

# Amplificateur 8 W « Le Monstre » L'alimentation

Jean Hiraga

*Le numéro 27 de l'Audiophile décrivait le montage de l'amplificateur transistorisé « Le Monstre ». Montage conçu en fonction d'un souci extrême de très haute définition des sons les plus complexes. La palette sonore naturelle, d'une richesse hallucinante, celle que l'on ne peut guère rencontrer que sur quelques rares amplificateurs à tubes triodes de fabrication artisanale déjà décrits dans ces pages, celle que l'on avait cru perdue à jamais sur les montages transistorisés, le montage « Le Monstre » tentait de lui redonner toutes ses couleurs, jusque dans ses demi-teintes les plus subtiles. Comme toujours, un schéma simple, original ; des composants actifs particulièrement sélectionnés, un choix minutieux des composants passifs. « Le Monstre » doit être avant tout compris comme étant un montage simple, peu puissant, mais grâce auquel la quantité d'informations perçues est telle qu'il peut cette fois se comparer sans fausse honte aux amplifications du genre « 300 B ». Le lecteur trouvera ici les détails concernant l'alimentation.*

## Avant-propos

Depuis le premier numéro de l'Audiophile, il avait souvent été question de propos parfois curieux d'une nouvelle vision de la reproduction sonore de haute qualité. Certains de ces propos concernaient des méthodes simples, efficaces, donnant rapidement accès à un niveau de qualité sonore appréciable. D'autres propos s'ouvraient sur un uni-

vers encore très mal connu de « son des composants », de contacts, de couvre-plateaux, de câbles, d'alimentations énormes ou de montages à tubes. Discutables, discutés, mal compris ou appréciés, il est fort agréable de constater, en 1983, qu'une forte majorité des appareils de qualité, de haut de gamme ou « ésotériques » ont fait un très gros effort dans ce sens. Quelques construc-

teurs reviennent à des montages simples et performants. D'autres n'hésitent plus à utiliser des accumulateurs pour les circuits d'alimentation de faible consommation. Parfois, les alimentations régulées disparaissent et font place à des filtrages en cellules RC à capacités de très forte valeur. Quelques autres oublient ce qui avait été déjà dit près de dix ans plus tôt et redécouvrent

les avantages de la classe A, des couvre-plateaux bien étudiés ou bien des enceintes à haut rendement.

Mais il ne fait aucun doute que seule la conjonction harmonieuse, pleine de bon sens, équilibrée de la grande majorité de ces conditions à remplir permet d'ouvrir la porte sur les étages supérieurs. Ce que l'on ne rencontre que trop rarement, malgré les bonnes volontés ou certaines bonnes prédispositions. Jusqu'à un certain pourcentage d'efforts mal répartis, les résultats ne se ressentent que très peu. Impression de stagner, de tourner en rond. Au-delà, le système commence à surprendre, à émouvoir, mais avec « des hauts et des bas », signe caractéristique d'une mise au point encore imparfaite d'un système aux possibilités pourtant certaines. Tout près de la perfection, le système dès les premières secondes d'écoute, « transporte » littéralement l'auditeur, au point que l'amateur de rock pourrait arriver à ressentir des frissons dans le dos à l'écoute de Debussy ou de Malher. La quantité d'informations reproduites est telle que le message « passe », transportant tout ce que le compositeur, l'interprète veulent faire ressortir, faire ressortir, faire écouter. Si le message « passe » dans un cas, ne « passe pas » dans l'autre, toute la valeur musicale de ce que l'on écoute en dépend. Dans ces conditions, il ne serait plus question de parler « d'ultime perfectionnements frisant le ridicule » mais presque d'une question de « vie ou de mort » de la reproduction sonore de haute fidélité.

« Le Monstre », pour ces mêmes raisons, n'aurait pu supporter les effets d'une alimentation  $\pm 12$  V courante.

#### Alimentation courante

Indispensable, souvent volumineuse, l'alimentation la plus courante des circuits électroni-

ques est réalisée à partir d'un transformateur d'alimentation, de diodes de redressement, de réseaux de filtrage. Ces circuits doivent être bien conçus, largement dimensionnés, stables, aptes à fournir un courant, une tension aussi parfaits que possible. En pratique, si l'on choisit un amplificateur classe B,  $2 \times 100$  W chargé par des enceintes d'impédance  $8 \Omega$ , on s'aperçoit que l'alimentation peut se trouver sollicitée par des crêtes de 7 A, celles-ci ne devant pas troubler pour autant la stabilité de l'alimentation. Cette dernière doit encore rester indifférente aux variations passagères de tension secteur, aux parasites que contiennent le secteur et elle ne doit pas être influencée non plus par des circuits placés dans son voisinage : tuners FM, magnétophones, moteurs, interrupteurs marche-arrêt, éventuelles alimentations à découpage employés dans certains récents appareils. Sur le plan commercial, elle doit encore rester compacte, légère, d'un prix de revient réduit. Contradictions, limites, compromis trouvés vont laisser l'alimentation imparfaite sur un plan « audiophile ».

Le montage le plus fréquent, que l'on voit sur la figure 1 est constitué d'un transformateur (EI, C, double C, tore, etc.) muni d'un primaire, d'un secondaire à point milieu, d'un pont redresseur à diodes au silicium et de condensateurs de filtrage. Pour mieux résister aux variations primaires et secondaires, le transformateur doit être surdi-

mensionné, les condensateurs de filtrage devant être de valeur relativement élevée. Dans cette condition déjà plus favorable, les diodes, le transformateur, le fusible doivent être en mesure de supporter le courant de charge des condensateurs au moment de la mise sous tension. Si, d'ores et déjà, on est limité par le prix de revient, l'encombrement, on ne peut qu'arriver à un mauvais compromis. Sur le plan des performances on est limité par la perte qu'apportent les diodes, les enroulements du transformateur, par le volume, les caractéristiques magnétiques des tôles. Pour un transformateur courant, les calculs d'induction maximum ( $B_m$ ), de perte magnétique dans les tôles ( $P_i$ ) et de perte dans les enroulements ( $P_c$ ) s'effectuent comme suit :

$$B_m = \frac{E_1}{4K_f n_1 A} \quad (\text{Wb/m}^2) \quad (1)$$

$$P_i = dh \frac{f}{100} B_m^2 + \delta e$$

$$\left( t \frac{f}{100} K_f B_m \right)^2 \quad (\text{W/kg}) \quad (2)$$

$$P_c = K_m I_1^2 (r_1 + r_2) \quad (\text{W}) \quad (3)$$

avec  $E_1$  : tension primaire ;  $K_f$  : taux de forme d'onde ;  $n_1$  : nombre de tours primaire ;  $A$  : section utile du circuit magnétique ;  $dh$ ,  $\delta e$  : facteur de qualité des tôles ;  $r_1$ ,  $r_2$  : résistance primaire, résistance vue du secondaire ;  $K_m$  : rapport impédance/résistance ;  $I_1$  : courant primaire.

Comme l'indiquent les formu-

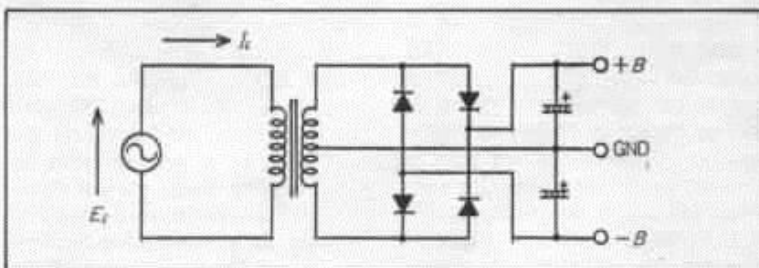


Fig. 1 : Alimentation courante à transformateur, redresseurs et capacités.

les, la perte dans les tôles, indépendante de la charge, est proportionnelle à  $f \cdot B_m^2$ . Quant à la perte dans les enroulements, elle dépend cette fois du courant de charge et de la résistance des enroulements. Si, pour une raison économique, pour une raison de poids ou d'encombrements on réduit le volume des tôles, le volume de cuivre des enroulements, on se heurte au problème d'échauffement. En haute fidélité « grand public », la compacité des appareils, les problèmes de prix de revient, de poids, de rayonnement parasite font choisir le compromis consistant à avoir recours à des étages de puissance travaillant en classe B, en classe A « assistée », un échauffement anormalement élevé ne pouvant se produire que lors d'un fonctionnement prolongé à pleine puissance. Le transformateur d'alimentation, rayonnant peu, car réalisé à partir de tôles à faibles pertes, reste d'un coût peu élevé en raison de son volume. Dans une démarche résolument « Audiophile », le transformateur doit être surdimensionné. Le secondaire, chargé par les redresseurs, les capacités ne peut plus produire un signal parfaitement sinusoïdal (figure 2) et un surdimensionnement est avantageux. Par

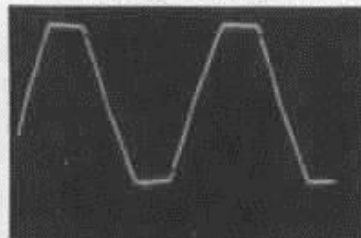


Fig. 2 : Forme du signal obtenu sur le secondaire chargé par le pont redresseur et par les capacités de filtrage. Remarquer la saturation de la sinusoïde.

contre, le montage ne sera pas à l'abri des variations secteur (ne serait qu'un volt ou deux), ceci même après deux cellules RC et malgré l'emploi de condensateurs de forte valeur (100 000  $\mu\text{F}$

pour 20 V de tension d'alimentation par exemple). Pour un préamplificateur, un filtrage vraiment bon et surtout indépendant des petites variations secteur doit posséder plus de six cellules RC ou LC (ce qui est encore mieux). C'était le cas notamment du circuit préamplificateur à tubes décrits dans le n° 21 de l'Audiophile. S'il s'agit, même en basse tension, de courants beaucoup plus élevés, la réalisation n'est pas pratique (encombrement, résistances de fort wattage, échauffement). En plus si, en classe A, on souhaite obtenir une alimentation vraiment stable, cette condition nécessite l'emploi de condensateurs de très forte valeur. Dans une réalisation commerciale d'amplificateurs de qualité, le 20 W classe A représente une bonne approche : transformateur fortement surdimensionné, condensateurs de valeur totale 408 000  $\mu\text{F}$ . Dans le

cas du « Monstre », fonctionnant à partir d'une alimentation de  $\pm 12$  V, on aura besoin de quelque chose de beaucoup plus stable.

### Alimentations réglées, alimentations à très haut rendement

Les alimentations à très haut rendement, de type à découpage, à triac et contrôle de phase, à choppers, ont pour avantage un rendement exceptionnel : travail en impulsion des transformateurs, dont le rendement devient tel que l'on peut les réduire en volume, transistors travaillant en repos/travail réduisant la dissipation collecteur, régulation de signaux carrés peu espacés.

La figure 3 illustre en exemple une alimentation à triac et contrôle de phase, pour laquelle les paramètres de courant et tension de sortie  $E_0$  et  $I_0$  sont représentés. Ce montage à haut rende-

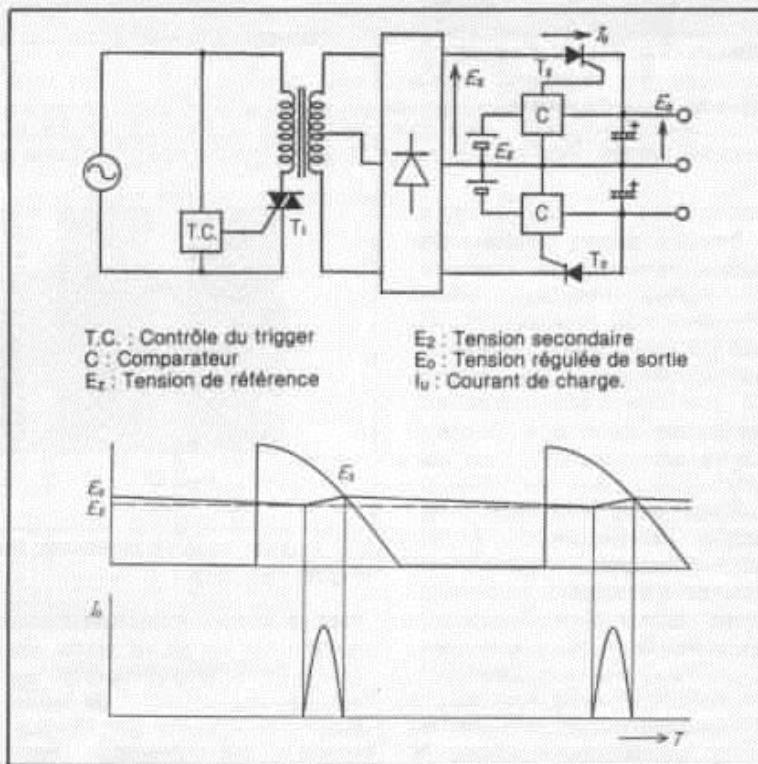


Fig. 3 : Alimentation haute efficacité à triacs et contrôle de phase, caractéristiques de tension et de courant de sortie.



ment peut s'améliorer par suppression des triacs sur le secondaire, par l'emploi d'amplificateurs opérationnels qui, reliés à un photo-coupleur, peuvent de la sorte contrôler le trigger du triac primaire. Réduction du prix de revient, de la taille du transformateur, amélioration sensible des performances de stabilité, d'insensibilité aux variations de tension primaire. Le gros inconvénient dans ce genre de circuit étant, mis à part la qualité spectrale de régulation dont il sera question plus loin, le bruit mécanique du transformateur travaillant en régime impulsif. Il doit alors être impérativement de haute qualité, imprégné, monté sur des suspensions amortissantes, le tout ne devant pas rayonner. La figure 4 montre l'aspect général de ce type de montage.

Concernant l'alimentation à découpage, représentée sommairement sur la figure 5, on voit que la tension de sortie  $V_{av}$ , obtenue à partir de signaux carrés espacés ( $T_{on}$ ,  $T_{off}$ ) et d'amplitude contrôlée  $V_o$ , la valeur de  $V_{av}$  obtenue après filtrage étant de :

$$V_{av} = \frac{T_{on} V_o}{T_{on} + T_{off}}$$

Le rendement atteint des valeurs particulièrement élevées, les autres avantages étant l'absence de résidu 50 ou 100 Hz, une faible impédance, une très bonne régulation. Mais les meilleures alimentations à découpage, relativement onéreuses et assez encombrantes ont pour gros défaut un rayonnement parasite gênant d'où l'obligation d'avoir recours à plusieurs blindages. Un autre défaut étant de perturber le secteur lui-même. Sur le plan de la pureté spectrale de régulation ce montage n'est que moyennement performant, ceci malgré toutes les précautions prises, malgré les effets publicitaires présentant l'alimentation à découpage comme l'ultime perfectionne-

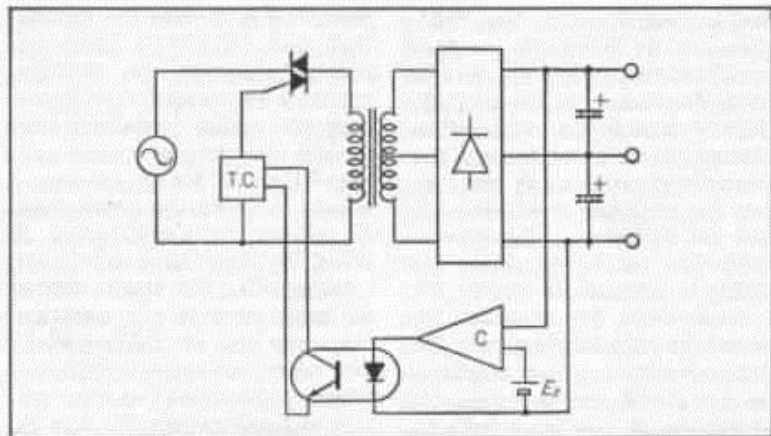


Fig. 4 : Version améliorée de l'alimentation de la figure 3. On note la présence d'un amplificateur opérationnel, d'un photocoupleur agissant sur le triac d'entrée.

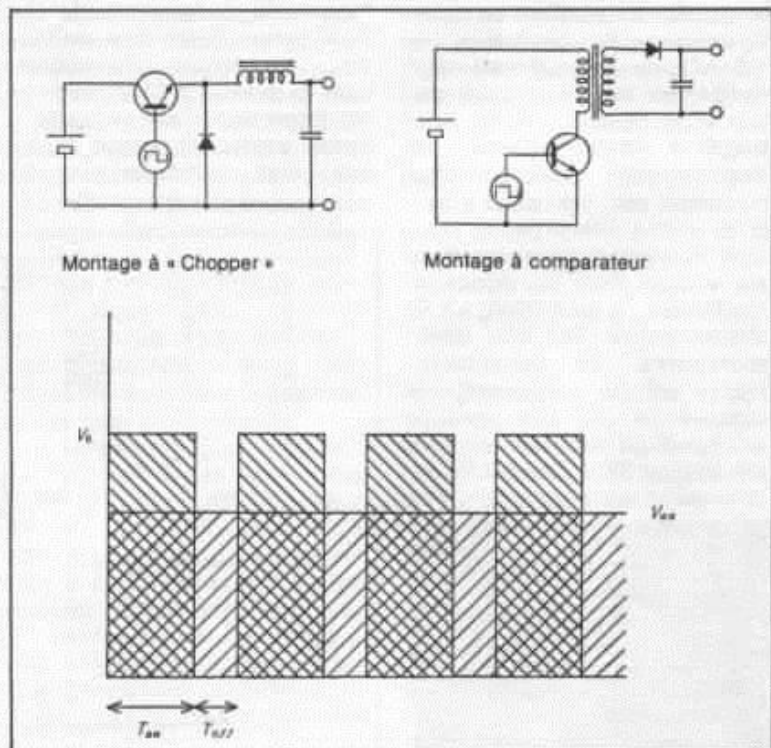


Fig. 5 : Alimentation à découpage. Principe et forme du signal de sortie avant et après régulation.

ment en matière d'alimentation, ce qui n'est vrai qu'en partie. En réalité, on a pu constater qu'un montage amplificateur de faible distorsion, alimenté soit normalement (pont redresseur, résistances, condensateurs, filtrage en Pi) soit à l'aide de ce genre de

montage pouvaient présenter des écarts notables au niveau du paramètre de distorsion/puissance, ce que l'on constate sur la figure 6. L'écart étant dû, dans le cas de l'alimentation à découpage, au bruit résiduel en mode commun. C'est ce que montre encore

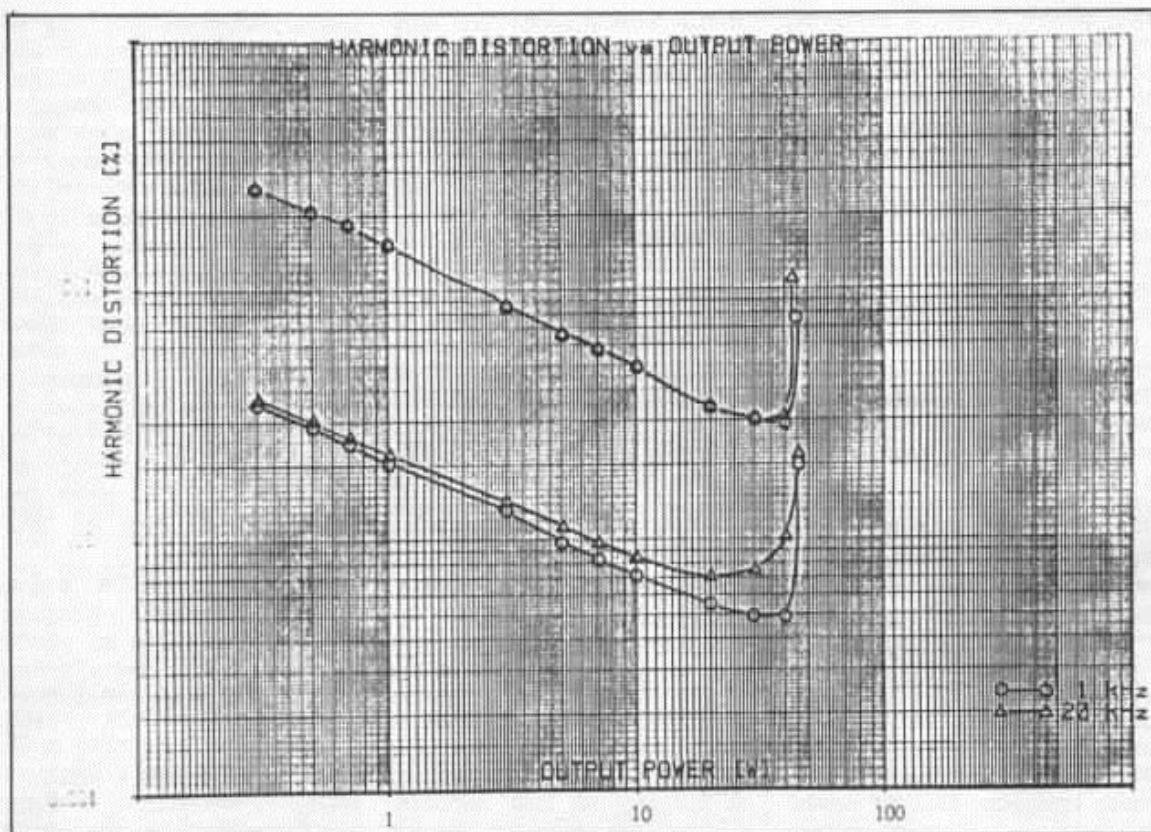


Fig. 6 : Paramètres distorsion/puissance d'un amplificateur alimenté soit par une alimentation à découpage de qualité moyenne (courbe supérieure), soit à l'aide d'un montage courant (transformateur, diodes, filtrage en Pi) (courbe inférieure). Le bruit résiduel en mode commun de l'alimentation à découpage est responsable de l'augmentation du taux de distorsion constatée.

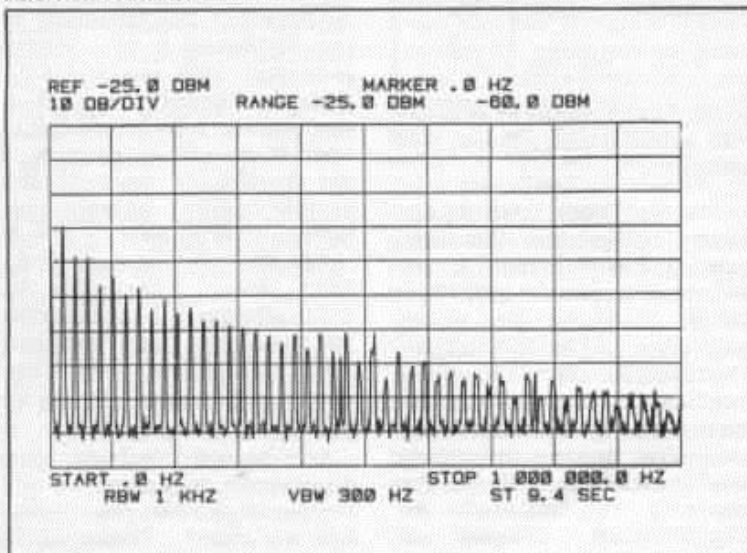


Fig. 7 : Analyse spectrale du bruit résiduel produit par l'alimentation à découpage employée sur la figure 6.

l'analyse spectrale (fig. 7). Dans les meilleurs cas, y compris les alimentations de ce type souvent utilisées dans les magnétoscopes, dans les lecteurs de disques compacts, on ne peut guère dépasser en bruit résiduel les performances de la figure 8.

Par ailleurs, les filtres secteurs employés en tête seront insuffisants pour protéger totalement des parasites d'autres maillons munis d'alimentations courantes. En somme, quelques avantages, la plupart technico-commerciaux dont le revers est l'apparition de plusieurs inconvénients.

On en revient alors à l'alimentation classique, dont le résultat en bruit spectral résiduel (fig. 9) dépasse celui des meilleures alimentations à découpage.

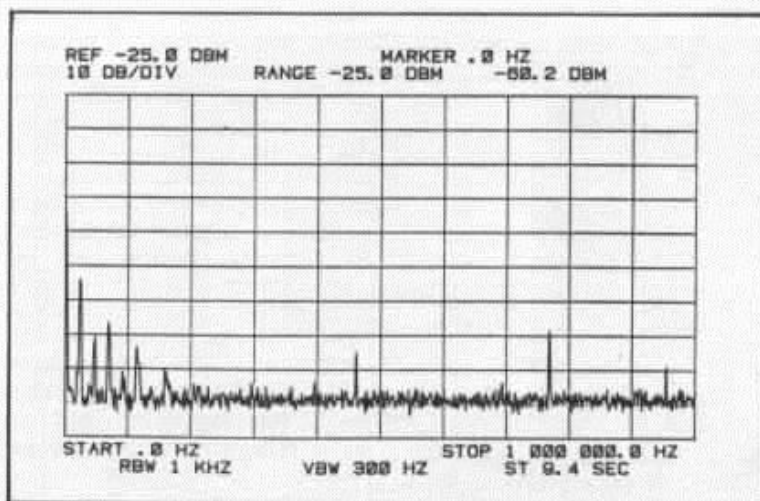


Fig. 8 : Spectre de bruit d'une alimentation à découpage de qualité. On remarque néanmoins la présence de plusieurs harmoniques.

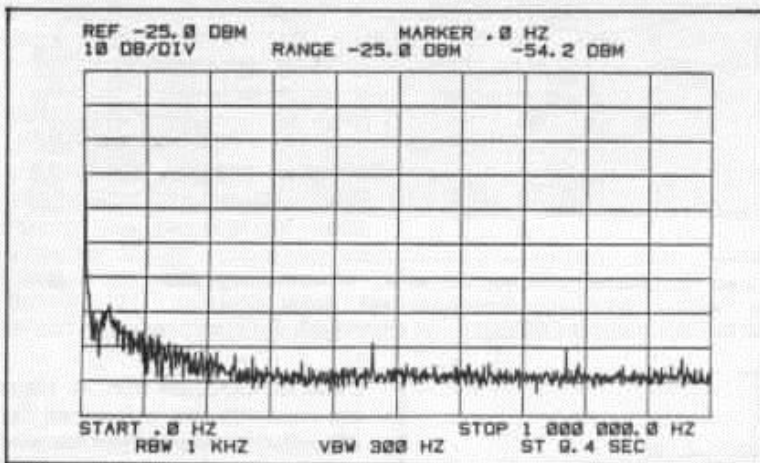


Fig. 9 : Spectre de bruit d'une alimentation classique, à filtrage en Pi simple. Le résultat est nettement supérieur à celui des versions à haute efficacité, malgré des résultats inférieurs sur d'autres paramètres.

### L'alimentation du « Monstre »

De grande simplicité, l'alimentation de l'amplificateur classe A  $2 \times 8$  W s'effectue par accumulateurs au plomb reliés à des condensateurs. D'une part, le schéma avait été étudié pour une alimentation sous  $\pm 12$  V. D'autre part, la consommation, raisonnable, permet une autonomie largement suffisante avant une recharge des accumulateurs.

D'habitude, le bruit résiduel de l'alimentation courante, non stabilisée, se situe vers  $-70$  dB :

résidus de filtrage, bruit dû aux diodes redresseuses. En deçà apparaît le bruit de fond, le ronflement de fréquences 100, 150 et 200 Hz. Un filtrage plus sérieux muni d'une self en tête, difficile à réaliser dans un petit volume mais devant être d'inductance appréciable et de faible résistance série, procure un recul du bruit jusque vers  $-90$  dB. Par contre des circuits annexe de l'amplificateur, alimentés par des tensions plus basses que celles de l'étage de sortie et régulés par des diodes zéner ne peuvent

espérer dépasser un recul de bruit de l'ordre de  $-75$  dB., sauf si ces diodes sont montées en parallèle sur des condensateurs d'assez forte valeur (10 à  $50 \mu\text{F}$ ). Mais, même dans ce cas la limite se situe vers  $-90$  dB. Sans entrer dans le détail des alimentations régulées, parfois extrêmement rapides et silencieuses, une alimentation par piles (ce que serait impossible dans le cas de l'amplificateur  $2 \times 8$  W), celles-ci étant soigneusement découplées peut faire reculer le bruit jusqu'à  $-110$  à  $-120$  dB. Cette solution est très appréciable s'il s'agit d'alimenter des montages tels que les pré-amplificateurs.

Au-delà de  $-120$  dB, la qualité des composants devient de plus en plus critique. Le courant de fuite des piles, des condensateurs devient une source de bruit. Le passage du courant à travers les résistances composant le filtrage RC suffit pour produire un certain niveau de bruit, aussi bas soit-il. Celui-ci se situe entre  $-110$  et  $-130$  dB. Le but recherché vise les dernières limites offertes par les composants. La combinaison choisie : accumulateurs + condensateurs est non seulement la plus simple, mais aussi celle accédant à des valeurs d'impédance extrêmement basses, à des possibilités en courant transitoire énormes, à des valeurs de bruit résiduel exceptionnelles : quelques milliohms, plus de  $1000$  A, près de  $-144$  dB..., le tout étant totalement absent d'une coloration éventuelle due à des composants tels que diodes, transformateurs, tôles magnétiques, selfs, résistances, transistors ou circuit intégrés.

En fait, il s'agissait aussi d'une solution unique vu que l'on remarquera un point important du circuit : l'alimentation commune des étages d'entrée avec ceux de sortie, ce qui exige une stabilité inconditionnelle.