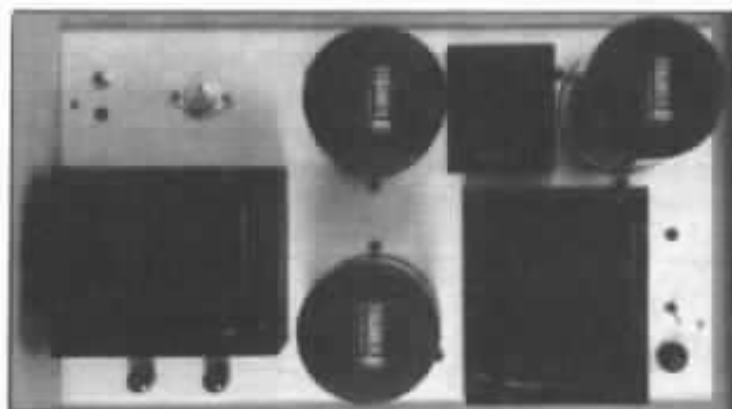


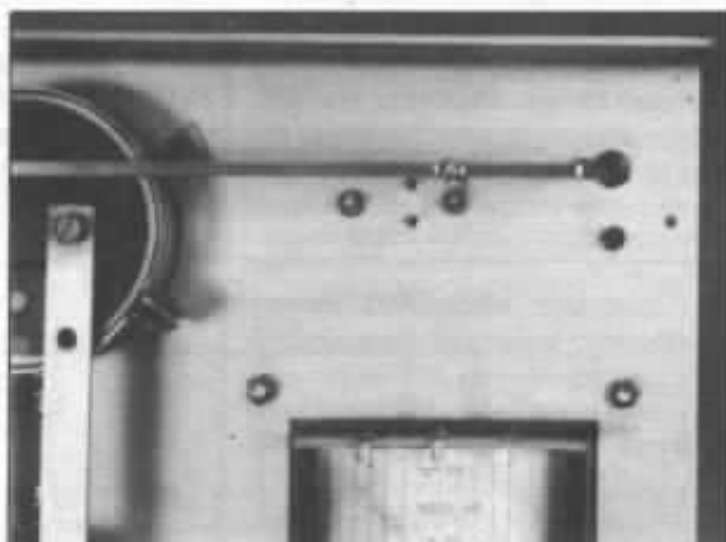
figure 17 (L'Audiophile n° 34, page 21) est le schéma C, qui utilise un étage d'entrée différentiel. Ce type d'étage combine les avantages d'une haute impédance d'entrée, de faible taux de distorsion et offre un taux de réjection en mode commun (CMRR) élevé. La sensibilité d'entrée moyenne de l'amplificateur devant se situer aux alentours de 0,7 V pour des raisons pratiques d'utilisation, le choix du transistor d'entrée s'est porté vers le 2SK 30 AGR, un transistor à effet de champ de qualité remarquable, mais n'existant malheureusement pas sous la forme d'un boîtier double à éléments appairés. Ce qui est le cas

du 2S 243-2 ou du 2SK 240 pour lesquels la valeur du G_m est cependant trop élevée. Les premiers essais vont se porter sur des valeurs de 4,7 k Ω pour les 2 résistances de charge de drain. La polarisation est fixée à - 0,6 V, correspondant à peu de choses près au point le plus favorable vis-à-vis des variations de température. Les transistors de sortie sont polarisés sous + 2,1 V, ce qui devrait permettre d'obtenir un travail en pure classe A et une puissance de sortie de l'ordre de 20 W. Une commutation en classe AB peut également s'envisager, le courant de repos passant alors à 67 mA (soit une polarisation de + 0,58 V).

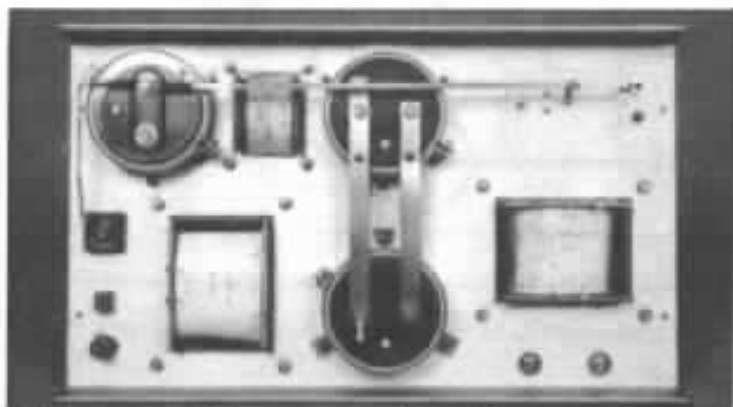
C'est le point qui correspond en effet à l'annulation totale du coefficient de température (pour des variations comprises entre 0°C et + 120°C). La figure 8 montre l'aspect du montage «Quadrigé», du moins dans sa version théorique. Il est fort probable que les valeurs des composants se trouvent modifiées après la mise au point et que plusieurs circuits stabilisateurs soient introduits dans le circuit. D'autre part, l'étage d'entrée présentant un gain assez élevé, une protection devra être introduite afin d'éviter de porter les gates des 2SK 135 à des valeurs supérieures aux limites de sécurité de fonctionnement.



Châssis, vue de dessus.



Vue de détail du châssis : 2SK 135, ligne de masse, diode LED, transformateur de sortie.



Châssis, vu de dessous, avec lignes de masse.



Amplificateur Némésis au banc de mesure.



L'amplificateur Némésis

2. Montage et mise au point

Jean Hiraga

Dans le dernier numéro de L'Audiophile est paru un article exclusif concernant un amplificateur de puissance baptisé « Némésis ». Son originalité, sa conception monotransistorisée a suscité un grand intérêt parmi nos lecteurs, ceci aussi bien en raison de la simplicité de sa réalisation pratique qu'en raison de ses performances subjectives peu communes.

Nous allons aborder cette fois le côté pratique de la réalisation du « Némésis », c'est-à-dire l'implantation, le montage, le châssis, lesquels exigent certaines précautions telles que celles que l'on pourrait trouver en H.F. Une description complète des plus petits détails du câblage évitera ainsi les mauvaises surprises et les fastidieuses heures de mise au point. Les lecteurs remarqueront également quelques petites modifications des valeurs de condensateurs et de résistances. Elles proviennent d'une mise au point rigoureuse effectuée non pas à partir du transformateur de sortie de pré-série, mais à partir de la version de série. Des mesures complètent cette mise au point.

En fin d'article, on abordera la version push-pull qui devrait déboucher, si de bons résultats sont obtenus, à une réalisation pratique suivie d'une description complète du câblage et de la mise au point.

L'originalité du circuit amplificateur de puissance Némésis réside dans l'utilisation d'un seul transistor. Le montage décrit dans le précédent numéro utilise un transistor de structure MOS-FET, d'origine japonaise et de marque Hitachi, le 2SK 135.

Le transistor 2SK 135

Ce transistor MOS-FET, canal N fait partie d'une gamme de transistors de même puissance et de caractéristiques pratiquement identiques mis à part la valeur maximale de la tension drain-source. Pour les versions de

canal N, il s'agit des références 2SK 132, 133, 134 et 135 pour lesquels le V_{DSS} atteint les valeurs respectives de 100, 120, 140 et 160 volts. La version 2SK 135 est sur ce plan le modèle le plus robuste. Bien que la tension d'alimentation ne soit que

de l'ordre de 40 V, la courbe I_D/V_{DS} que l'on avait pu voir dans le numéro 34, page 19, figure 12 montre le placement de la droite de charge, charge qui est inductive et non résistive. Il se produit alors, lors de l'apparition d'un signal négatif, des tensions transitoires pouvant atteindre un maximum de 110 volts. La figure 1 montre les caractéristiques de SOAR de ces 4 versions qui permettent de comprendre pourquoi le choix s'est fixé sur le 2SK 135 et non sur le 2SK 134 qui est une version beaucoup plus populaire. Chacune de ces versions possède, en plus de sa référence, un code de tri en courant (comme 5B1 par exemple).

Hitachi réserve d'autre part le suffixe H, pour les versions 2SK 134H et 2SK 135H, aux applications industrielles en commutation et en alimentations à découpage.

Les lecteurs sont d'autre part très certainement au courant du remplacement progressif des boîtiers TO-3 par des nouveaux boîtiers TO-3 par des nouveaux boîtiers moulés à semelle métallique horizontale. Dans un avenir peut-être assez proche, il est fort possible que le constructeur japonais Hitachi décide de supprimer les séries 2SK 132, 133, 134 et 135 pour ne laisser sur le marché que les versions de remplacement de référence 2SK 225, 2SK 226 et 2SK 227, modèles de

remplacement respectifs des 2SK 133, 2SK 134 et 2SK 135. Ces versions en boîtier moulé sont d'ailleurs déjà en vente au Japon depuis juin 1984. Des essais seront d'ailleurs fait ultérieurement sur le modèle 2SK 227, pour lequel les caractéristiques sont en tous points semblables à celles du 2SK 135. La figure 2 montre les différences existant entre le boîtier du 2SK 135 et celui du 2SK 227. Noter que sur le 2SK 135 la hauteur du capôt recouvrant la puce est plus haute que celle d'un boîtier TO-3 classique, genre 2N 3055.

Température du boîtier

Sur le 2SK 135, la température de jonction est de 150°C. La dissipation de la chaleur émise s'effectue par l'intermédiaire de la semelle métallique que l'on doit relier au radiateur. Les conditions de travail du transistor ainsi que les dimensions du radiateur vont porter le boîtier à une température donnée, celle-ci ayant également une rétro-action sur certains paramètres. Pour les transistors de puissance bipolaires, le coefficient de température positif peut conduire à des risques d'emballement thermique, notamment en classe A et surtout lorsque plusieurs transistors sont montés en parallèle. Un débit en courant légèrement plus élevé d'un des deux transistors montés en parallèle va provoquer une légère augmentation de la température du boîtier (et de la puce), ce qui va réduire le seuil de tension émetteur-base de ce transistor, conduisant à une augmentation du courant collecteur. C'est la répétition de ce cycle qui est connue sous le nom d'emballement thermique.

Sur un transistor MOS-FET de puissance, le coefficient de température est non pas positif mais négatif. Dans le numéro 34 de L'Audiophile, la figure 7 montre en effet que pour une

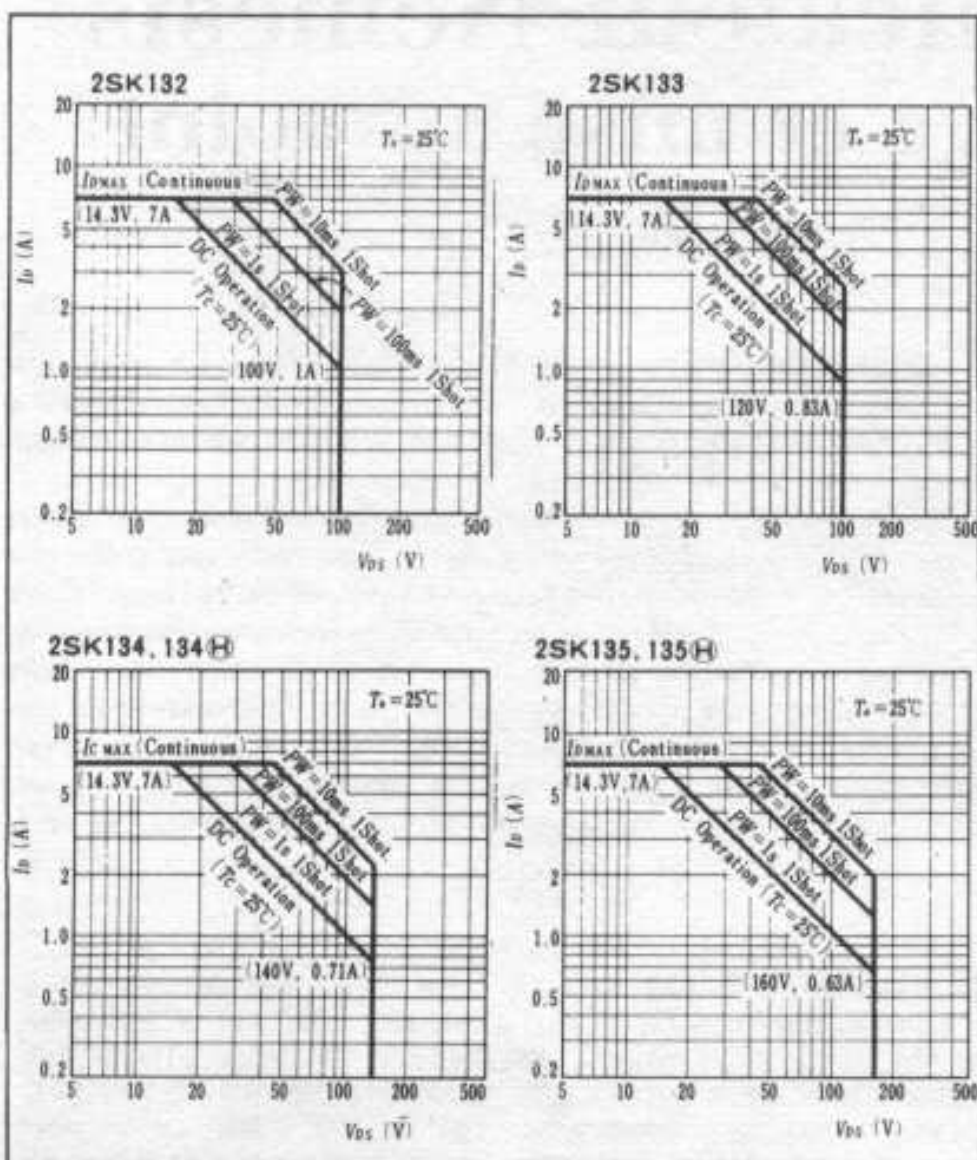


Fig. 1 : Aires de fonctionnement de sécurité des transistors MOS-FET 2SK 132, 2SK 133, 2SK 134 et 2SK 135.

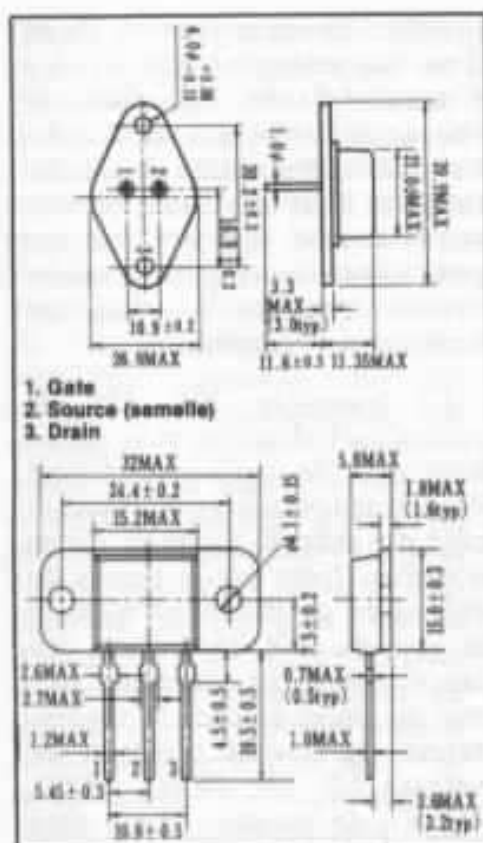


Fig. 2 : Boîtiers des transistors 2SK 135 (A) et 2SK 227 (B), ce dernier, remplacement du 2SK 135 étant une version moulée à semelle métallique.

température de boîtier de 25°C un V_{GS} de 1,8 V produit un courant de drain I_D de 1,025 A. Si, pour une même tension de V_{GS} , la température du boîtier passe à 75°C, le courant de drain I_D n'augmente pas mais diminue et passe à une valeur de 0,72 A. C'est pourquoi, de ce point de vue, la mise en parallèle de plusieurs transistors MOS-FET ne comporte pas les risques des transistors bipolaires, mais produit au contraire une sorte d'effet stabilisateur.

Mais il ne faut pas croire pour autant que cet effet stabilisateur assure des marges de sécurité de fonctionnement très importantes. Il faut encore tenir compte des limites de température que peuvent supporter le boîtier du transistor. La puissance totale de 100 watts annoncée par le constructeur concerne en effet une température de boîtier ne dépassant pas 25°C. En admettant que la température de boîtier passe à

125°C, la puissance totale à ne pas dépasser ne serait plus de 100 watts mais de seulement 18 watts. Dans ces conditions, pour une tension de V_{DS} de 40 V, le courant de drain I_D ne pourrait dépasser 0,45 A sans danger. Le graphe de la figure 3 montre les limites de puissance totale à ne pas dépasser, en fonction de la température du boîtier. Les caractéristiques de SOAR de la figure 1 n'indiquent en effet que les courbes correspondant à une température de boîtier de 25°C, dans le cas d'un fonctionnement en débit continu (classe A ou indication DC opération sur le graphique). C'est pourquoi il est important de tenir compte, lors de l'implantation et du choix des radiateurs des trois paramètres suivants :

- caractéristique I_D/V_{DS}
- caractéristique I_D/V_{GS}
- caractéristique $P_{tot.}/T_c$ à ne pas dépasser.

Dans le cas de l'amplificateur Némésis, la dissipation totale étant de l'ordre de 40 watts, la température du boîtier ne doit pas dépasser 95°C, ceci que l'on tienne ou non compte de l'effet de coefficient de température négatif du 2SK 135. L'important étant de tenir compte de la puissance dissipée réelle et de la température réelle du boîtier en travail continu.

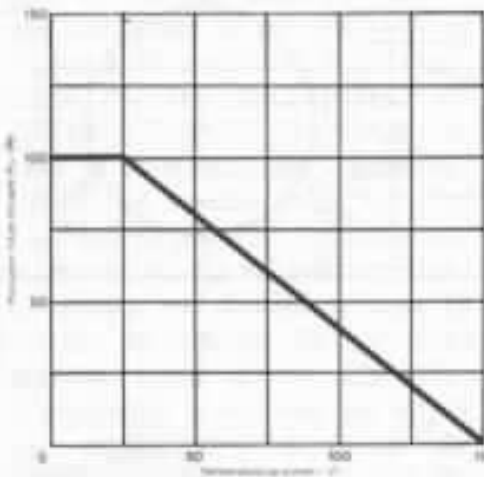


Fig. 3 : Transistor 2SK 135. Dissipation maximale en fonction de la température de fond du boîtier.

Sur l'amplificateur Némésis, les premiers prototypes utilisaient un châssis en aluminium anodisé d'épaisseur 1 mm. Les impératifs de liaisons ultra-courtes à réaliser lors du câblage (liaison entrée-gate en particulier) nous ont fait choisir la solution la plus simple consistant à fixer le transistor à plat sur le dessus du châssis, ce dernier faisant office de radiateur.

Des mesures de température effectuées à l'aide d'une sonde ont montré qu'au bout d'une heure de fonctionnement continu, la température du boîtier atteignait 65°C. Ce qui laisse une marge de sécurité suffisante, c'est-à-dire correspondant soit à 25°C supplémentaires, soit à 20 watts dissipés supplémentaires (pour une température de 65°C). Pour plus de sécurité, la nouvelle version du Némésis, bien que de présentation identique à celle du prototype, utilise un châssis dont l'épaisseur est cette fois de 3 mm. Avec ce nouveau châssis, la température du boîtier passe alors à environ 50°C. Elle passe même à 45°C si l'on supprime la feuille de mica isolante que l'on doit placer normalement sous la semelle métallique du boîtier. De la graisse de silicone permet ainsi une meilleure évacuation de la chaleur émise par le transistor. Cette solution est tout à fait possible dans le cas du Némésis lorsque le réseau de contre-réaction de source est supprimé. La source, c'est-à-dire le boîtier du transistor se trouve alors relié à la masse, donc au châssis de l'amplificateur et la faible distance entre l'entrée et le transistor permet une fixation directe sur le châssis.

Les calculs montrent qu'il serait théoriquement possible, à condition d'abaisser la température du boîtier à 30°C, d'obtenir une puissance modulée proche de 20 watts et de dépasser une dissipation totale de 50 watts.

Le châssis

La figure 4 donne les dimensions et les cotes de découpe à effectuer dans le châssis. Ce châssis mesure 396 mm x 235 mm et sa hauteur est de 42 mm. Le dessus est réalisé à partir d'une plaque d'aluminium pliée, à bords arrondis. La finition est brossée et teintée couleur champagne. Les côtés latéraux et le dessous sont réalisés d'une seule pièce (tôle d'acier d'épaisseur 1 mm, finition noire). L'opération de câblage en est facilitée et on obtient une excellente rigidité lorsque le châssis et le fond sont réunis et vissés ensemble.

Bien que ce châssis spécialement conçu pour le Némésis soit actuellement disponible auprès de La Maison de L'Audiophile, la figure 4 permettra à l'amateur intéressé par cette réalisation de

réaliser lui-même un châssis à partir de plaques, de cornières ou de profilés d'aluminium. Les découpes étant nombreuses, de même que les différents perçages, ces opérations doivent s'effectuer sans pliure ou déformation accidentelle des plaques, ce qui rendrait le châssis peu rigide. N'oublions pas que celui-ci doit supporter un poids important, que le transformateur de sortie pèse 6 kg et le reste pratiquement autant. Les condensateurs électrochimiques sont eux aussi lourds et volumineux puisqu'il s'agit de la série CO 38 fabriquée par Sic Safco (ou série CO 39 ou TFRS). Ces condensateurs ont un diamètre de 76 mm et une hauteur de 153 mm, visserie comprises. Ils sont munis de bornes à vis qu'il est

possible de serrer soit à l'aide d'un tournevis plat, soit à l'aide d'une clef à tube. Les colliers de serrage sont placés sous le châssis, pour une question de présentation et il est important de bien serrer ceux-ci lors du montage pour éviter des risques de courts-circuits pendant le transport éventuel de l'amplificateur.

Le transistor 2SK 135, la prise Cinch d'entrée et le transformateur de sortie sont montés dans le sens transversal et sur un côté du châssis. La prise Cinch d'entrée, fixée sur le dessus du châssis est positionnée à 6 cm de la gate du 2SK 135. Cette distance réduite au minimum permet de placer en série le condensateur de liaison d'entrée, de valeur $2,2 \mu\text{F}$ (ERO MKC, 250 V), de longueur 3 cm ainsi

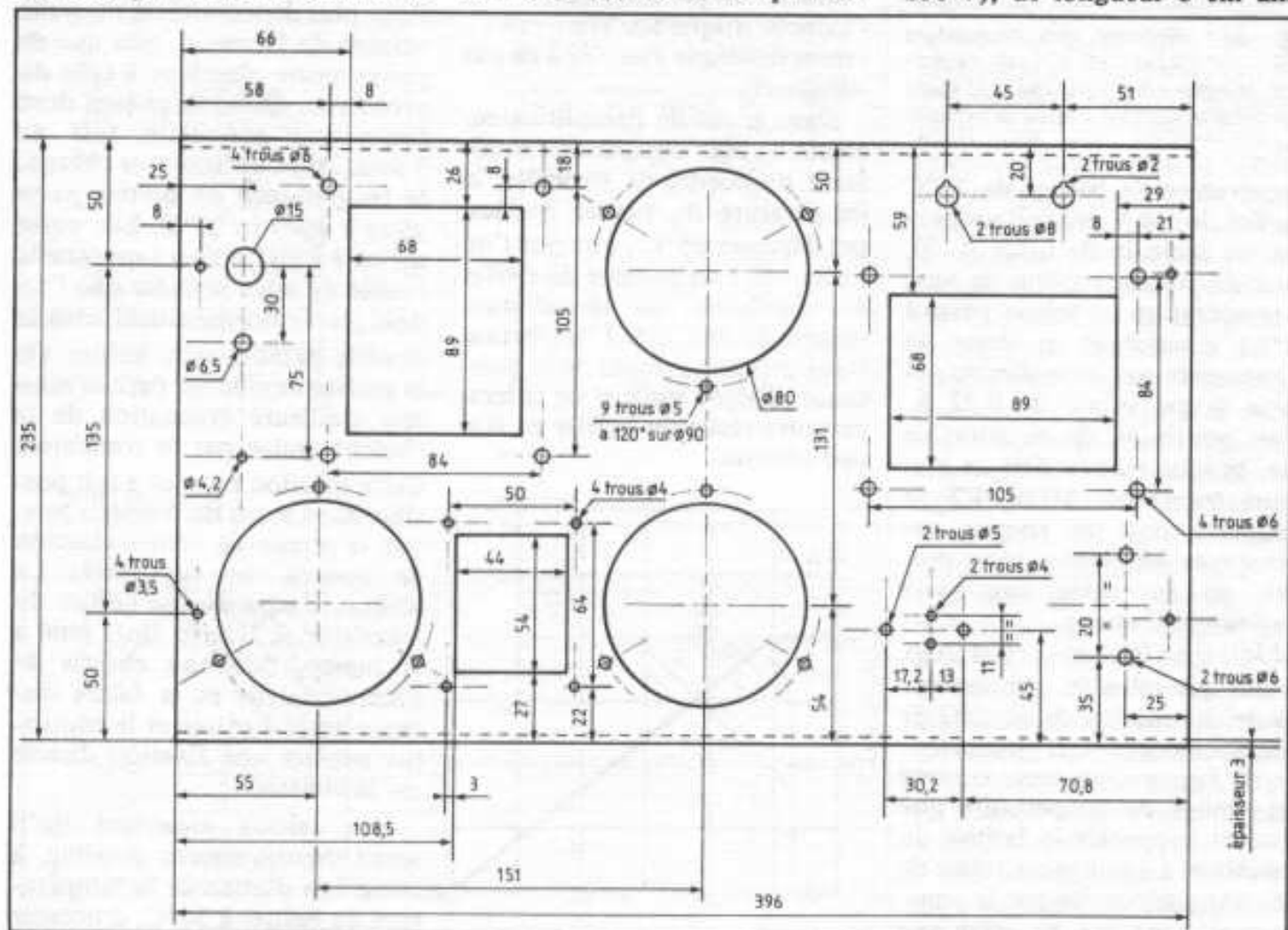


Fig. 4 : Dimensions et cotes de découpe du châssis de l'amplification Némésis. La hauteur du châssis est de 42 mm. De l'aluminium de 3 mm d'épaisseur est utilisé. Le fond, en acier de 1 mm d'épaisseur, est plié sur deux côtés pour former les flasques.

que la résistance d'arrêt (anti-oscillation) de valeur 1,2 k Ω (film d'oxyde de tantale). La version décrite ici travaillant sans réseau de contre-réaction, la source (boîtier) est reliée directement à la masse et de la graisse de silicone assure une bonne conduction thermique avec le châssis. Une des vis de fixation du transistor comporte, du côté câblage, une cosse à souder qui viendra se fixer sur la ligne de masse. Cette ligne de masse, constituée d'une tige de cuivre de section rectangulaire (largeur 4 mm, épaisseur 1,2 mm, longueur 49 cm) est pliée à 90° en deux endroits et relie le - du pont redresseur à la cosse à souder de la prise Cinch. La partie médiane de la section droite de cette tige est soudée sur une bande de cuivre qui relie les connexions - des deux condensateurs électrochimiques de 100 000 μ F 40 V. Cette bande de cuivre, de longueur 15,5 cm (largeur 13 mm et épaisseur 1 mm) permet un serrage très efficace des vis de connexion des bornes des condensateurs, ce qui permet de profiter au mieux des possibilités de ces condensateurs. Une seconde bande de cuivre, de même largeur et de même épaisseur mais moins longue (14 cm) relie les bornes + des deux condensateurs. Noter que le point froid de l'enroulement primaire doit être relié au + de l'alimentation. On pourra donc éventuellement rajouter une troisième bande de cuivre pour former une ligne positive d'alimentation en forme de « T ». Dans ce cas on pourra soit visser, soit souder ensemble les deux bandes, la bande à ajouter devant avoir alors une longueur de 9 cm. Ajoutons à ce propos que pendant toute l'opération de câblage et de soudure il n'est pas conseillé de serrer les vis maintenant la tige et les bande de cuivre sur les condensateurs de filtrage. L'opération de soudure n'en serait que plus dif-

ficile et un échauffement excessif des armatures de ceux-ci pourrait conduire à une perte de fiabilité. D'autre part, un fer à souder de puissance égale ou supérieure à 100 watts est conseillé pour les soudures à effectuer sur la tige et sur les bandes de cuivre. Pour réussir les soudures sur celles-ci il est important d'avoir une panne de fer en état de parfaite propreté et de bien chauffer les plaques avant d'appliquer la soudure. Dans ce cas, la soudure doit pouvoir fondre directement sur la plaque de cuivre, à proximité de la panne du fer, le flux de soudure assurant alors un décapage très efficace. Il est navrant de constater que des soudures ratées ou tout simplement « collées » ne sont pas rares et limitent la fiabilité et les performances du montage.

Les petits composants passifs, condensateurs et résistances ne sont qu'au nombre de 12. Cinq d'entre eux sont réservés à la maîtrise des oscillations parasites. Les lecteurs remarqueront des modifications des valeurs de ces composants par rapport à celles publiées dans le numéro 34. Ainsi, le réseau 47 k Ω /0,1 μ F disposé entre la gate et le drain, fait place à un nouveau réseau série de valeur 1 M Ω /0,047 μ F, lequel est soudé directement sur les bornes du transistor. Le condensateur de 10 pF qui était placé en parallèle sur ce réseau a été supprimé et est remplacé par un condensateur de 220 pF qui prend place entre la gate et la source du transistor. Enfin, un réseau série 1,5 k Ω /1 μ F prend place en parallèle sur le primaire du transformateur. Ce réseau est destiné à lisser la courbe de réponse du transformateur entre 20 et 100 kHz. L'ensemble a été mis au point sur oscilloscope à partir de signaux carrés. Dans le cas du Némésis, il est difficile de dissocier les différents facteurs conditionnant l'état d'instabilité (ou

de début d'instabilité). En effet, la mesure de bande passante ou de phase du transformateur ne peut être faite que dans les conditions réelles de fonctionnement. La mesure effectuée sous un courant continu primaire très faible (quelques mA) procure une linéarité parfaite entre 10 Hz et près de 300 kHz. Par contre sous 1 A, la valeur de la self primaire chute, limite la bande passante aux fréquences basses et produit également des rotations de phase au-dessus de 15 kHz. Au-dessus de cette fréquence, on ne peut plus considérer le transistor comme étant chargé par une charge selfique pure, vu qu'il faut tenir compte des capacités, résistances et selfs parasites. De ce fait, le remplacement du premier transformateur de sortie, encore à l'état de prototype au moment de la mise sous presse du n° 34, par la version définitive du même transformateur a suffi pour nous obliger à réviser les valeurs initiales des composants passifs concernés. Dans la situation actuelle, il n'a cependant pas été possible de maîtriser parfaitement les débuts d'oscillation haute fréquence en présence du réseau de contre-réaction de source. Il semble s'agir d'un problème de capacité parasite primaire/secondaire provenant d'un couplage trop serré, lui même étant destiné à minimiser au mieux les pertes entre ces deux enroulements. Le rétablissement de la stabilité entraînait en effet une limitation assez sévère de la bande passante qu'il aurait fallu limiter à environ 15 kHz (à - 2 dB). D'autres expérimentations permettront de savoir ultérieurement s'il est possible d'aboutir à un bon compromis tout en conservant le même transformateur de sortie. En l'absence de contre-réaction, le circuit est avantagé par une bonne sensibilité moyenne d'entrée (soit 1 V pour 10 W en sortie) tandis que l'application

de la boucle de contre-réaction (voir schéma du n° 34), avantageuse sur le plan de la distorsion (qui passe au 1/3 de sa valeur initiale) et de la largeur de bande passante, entraîne par contre une perte importante de cette sensibilité d'entrée (qui passe alors à 3 V). Bien que l'amplificateur conserve des performances très étonnantes dans les gammes des fréquences médium et aigues, l'absence de contre-réaction entraîne une baisse sensible du facteur d'amortissement qui passe de 15 à une valeur proche de 1. De ce fait, un haut-parleur relié à la sortie de l'amplificateur se trouvera beaucoup moins amorti, ce qui conduira celui-ci à une tendance à suramplifier subjectivement les fréquences graves, comme l'explique la figure 5. C'est ce facteur d'amortissement qui est responsable en partie d'une différence « d'ampleur sonore » constatée entre les amplificateurs à tubes (dont le facteur d'amortissement est souvent inférieur à 40) et les amplificateurs transistorisés fortement contre-réactionnés (pour lesquels le facteur d'amortissement peut dépasser 200).

Les composants passifs

Les résistances sont limitées au nombre de 5. Les modèles utili-

sés, de puissance 1/2 W sont les traditionnelles résistances à couche d'oxyde de tantale, de tolérance 1 %. Dans le cas du montage décrit ici, il a été utilisé une résistance de 1 M Ω de 1 W, tolérance 5 % à film de carbone ainsi qu'une résistance de 10 k Ω de même type pour l'élément placé entre la sortie de la self de filtrage et les diodes Led servant à la polarisation de la gate à 2,4 V. Le condensateur de 2,2 μ F placé en parallèle sur l'électrochimique de 6 800 μ F 10 V est de marque Ero et de type MKC, l'isolement de celui-ci étant de 250 V. Le même type de condensateur est utilisé en entrée, en tant que condensateur de couplage. Le condensateur de 0,047 μ F est d'origine ITT, de type PMT/2R. Le condensateur de 1 μ F qui vient prendre place, avec la résistance de 1,5 k Ω , sur le primaire du transformateur de sortie est d'origine Rifa, de type MKC, tension d'isolement 160 V. Quant au condensateur de 6 800 μ F 10 V, celui-ci de type électrochimique en version taille basse à faible résistance série, est d'origine CEF.

En raison de la valeur élevée des condensateurs de filtrage, un pont redresseur d'ampérage élevé a été utilisé, afin de suppor-

ter le courant transitoire d'allumage. Sur la version décrite ici, un modèle d'origine japonaise, de marque IR (International Rectifier) et de référence PB 102F. Il s'agit d'une version spéciale pour applications audio à très faible temps de recouvrement inverse, conçue pour éviter la génération de pics parasites que l'on peut mettre en évidence sur les diodes au silicium conventionnelles. La liaison entre le drain du 2SK 135 et le point chaud du primaire du transformateur de sortie utilise un câble d'origine Isoda, de technologie hybride. Il en est de même pour les deux liaisons reliant les bornes de sortie au secondaire de ce transformateur. Ces câbles de technologie hybride utilisant de l'aluminium (outre trois autres métaux et alliages), il est nécessaire d'effectuer un pré-étamage de ces câbles à l'aide de soudure spéciale, genre Alusol 45D.

Les autres liaisons internes utilisent du câble multibrins de section 1,5 et 2,5 mm². Le fusible est un modèle de 5A. Une des diodes, Led de diamètre 3 mm, est montée en série avec la diode BVY 95 et fait office de témoin lumineux. Noter que ces diodes ainsi que le transistor 2SK 135 possèdent de légères dispersions, ce qui peut conduire à de légères dispersions du courant I_D ou de la tension de polarisation. La valeur de la self de filtrage passe 0,2 H (contre 0,15 H sur le prototype) la résistance série étant de 0,8 Ω . La chute de tension aux bornes de cette self doit être normalement de l'ordre de 0,9 V à 1 V. Ajoutons, à propos de cette self de filtrage placée en tête, que celle-ci est d'une très grande efficacité. Les résidus de filtrage, formant des dents de scie, déjà fortement atténués après le pont redresseur en raison de la valeur élevée du premier condensateur de filtrage disparaissent totalement après la self de filtrage. Un effet aussi

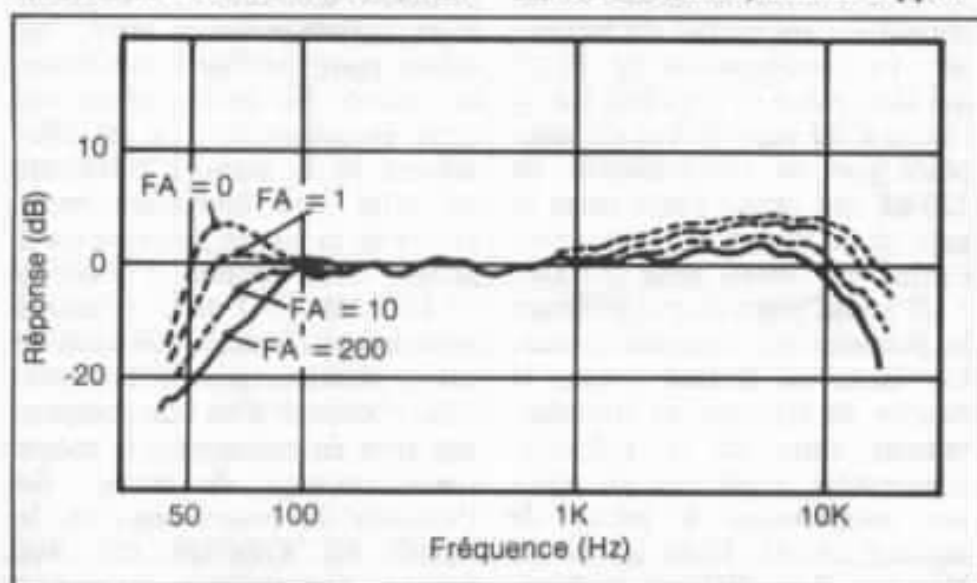


Fig. 5 : Effet du facteur d'amortissement sur la courbe de réponse niveau/fréquence du haut-parleur.

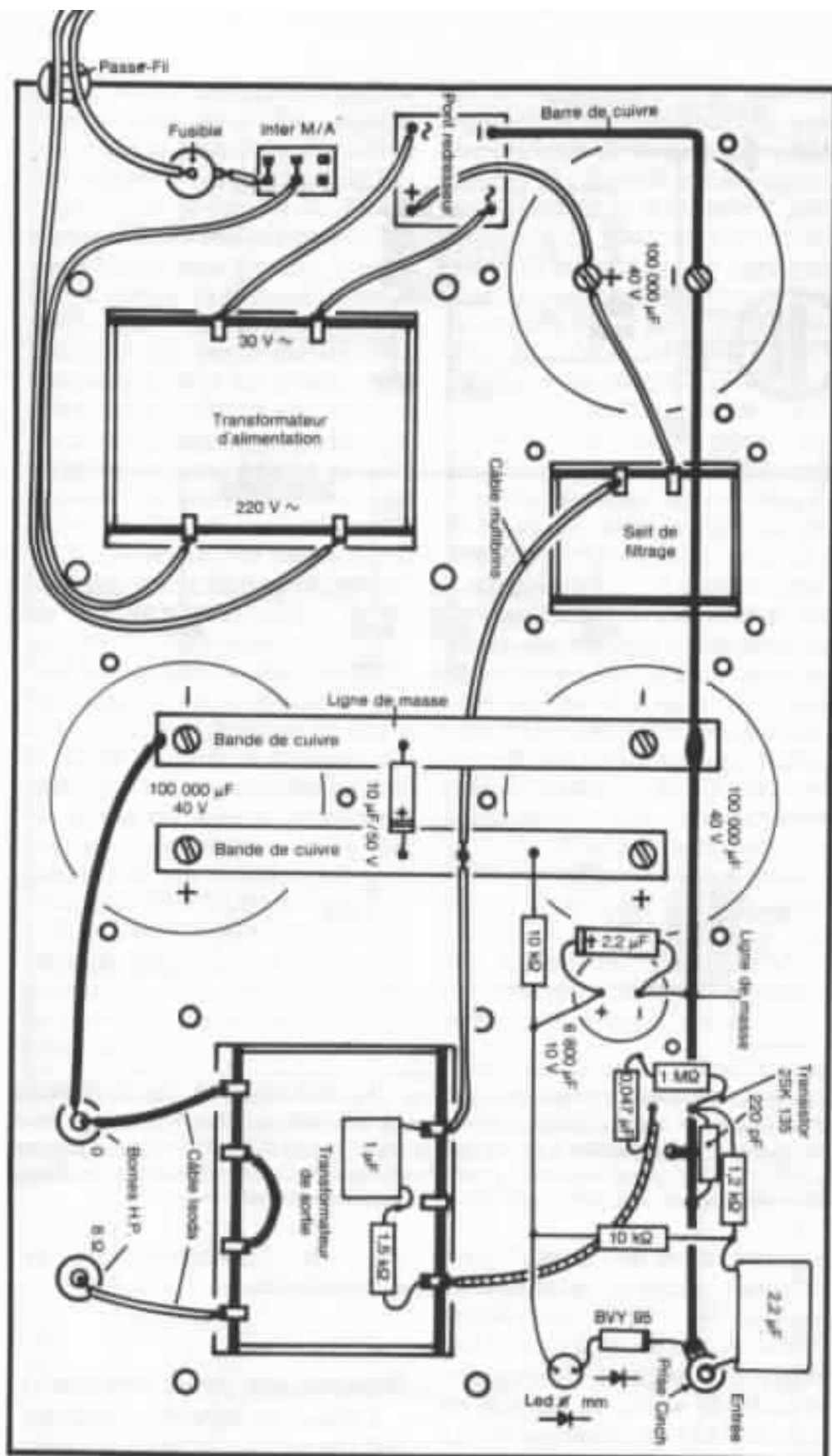
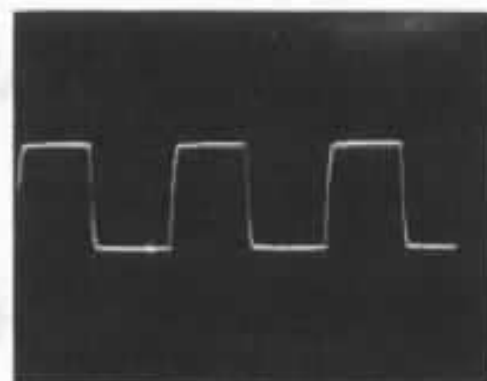


Fig. 7 : Implantation des composants et câblage de l'amplificateur Némésis.

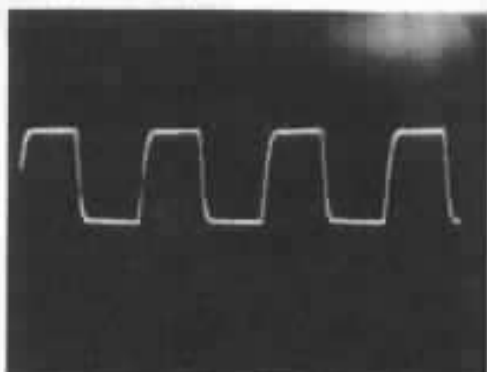
Conclusion

Si l'amplificateur Némésis est une réalisation unique sur le plan de la simplicité du montage, c'est aussi un appareil volumineux et très lourd par rapport à la puis-

sance de sortie disponible. Le taux de distorsion harmonique introduit est relativement élevé et le circuit présente une chute assez rapide de niveau au-dessous de 100 Hz. Ce sont des



Réponse à 10 kHz (après nouvelle compensation).

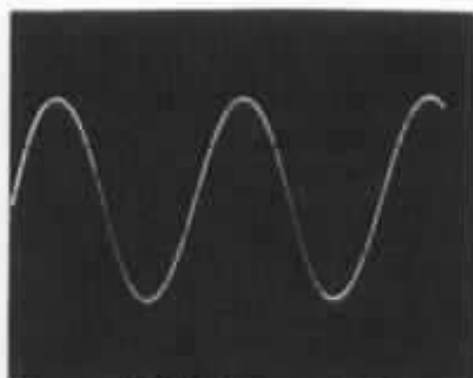


Réponse à 20 kHz (après nouvelle compensation).

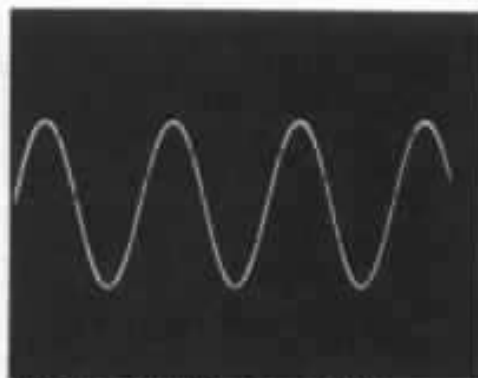
Fig. 8 : Réponse aux signaux carrés, à 10 et 20 kHz, après la nouvelle optimisation des réseaux de compensation.

points faibles du montage. A l'écoute, on ne ressent cependant ni sensation de manque de niveau grave ni impression de distorsion harmonique élevée. C'est justement le point fort du circuit Némésis qui surclasse largement la concurrence sur les critères de transparence sonore et d'absence de distorsion subjective. C'est pourquoi les essais sur un système tri-amplifié se sont révélés remarquablement bons, en s'en tenant toutefois à l'utilisation du Némésis dans le médium et l'aigu, les enceintes étant de type à haut rendement.

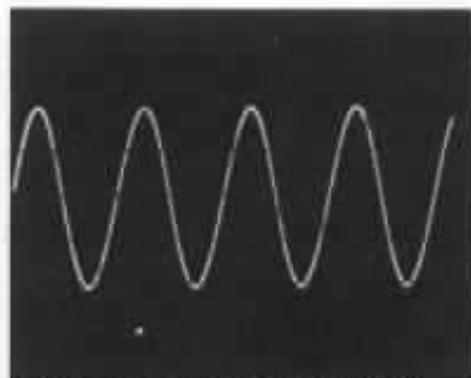
Le hasard et la chance ont rendu possible l'écoute de l'amplificateur WE 25B, décrit dans le n° 34 de L'Audiophile, qui faisait partie de la collection de Mr Verdier (que nos lecteurs connaissent par ses articles et surtout par la table de lecture de très haut de gamme de sa conception). Bien qu'il s'agisse d'un



Réponse à 200 Hz (sous 3 W).



Réponse à 1 kHz (sous 3 W).



Réponse à 40 kHz (sous 0,3 W).

Fig. 9 : Réponse sur signal sinusoïdal, entre 200 Hz et 40 kHz.

amplificateur conçu vers 1920, équipé de condensateurs de filtrage de seulement $2 \mu\text{F}$, les résultats d'écoute se sont révélés stupéfiants, compte tenu du fait qu'une très haute qualité de reproduction était obtenue sur une largeur de bande nettement plus étroite que celle que peut assurer le montage Némésis. Ce sont des expériences passionnantes qui feront d'ailleurs l'objet d'une démonstration publique le 8 juin 1985 à Paris.

Montage push-pull «Quadrigé»

La version push-pull de l'amplificateur Némésis, baptisée «Quadrigé» possède le gros avantage d'utiliser un étage de sortie push-pull. Ce qui, en classe A, élimine les phénomènes d'appels de courant transitoire sollicitant l'alimentation et son taux de régulation. D'autre part, on élimine du même coup le problème du passage du courant continu traversant le primaire, le

passage en sens contraire du courant continu dans les deux demi-primaires évitant les effets de magnétisation des tôles. Il est alors possible d'éliminer l'entrefer (dont la largeur est de 0,4 mm sur le transformateur du Némésis) et d'augmenter la valeur de la self primaire. Celle-ci, de 200 mH sur la version simple étage passe à plus de 2,5 H sur la version push-pull.

La version choisie parmi les trois solutions proposées sur la

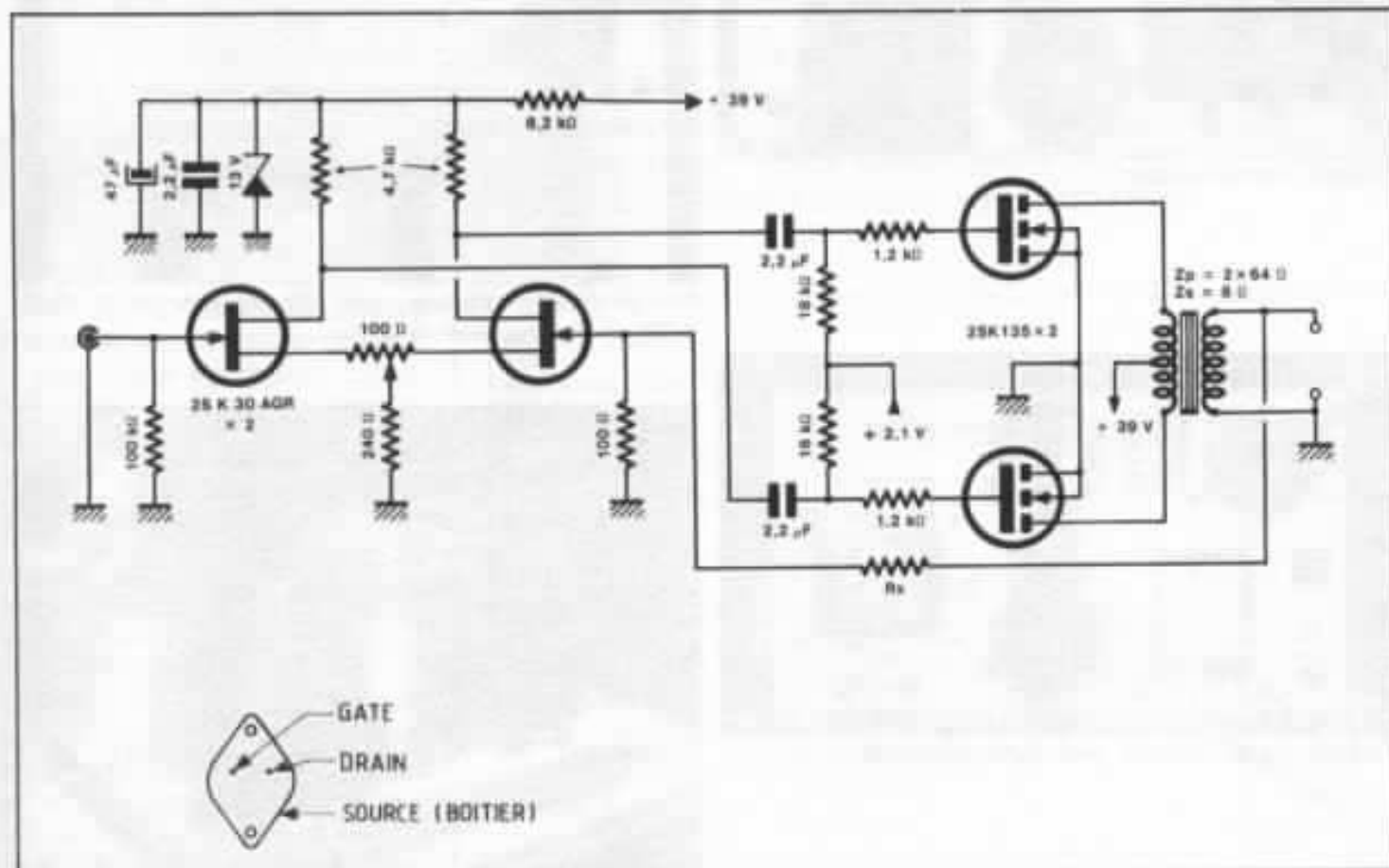


Fig. 10 : Schéma théorique de l'amplificateur à 4 transistors «Quadrigé».