

Les cahiers de

L'AUDIOPHILE

THEORIE ■ ACOUSTIQUE ■ ELECTRONIQUE ■ RECHERCHE ■ REALISATIONS PERSONNELLES

CIRCUITS

Amplificateurs mono 20 W Classe A - 40 W Classe AB₂ étages - 3 transistors Mosfet

En mai 1998, La RDS & HC a présenté la réalisation "luxueuse" de l'amplificateur Dalix, 2 x 50 W en pure classe A. Depuis le concepteur a élaboré un circuit de mise en oeuvre plus aisée, des modules amplificateurs montés et réglés sont prévus pour des puissances de 15 à 50 W en classe A.

● PUISSANCE NOMINALE

20 W pure classe A/8 Ω,
40 W RMS/8 Ω.
DHT à 20 W/8 Ω < à 0,6 %
(400 à 1200 Hz)

● BANDE PASSANTE

3 Hz à 120 KHz - 2dB.

● SENSIBILITÉ D'ENTRÉE

0,775/40 W/8 Ω.

● IMPÉDANCE D'ENTRÉE 20 KΩ.

● BRUIT EN SORTIE LARGE

BANDE - 103 dB/40 W - Pondéré A :
-106 dB.

● TEMPS DE MONTÉE SIGNAL

CARRÉ 15 KHz : 2 μS.

● FACTEUR D'AMORTISSEMENT

1 000 Hz/8 Ω = 4 (mesuré).

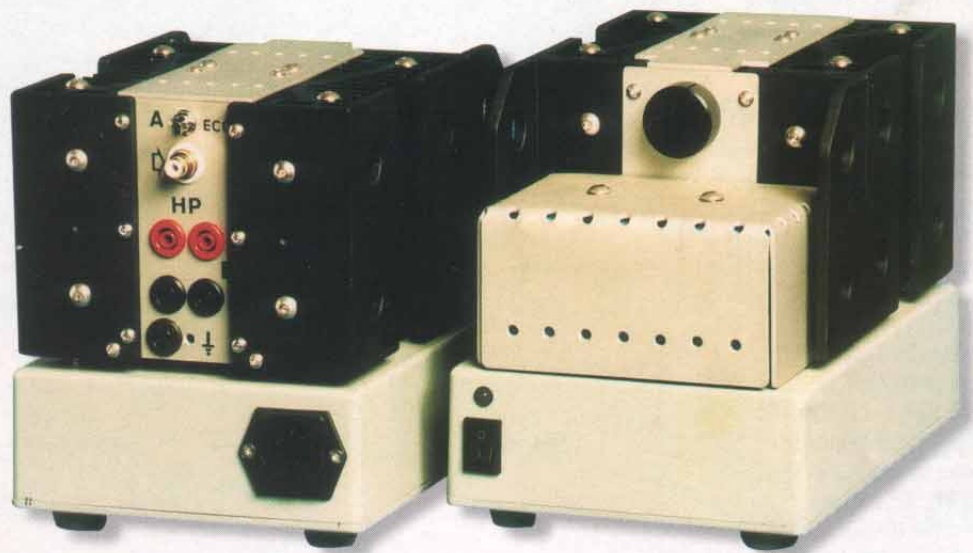
● DIMENSIONS

L 230 - l 148 - H 175 mm

● POIDS 5,5 Kg

● PRIX INDICATIF

3 800 €, 24 926 F/la paire.



Avant de passer à la description proprement dite, il est souhaitable de rappeler quelques points. La quasi totalité des amplificateurs à tubes avec transformateur de sortie ou OTL fonctionne selon le principe de l'amplification de tension tandis que la grande majorité des amplificateurs à transistors - même les rares utilisant des

transfos de sortie - fonctionne en amplification de courant. De ce fait et mis à part le fonctionnement complètement différent des tubes et des transistors, il paraît normal que des appareils à tubes et à transistors puissent avoir des comportements et des sonorités quelque peu différentes. Le circuit qui sera présenté ici, comme celui décrit dans le n°219

de la NRDS, fonctionne selon le principe de l'amplification de tension. En cela, il est déjà plus proche de l'architecture des amplis à tubes. Il participe aux mêmes concepts de "simplification" Audiophile que les différents montages de Jean Hiraga parus dans l'Audiophile comme le Némésis et le Quadrige (avec transfo de sortie), puis le 2 x 20 W

Coordonnées société DXE :
voir en page 154

CIRCUITS

classe A ainsi que le 8 W "le Monstre" dont a été inspiré plus récemment le "Grand Mos" en classe AB de J.M. Plantefève.

Amplification de tension et contre réaction

En amplification de tension, plusieurs options concernant la contre réaction peuvent être prises.

- **Sans contre réaction (cas du Némésis).** Pour une même tension d'entrée, le courant traversant le haut-parleur sera constant pour de larges variations de son impédance. L'alimentation du HP est dite en courant constant. La puissance transmise au HP tend à augmenter comme le carré de son impédance. Le HP sera d'autant mieux "tenu" par l'amplificateur que son rendement sera élevé. C'est également valable dans les autres cas.

- **Contre réaction de 6 dB (pour charge 8 Ω par exemple).** C'est le cas du montage présenté.

Pour une même tension d'entrée la puissance alimentant le HP sera constante pour de larges variations de son impédance. L'alimentation du HP est dite à puissance constante. Le HP sera très bien tenu, en premier lieu du fait de ce type d'alimentation et en second lieu grâce à l'amortissement provoqué par l'effet de la contre réaction dont le taux s'élève proportionnellement aux diverses montées de l'impédance du HP (résonances - charge acoustique du HP etc.).

- **Contre réaction supérieure à 6 dB.** Le fonctionnement de l'amplificateur tend de plus en plus vers l'amplification de courant. Pour une même tension d'entrée, la puissance transmise au HP sera d'autant plus élevée que son impédance sera plus faible. L'amortissement du HP sera surtout fonction du taux de contre réaction de l'amplificateur.

Un concept très épuré

Le circuit utilisé possède seulement 2 étages: un préamplificateur driver et un push-pull complémentaire, soit 3 transistors Mosfet. Il utilise en outre une diode zener, 4 condensateurs, un trimer Cermet et 28 résistances dont 5 de puissance fixées directement sur le dissipateur. Ces éléments sont assemblés de façon très compacte sur un dissipateur en forme de "H" de 0,55°C/W de 120 x 120 x 100 mm de type 4 NV de marque Redpoint dont la résistance thermique a été abaissée par l'adjonction de cornières en alu de 5 mm d'épaisseur. L'ensemble dissipateur équipé de ses composants constitue un module amplificateur complet (hors alimentation). Sur ce module sont par ailleurs fixés, à l'avant un potentiomètre double Alps dont les deux pistes ont été mises en parallèle, à l'arrière une entrée RCA et quatre socles 4 mm femelles bananes de sécurité 32 ampères plaqués or permettant le double

câblage. Un cinquième socle de même type correspond à la masse générale. Sur cette face arrière, est disponible un commutateur avec une position "éco" qui diminue de moitié le courant de repos de l'étage de puissance, réduisant sa température dans les périodes intermédiaires de non utilisation, ou éventuellement d'écoute à faible niveau.

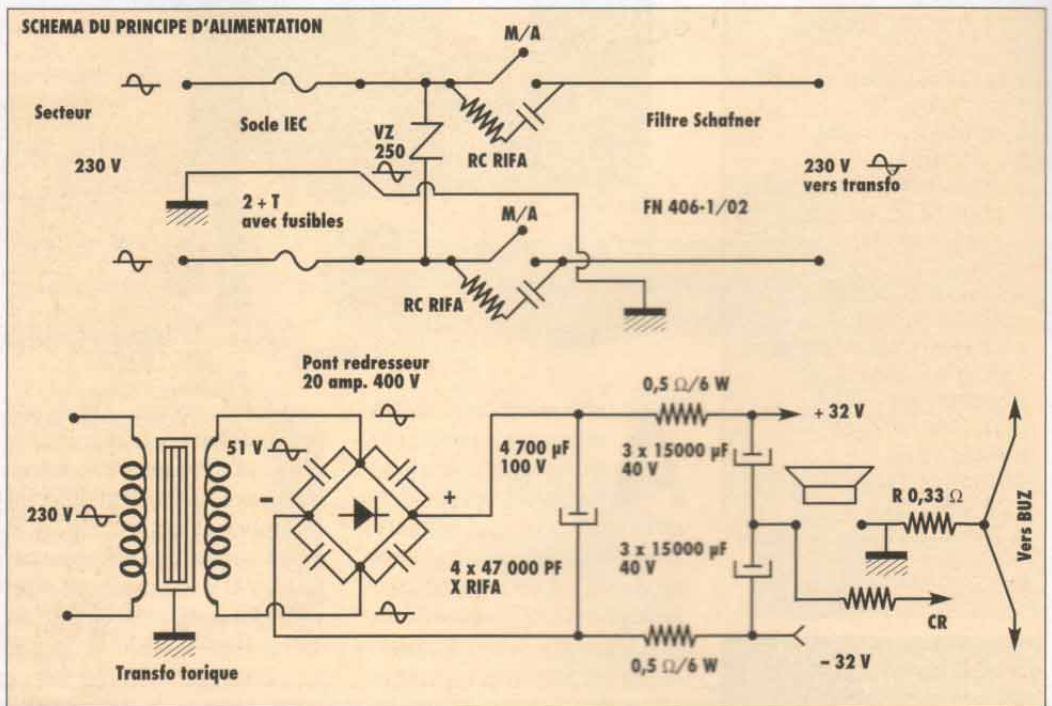
L'étage de puissance et l'alimentation

L'étage de puissance à symétrie complémentaire est alimenté par une tension de 64 V. Il est composé de 2 transistors Mosfet 250 W, 16 A, Semelab BUZ900D (N) et BUZ905D (P) en boîtier métal TO3. Une tension secondaire issue de l'alimentation principale au travers de 2 résistances de même valeur est régulée par une diode zener de 36 V/5 W et filtrée côtés + et - par 2 condensateurs de 10 000 µF. Cette tension de 36 V se trouve placée symétriquement par rapport aux

+ et - de l'alimentation principale et de la masse. Elle permet, d'une part au travers d'un réseau de résistances, de polariser à tension d'alimentation les grilles des mosfets de puissance et d'autre part d'alimenter l'étage d'entrée driver. C'est ce même réseau de résistances qui permet de régler le débit de l'étage de sortie et d'introduire un thermostat de sécurité thermique. C'est le point de jonction des sources des mosfets de puissance qui, au travers d'une résistance de 0,33 Ω/30 W dont on reparlera plus loin, définit le point milieu artificiel de la tension d'alimentation et sert de Masse de référence pour l'ensemble du montage.

L'étage d'entrée et driver

L'étage d'entrée driver est organisé autour du Mosfet Hitachi 2SK 216 de type N. Le signal d'entrée en provenance du curseur du potentiomètre de volume est appliqué à sa grille référencée à la masse par une



Les cahiers de
L'AUDIOPHILE

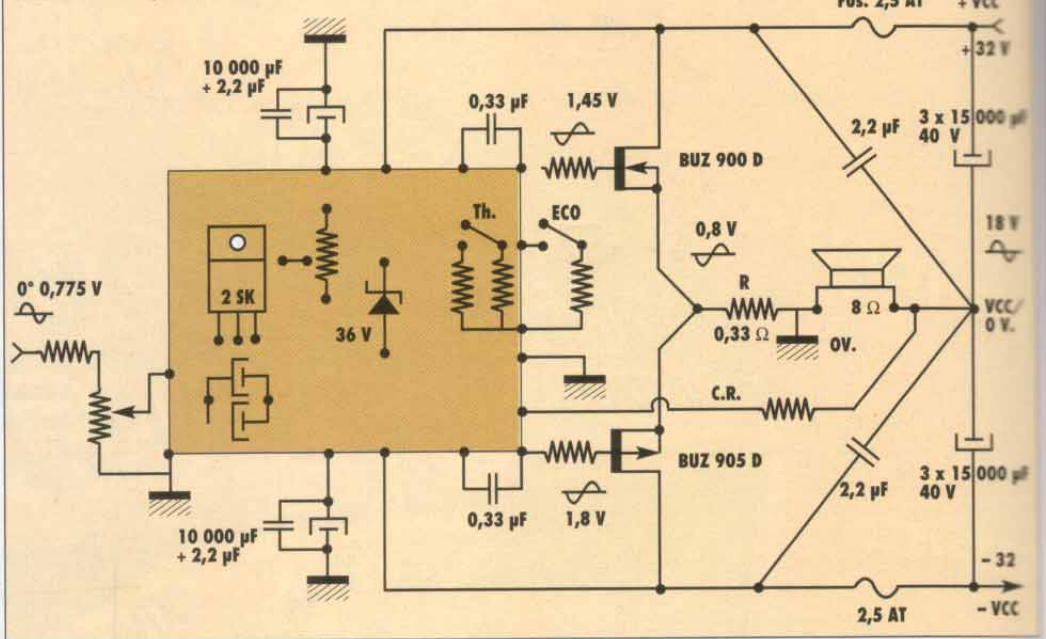
CIRCUITS

résistance de fuite. La tension d'alimentation de 36 V est donc de + et - 18 V par rapport à la masse. La charge de drain de faible impédance est composée de résistances et d'un trimmer Cermet montés en pont. Le réglage du trimmer permet de "balancer" les tensions respectives d'attaque des Mosfet de sortie pour la distorsion minimale (la transconductance du Mosfet P est typiquement plus faible que celle du transistor N). La source du 2SK216 est reliée au -18 V par une résistance dont la valeur est ajustée au minimum de distorsion; elle est d'autre part reliée à la masse au travers de 2 condensateurs électrochimiques de haute qualité (ELNA + OS-CON) et de 2 résistances en série de faible valeur. Au point de jonction de ces 2 résistances est appliquée une contre réaction de 6 dB / 8 Ω en provenance de l'étage de sortie, au travers d'une résistance de puissance.

L'étage de puissance

Comme déjà mentionné, les grilles des transistors de sortie sont attaquées par 2 signaux de même phase mais de niveaux différents, provenant de l'étage driver au travers de 2 condensateurs MKP à feuille d'étain de

SCHEMA SYNOPTIQUE DU CIRCUIT AMPLIFICATEUR



0,33 MF de marque Audyn CAP. Au repos, les mosfets, par contre réaction de source à source, autorégulent le courant qui les traverse à une valeur fixée ici à 1,15 A, ceci pour un fonctionnement en pure classe A pour 20 W/8 Ω. Dans un circuit classique amplificateur de courant, ce point de jonction des sources des mosfets serait relié directement à la borne + du HP, la borne - étant reliée à la masse. Ici ce même point est connecté à la masse en quasi court-circuit à travers une résistance de 0,33 Ω/30 W. Celle-ci produit une contre réaction "série" dans l'amplification

différentielle de l'étage. Cette contre réaction de 5 dB, dont le taux est indépendant de l'impédance du HP, réduit d'autant la distorsion en diminuant et en linéarisant la transconductance effective des mosfets.

Le signal audio amplifié est prélevé entre la masse (- HP) et le point de jonction des condensateurs de sortie (+ HP) qui se trouve à mi-tension de l'alimentation. Le montage se comporte donc en amplificateur de tension dont les tensions symétriques des rails d'alimentation fluctuent au rythme de la modulation de part et d'autre du point de référence du montage qui est la masse (ce type de circuit implique impérativement une alimentation séparée pour chaque amplificateur). La tension de contre réaction prélevée au + HP est injectée au travers d'un réseau de résistances de faible valeur dans le retour de source partiel à la masse du Mosfet d'entrée.

Ce taux de contre réaction a été fixé ici à 6 dB pour une impédance de charge de 8 Ω. Dans ces conditions, la puissance envoyée dans le HP reste

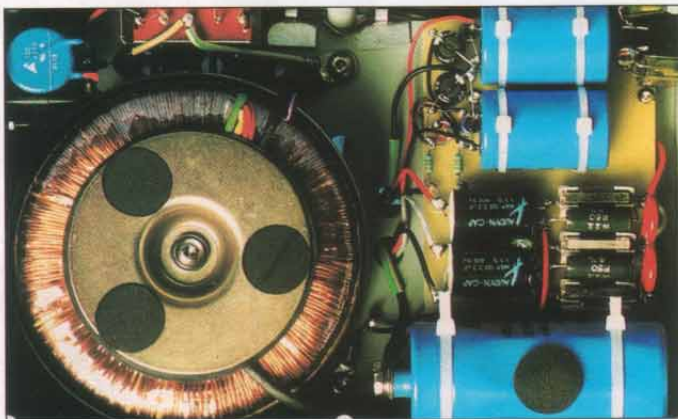
constante malgré de larges variations de son impédance. Le HP sera fermement tenu grâce à cette alimentation à puissance constante et à l'amortissement lié à la contre réaction dont le taux augmente en fonction des remontées d'impédance dues à des résonances, perturbations apportées par des filtres, charge acoustique du HP...

Les phases et tensions audio sont indiquées sur le schéma de la figure 1 pour une puissance de sortie de 40 W.

L'amplificateur présenté ici est non déphaseur. Le courant de repos fixé à 1,15 A (à chaud) peut être réduit de moitié par un commutateur en position "Eco" pour une puissance de 5 W en classe A ou pour réduire la dissipation en période d'attente. Un thermostat de sécurité ne laisse qu'un faible courant de repos si la température du dissipateur dépasse 80°C en cas d'entrave à son refroidissement.

L'alimentation

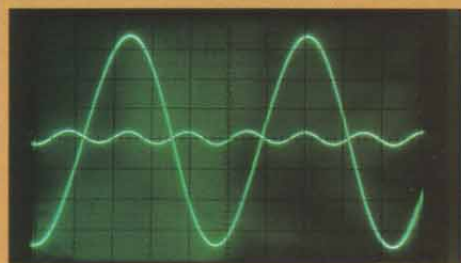
Le circuit d'alimentation est relativement simple mais largement dimensionné. L'entrée secteur se fait sur un socle IEC 2 + Terre



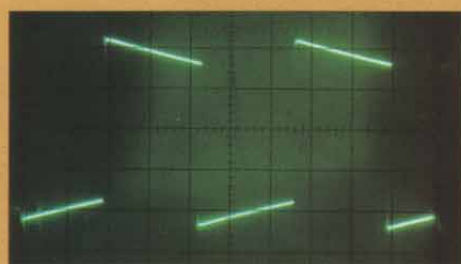
Vue interne du compartiment d'alimentation. Les 6 condensateurs 15 000 µF/40 V sont fixés sur la face extérieure du boîtier.

CIRCUITS

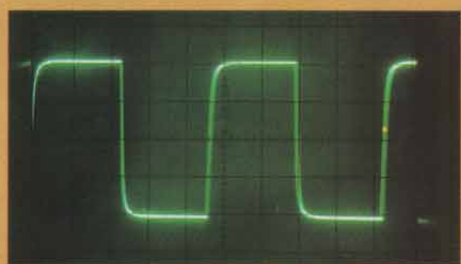
Mesures



Forme du signal sinusoïdal à 1 kHz/20 W.
Résultats :
Le taux de distorsion par harmoniques est de l'ordre de 0,2 %.



Forme du signal carré à 40 Hz/20 W.
Résultats :
Les paliers sont légèrement inclinés mais ne présentent pas pour autant d'instabilité ou de dépassement.



Forme du signal carré à 20 kHz/20 W.
Résultats :
Les paliers restent horizontaux et dépourvus de d'instabilité.

fixé au châssis. Il comporte un porte fusible double. Les 2 fusibles 5 x 20 mm sont de calibre 0,8 Ampère retardés. À la sortie du connecteur est placée une varistance SIOV de 265 V provoquant la rupture des fusibles en cas de surtensions et protégeant le circuit. Vient ensuite un interrupteur double pour la phase et le neutre dont les contacts sont protégés par 2 réseaux RC 22 Ω/47 nF RIFA PMR 209 MC. Le filtre secteur Schaffner 1 Ampère est du type FN 406 - 1/02. La sortie "Load" est connectée directement au primaire du transfo torique de 200 VA dont la sortie secondaire est de 51 V. Le transfo utilisé ici est de fabrication spéciale: taux d'induction de 0,8 Tesla avec écran électrostatique et blindage magnétique périphérique. Un modèle plus

classique, toutefois avec écran électrostatique, aurait pu être utilisé en cas de construction moins compacte. Le redressement est effectué par un pont 20 A/400 V ici fixé au châssis et placé dans l'évidement central du transfo. Quatre condensateurs de 47 nF X1 type PME 271 E de RIFA sont soudés entre les 4 broches du pont redresseur. Le filtrage est réalisé par un premier condensateur de 4 700 MF/100 V. Il est amélioré par deux résistances de 0,5 Ω/6 W qui alimentent 2 groupes de 3 condensateurs de 15 000 µF/40 V. Tous ces condensateurs de filtrage sont de type FRS 154 de BC (Philips). Aux bornes de l'une de ces résistances, il est possible de vérifier le courant consommé par l'amplificateur (0,575 V pour 1,15 A). Le point milieu de ces groupes de condensateurs cor-

respond à la connexion + du HP C'est aussi de ce point que part le circuit de contre réaction. Les points + et - du 36 V, soit + et - 18 V par rapport à la masse sont filtrés et découplés vers celle-ci par 2 condensateurs 10 000 µF/25 V à très faible courant de fuite. Ils sont eux-mêmes shuntés par 2 petits condensateurs à très faible impédance aux fréquences élevées.

Tous les éléments de l'alimentation sont assemblés sur un petit châssis en alu injecté de 225 x 145 x 56 mm dûment percé et peint.

Cette paire d'amplificateurs mono a été construite en premier lieu pour "valider" un nouveau circuit Audiophile de l'auteur. Réalisés avec le plus grand soin, ces appareils ont été intégralement fabriqués en câblage traditionnel et présentent un design professionnel.

Des modules de puissance câblés réglés

Suite à de nombreuses demandes d'audiophiles désireux de fabriquer leur matériel, l'auteur a été incité à développer des modules d'amplification assemblés et réglés. Il s'agit de blocs massifs en alu, usinés et anodisés, de 95 x 80 x 58 mm sur lesquels sont montés tous les composants hors alimentation. Ces blocs sont conçus pour être fixés dans 3 positions sur des modèles divers de refroidisseurs. La puissance en classe A va de 15 à 50 W, en fonction de l'alimentation et du réglage du courant de repos. Le réglage de la classe de fonctionnement et le taux de contre réaction peuvent être modifiés très facilement par commutation de 2 résistances extérieures. Ces nouveaux modules haut de gamme permettent au constructeur amateur de réaliser sans problème de mise au point des appareils audiophiles personnalisés.

En conclusion

La mise au point d'un circuit aussi dépouillé n'a pas été chose facile. Il a fallu tirer le meilleur parti des composants actifs - ici seulement 3 transistors MOSFET-, reconsidérer l'impact de paramètres indiqués par leur fabricant et trouver les solutions adéquates pour contourner des difficultés a priori rédhibitoires. La simplification des circuits ne doit pas conduire à des sacrifices mais à l'amélioration des performances, en particulier audibles. Cette réalisation voulue dans un esprit très "audiophile" mais pragmatique, utilisant des composants peu nombreux et d'excellente qualité a pour première ambition de respecter au mieux la musique, ceci en dehors de toute considération "ésotérique". Les appareils présentés sont mis en œuvre dans une salle d'écoute dont l'acoustique traitée est très neutre. Le lecteur CD habituellement utilisé est un CD 723 de Philips non modifié. Les enceintes "maison" sont des colonnes de 1,90 m de hauteur et d'un poids de 50 kg, de type VTP: il s'agit d'une ligne quart d'onde évasée, traitée par filtrage acoustique pour le relèvement des fréquences au-dessous de 120 Hz. Le boomer médium est placé au tiers de la hauteur. Ces colonnes sont équipées à partir de kits Audax HMG 1725. Les visiteurs, qu'ils soient audiophiles amateurs ou professionnels de la Hi-Fi, sont très impressionnés par la qualité des écoutes et même surpris en regard de la relative modestie des moyens mis en œuvre. Ces amplificateurs ont pu être avantageusement comparés avec un ensemble préampli + monos à transistors très haut de gamme et une réplique très célèbre d'amplificateur à tubes, tous deux d'origine USA. Ces avantages portaient en particulier sur la limpidité et la vivacité, qualités certainement liées à la simplicité du circuit.

Hubert Dalix