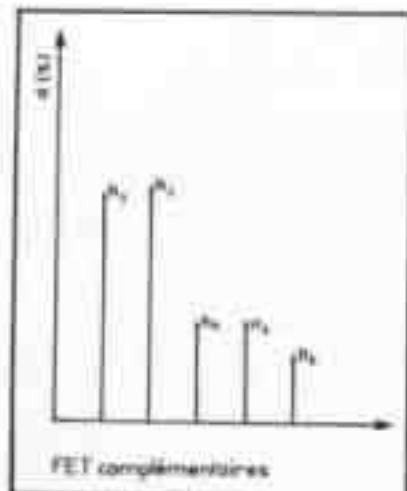


Fig. 4 (b) : Spectre de distorsion sur paire complémentaire FET.

que particulièrement bon. Le second étage attaquait d'ailleurs le driver à la limite de la saturation, ce qui ne posa heureusement pas trop de problème, après les réglages divers (voir n° 15) et ajustage de la tension d'alimentation à ± 21 V.

Les caractéristiques I_d/V_{ds} d'un transistor à effet de champ étant de même configuration que celles d'un tube triode d'une part, les caractéristiques de spectre de distorsion d'un tube 310A ne ressemblant pas tout à fait à celles d'un transistor bipolaire d'autre part, un montage combiné de transistors va apporter simultanément ce que l'on recherche :

- sortie à basse impédance ;
- gain très élevé ;
- faible distorsion ;
- faible courant de fuite en entrée ;
- circuit à très faible effet Miller ;
- niveau de saturation d'entrée élevé.

Il s'agit d'une paire complémentaire cascade « panachée » FET/bipolaire pour laquelle le choix des transistors sera fait méticuleusement, afin d'obtenir les résultats souhaités.

Sans ce montage cascade complémentaire, ces résultats n'auraient pu être obtenus d'une autre façon.

Le montage cascade permet en effet l'obtention d'un gain très élevé et les risques d'instabilité, dans le cas du présent montage sont pratiquement inexistant. Dans le cas de tubes triodes à grand gain, ce n'aurait sans doute pas été le cas. Ensuite, la combinaison FET/bipolaire produit une caractéristique combinée proche d'un tube pentode. Ce qui équivaut à un spectre de distorsion avec prédominance d'harmoniques impaires. Ceci est volontaire, vu que le montage en push-pull se chargera de réduire ceux-ci d'où une combinaison d'ensemble devant apporter un bon résultat.

Un montage cascade de ce type, à sortie basse impédance apportera les améliorations subjectives souhaitées, c'est-à-dire plus d'ampleur dans le bas-médium, mais également un grave ferme et bien tenu (dû aussi aux circuits d'alimentation). Mais son avantage décisif sera un gain important en transparence. Mais l'obtention de ces résultats dépend étroitement du choix des transistors. Une condition obligatoire : utiliser en entrée un transistor à effet de champ à G_m très élevé, de 20 à 30 fois plus élevé que celui d'un transistor Fet du genre 2SK 30 AGR. Employé seul, ce genre de transistor, à très faible bruit ne pourrait convenir que pour des pré-préamplificateurs et des préamplificateurs. Seul, les Fet employés ici, la paire complémentaire 2SK 170/2SJ 74 dont les deux seuls avantages ont un très faible bruit

$$(e_n = 0,9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}})$$

et un G_m élevé : 2,2 mMho. Mais les défauts de ces transistors sont nombreux :

- courant de fuite de gate important (perte de transparence sonore) ;
- capacités parasites C_{gs} et C_{gd} (entrée et retour) importantes : 30 pF et 6 pF (au lieu de 8 et 2 pF environ sur le 2SK 30 AGR) ;

— courant de fuite de gate augmentant très rapidement lorsque la tension de travail V_{gs} augmente ;

— tension de saturation d'entrée très basse, due au gain élevé (0,2 V environ).

Un montage en cascade améliore considérablement ces caractéristiques. On aurait pu monter en cascade des transistors Fet, comme sur la figure 5(a) mais la combinaison bipolaire NPN/Fet canal N est préférable (b). Les avantages décisifs sont :

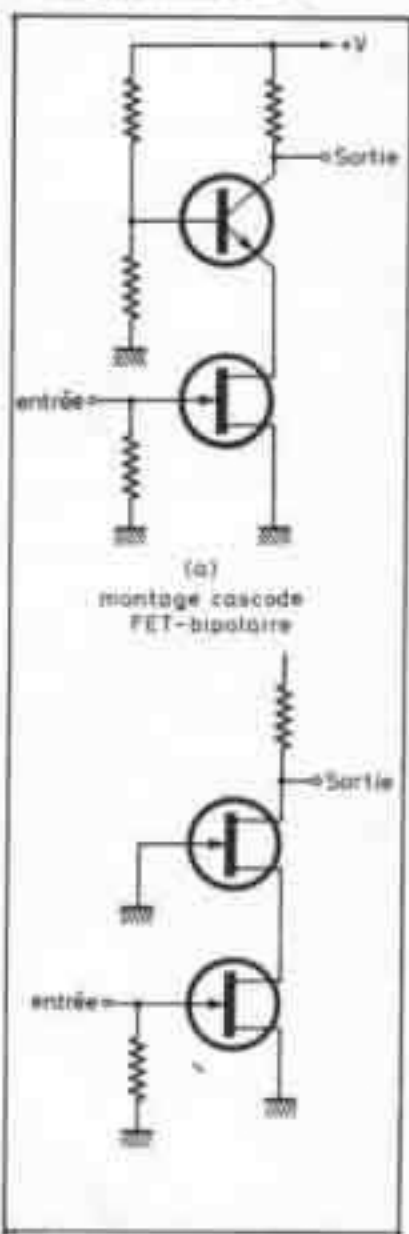


Fig. 5 : Montages cascade.

— réduction considérable de la capacité parasite C_{ss} (capacité de « retour » drain-gate) qui passe au $1/10^e$ de sa valeur initiale, soit 0,06 pF au lieu de 6 pF, soit une réduction importante de l'effet Miller (figure 6);

— abaissement de la tension de travail V_{ds} (le montage étant en série), réduction conséquente de I_{gs} (courant de fuite de gate), comme le montre la figure 7.

— niveau de saturation d'entrée plus élevée (près de 1 V au lieu de 0,2 V).

La figure 8 montre schématiquement le circuit d'entrée et l'équivalent électrique.

Ce montage s'est montré, par ailleurs, plus intéressant qu'un transistor FET standard monté avec régulateur de courant : moins de gain, impédance de sortie élevée, perte de dynamique subjective, effet de la capacité de sortie sur la distorsion.

Dans ce montage, l'impédance d'entrée, qui est élevée est chargée par 47 k Ω et une résistance d'arrêt de 1,2 k Ω est montée en série dans le circuit d'entrée. Le circuit cascade complémentaire est chargé par seulement 47 k Ω , le courant étant de l'ordre de 0,9 à 1 mA. Les bases sont polarisées par les quatre résistances de 2 k Ω et les divers essais de régulation (diodes zeners) se sont montrés inférieurs à l'écoute. Le choix de la combinaison 2SK 170 -2SJ 74/2SC 1775-2SA 872 a encore été effectué sur des critères subjectifs, en fonction, bien sûr, du résultat global.

Dans le prochain numéro, le montage et d'autres éventuels réglages seront détaillés, ainsi que l'imposante alimentation de ± 14 V, sur batterie au plomb montées en tampon. Le lecteur trouvera par contre sur la figure 10 le circuit imprimé de ce montage.

Mesure et écoute

Ce circuit a été soigneusement mis au point, à la mesure comme à l'écoute, en avril 1982. Il avait été « mis de côté » pour une

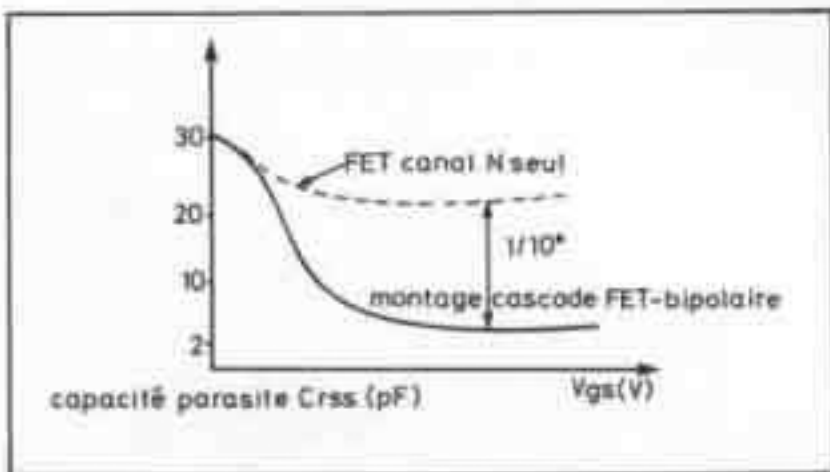


Fig. 6 : Réduction de l'effet Miller, grâce à l'emploi du montage cascade

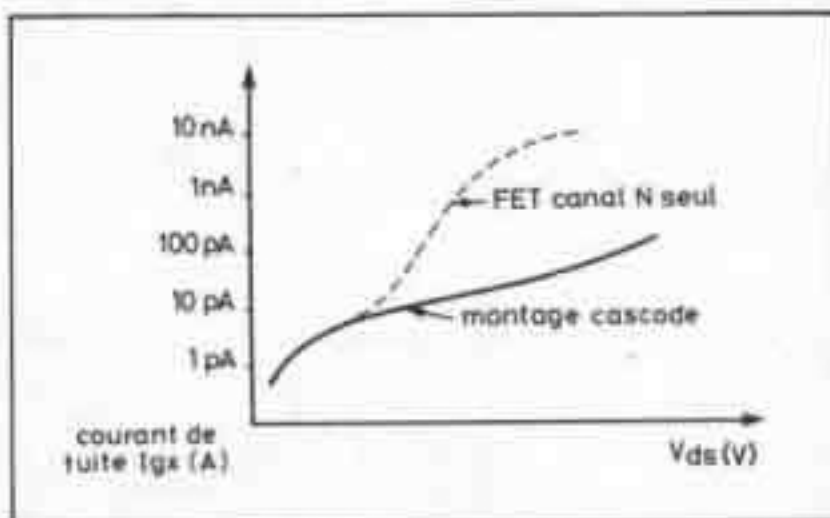


Fig. 7 : Réduction du courant de fuite I_{gs} , par l'emploi du montage cascade, par rapport à celui d'un transistor FET seul.

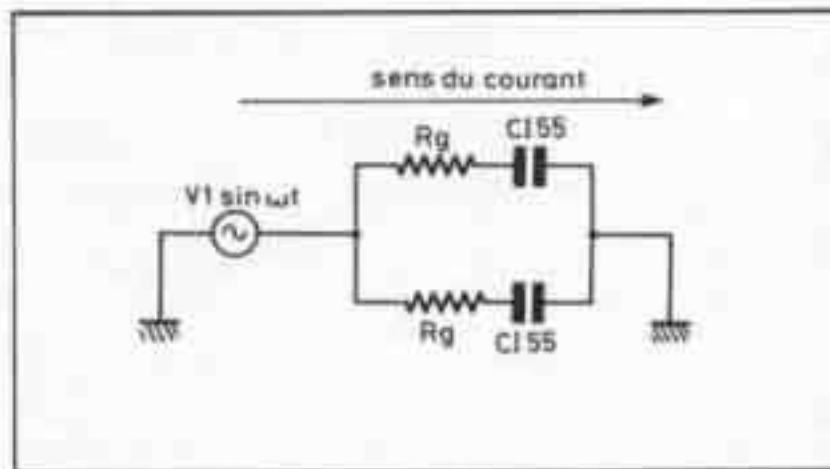


Fig. 8 (a) : Schéma électrique équivalent d'un montage cascade complémentaire.

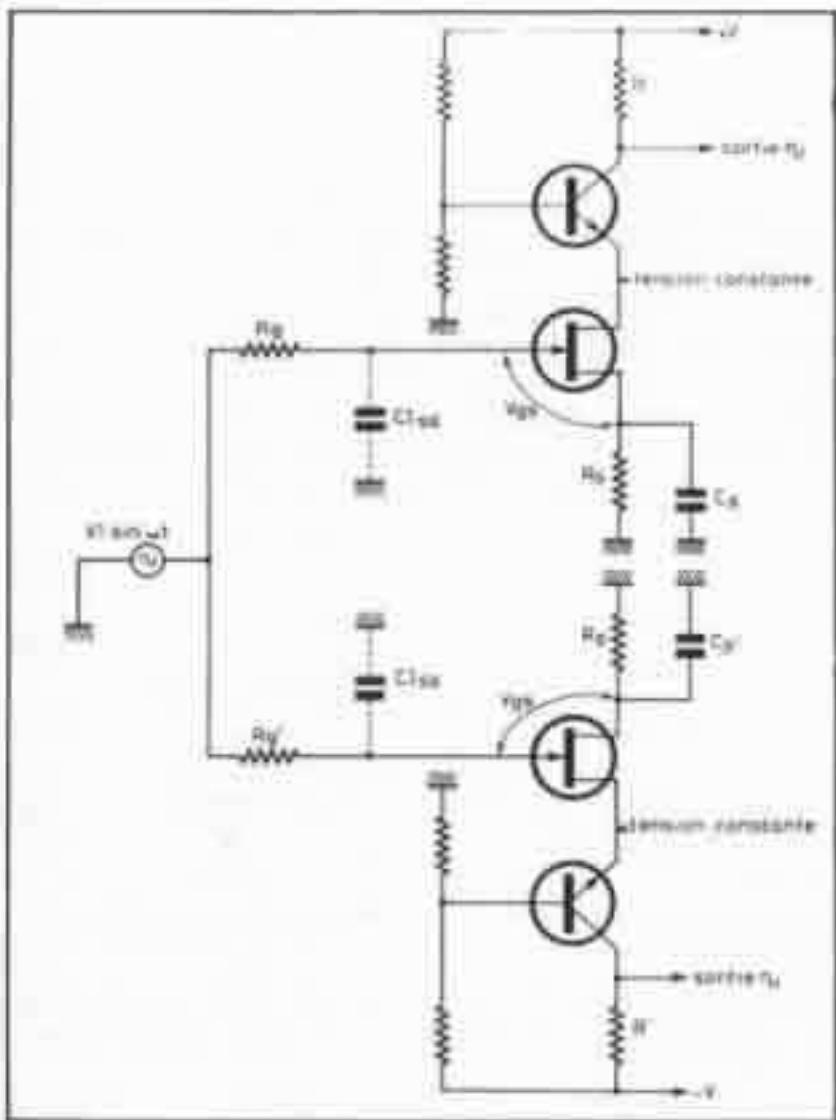


Fig.8 (b) : Circuit cascode complémentaire.

question de transistors dont le choix apportait un résultat dépassant même les prévisions, sur le plan de l'écoute mais qui étaient encore très difficiles à se procurer sur le marché japonais. La paire 2SD 844/2SB 754 était particulièrement difficile à trouver, le Hfe ne correspondant pas aux valeurs souhaitées. Ce Hfe, de 60 sur les 2SA 627/2SD 188 est ici compris suivant les lots (K, L, M, N, O) entre 70 et 240 et seuls les lots K et L (2SD 844 K et 2SB 754 L) peuvent convenir. Quant aux 2SK 170/2SJ 74, ce

sont des transistors encore assez difficiles à trouver, car récents et fabriqués seulement en petite série par la firme Toshiba.

Pour l'écoute, dont le résultat dépend aussi de l'alimentation, on arrive au curieux mais étonnant compromis tubes triodes/ amplificateur Hiraga 20 W classe A, où seule la puissance de sortie représente une petite ombre sur le tableau de performances. Dans l'ensemble, on obtient un son particulièrement défini, aéré, des sons de réverbération, d'échos plus libres, alors



Réponse sur signal carré à 20 Hz. En haut, sortie amplificateur, en bas, sortie générateur.



Réponse sur signal carré à 20 kHz sur charge capacitive, 0,47 μF en parallèle sur 8 Ω.



Allure du front de montée à 10 kHz. Le temps de montée est inférieur à 0,5 μs. Il est difficilement mesurable avec le banc de mesure qui était employé.

que les sons directs sont encore plus présents, mieux timbrés et plus « chauds ». Le paradoxe se situe dans le grave qui, avec l'imposante alimentation, peut enfin se comparer à celui des amplificateurs Kaneda-classe A 30 W et 50 W : fermeté exceptionnelle, superposition de sons extrêmement fermes sur des sons infiniment doux et légers. Superposition de sons infiniment doux sur des sons aux contours finement ciselés.

Même sur des systèmes de rendement moyen, cet amplificateur

