

Un ingénieux dispositif réducteur de distorsion pour amplificateurs de puissances

On connaît la propension naturelle de nos amplificateurs modernes ⁽¹⁾ à fabriquer des harmoniques, en particulier ceux qui ne bénéficient pas d'un soin particulier au réglage et au montage, pour des questions économiques faciles à imaginer.

Le dispositif décrit par D. Bollen dans *Wireless World* de février 73 prétend remédier à ce grave inconvénient en faisant appel aux techniques de corrections d'erreur bien connues des spécialistes de l'asservissement. La modification fait appel à trois amplificateurs (4 transistors au total) qui ne modifient pas le gain de l'ensemble. On ne peut que conseiller aux amateurs d'une haute fidélité inconditionnelle d'essayer ce circuit qui peut transformer un vulgaire amplificateur de sonorisation en véritable amplificateur de haute fidélité.

Le principe

Grâce à l'excellente linéarité de fréquence des amplificateurs à transistors, qui implique un faible déphasage dans une large bande de fréquence, il est

possible de réinjecter en opposition de phase avec le signal d'entrée les seules composantes de distorsion et de bruit prélevées en sortie.

La figure 1 montre le principe suivi : un premier amplificateur opérationnel A

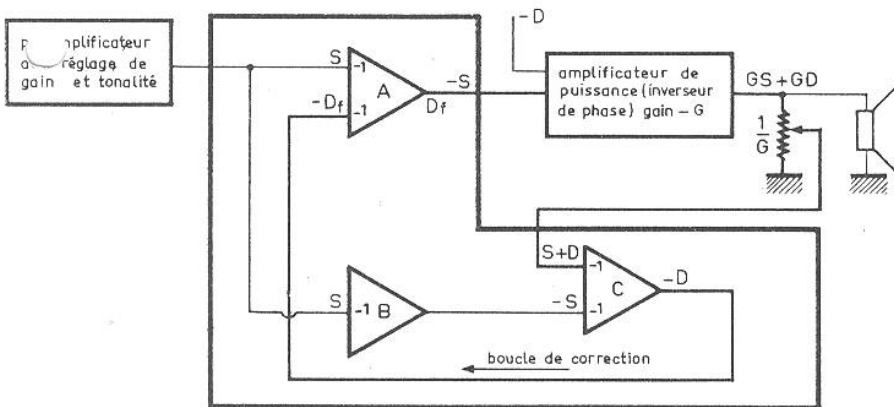


Fig. 1. — Principe de réalisation du circuit réducteur de distorsion pour amplificateur de puissance inverseur de phase.

D = composante de distorsion ramenée à l'entrée ;

S = signal utile à l'entrée ;

GD = composante de distorsion en sortie ;

Df = tension de correction.

réalise la sommation algébrique, tel un mélangeur, du signal utile S et d'une tension d'erreur contenant les produits de distorsion D_f . La phrase de D_f par rapport à S doit être choisie de telle façon que D_f se retranche de la composante de distorsion D virtuellement ramenée à l'entrée de l'amplificateur de puissance.

Mais cela ne peut être obtenu que si on dispose de la composante de distorsion « fabriquée » par l'amplificateur. D'où le rôle pour l'étage opérationnel C d'extraire la composante de distorsion du signal de sortie ; ce qui réclame la présence d'un inverseur de phase permettant d'éliminer le signal utile S. C'est le rôle de l'étage A.

Si tous les étages A, B, C ont bien un gain égal à 1, le seul réglage consiste finalement à ajuster le niveau du signal d'erreur prélevé en sortie pour éliminer complètement la modulation utile en

1. Le choix du fonctionnement en classe B et la dispersion des caractéristiques des transistors sont responsables en grande partie de cette situation.

sortie de l'étage C. On doit normalement vérifier que l'atténuation introduite par le potentiomètre est égale au gain en tension de l'amplificateur de puissance, soit $1/G$.

Compte tenu du fait que, selon le type de boucle de rétro-action utilisée dans l'amplificateur principal, le déphasage entrée-sortie aux fréquences moyennes est 0 ou 180° , il faut prévoir deux montages possibles : avec ou sans inversion de phase dans l'amplificateur de puissance. En regardant le schéma de la figure 2 établi pour un amplificateur non inverseur de phase, on voit qu'il a suffi de déplacer l'étage B pour rétablir une situation correcte.

On peut maintenant se poser la question de savoir comment intervient la propre distorsion des étages A, B, C. Il est facile de voir que si la composante D_f est multipliée par un certain coefficient k avant d'être appliquée à l'amplificateur, la réduction de distorsion est $1 + k$ au lieu de 1, on peut ainsi corriger toute source de distorsion et de bruit non contenue dans le signal utile.

Dans le cas d'amplificateurs symétriques sans point de masse en sortie, il devient obligatoire d'insérer un réducteur de distorsion dans chaque branche, comme cela est indiqué dans la figure 3.

La réalisation (fig. 4)

Pour des raisons d'économie, il est fait appel à des transistors classiques du type BC 109 qui conviennent à tout amplificateur de puissance dont la sensibilité est comprise entre 100 mV et 1 V.

Avec les valeurs indiquées, un résultat optimal est obtenu avec une tension d'entrée de 500 mV (efficaces).

Comme nous l'indiquons plus loin, un réglage du gain de la boucle de correction peut être obtenu au moyen de R_2 , tandis que C_2 joue le rôle classique de correcteur de phase en haute fréquence.

Le montage en collecteur commun de Tr_2 peut fournir une tension de 500 mV sur charge de 1 k Ω sans augmentation de distorsion.

Pour tenir compte des variations possibles de l'impédance de charge de l'amplificateur de puissance, il faut pouvoir ajuster le niveau du signal de commande prélevé en sortie (signal $S + D$ — fig. 1).

Le signal utile étant :

$$GS = \sqrt{WR} \text{ d'après } W = V^2/R$$

W = puissance de sortie en watts

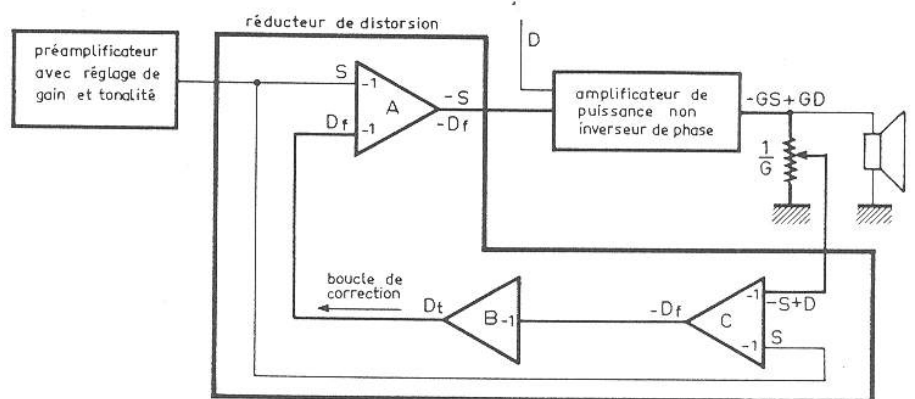


Fig. 2. — Principe de réalisation du même circuit qu'en figure 1, adapté à un amplificateur de puissance non inverseur de phase.

V = tension de sortie en volts efficaces
 R = impédance de charge en ohms.
 On doit vérifier :

$$\frac{1}{G} = \frac{S}{\sqrt{WR}} = \frac{R_{13}}{R_{13} + R_X}$$

On en tire

$$R_X = 2 \left[\frac{\sqrt{WR}}{S} - 1 \right] \text{ avec } R_{13} = 2 \text{ k}\Omega$$

R_X en k Ω

En adoptant pour R_X un potentiomètre, on se réserve la possibilité d'ajuster la correction du gain de boucle dans une large gamme de puissance.

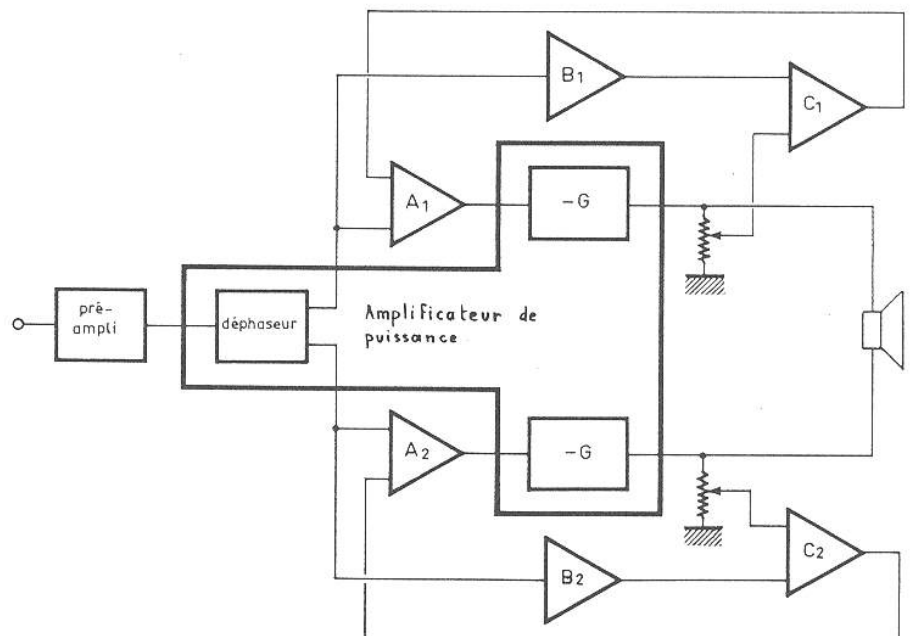


Fig. 3. — Montage réducteur de distorsion pour amplificateur en pont. (2 chaînes de correction).

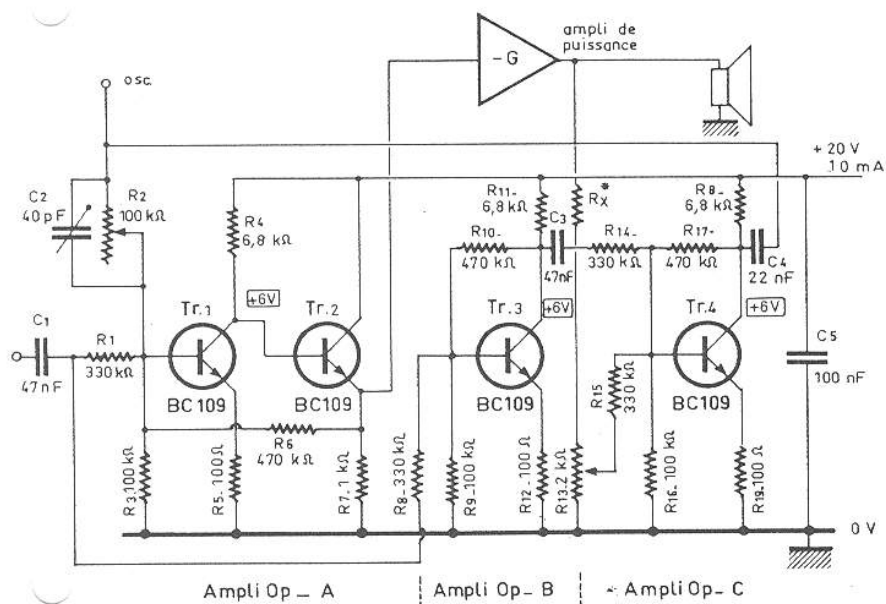


Fig. 4 - Schéma de réalisation du réducteur de distorsion pour amplificateur de inverseur de phase.

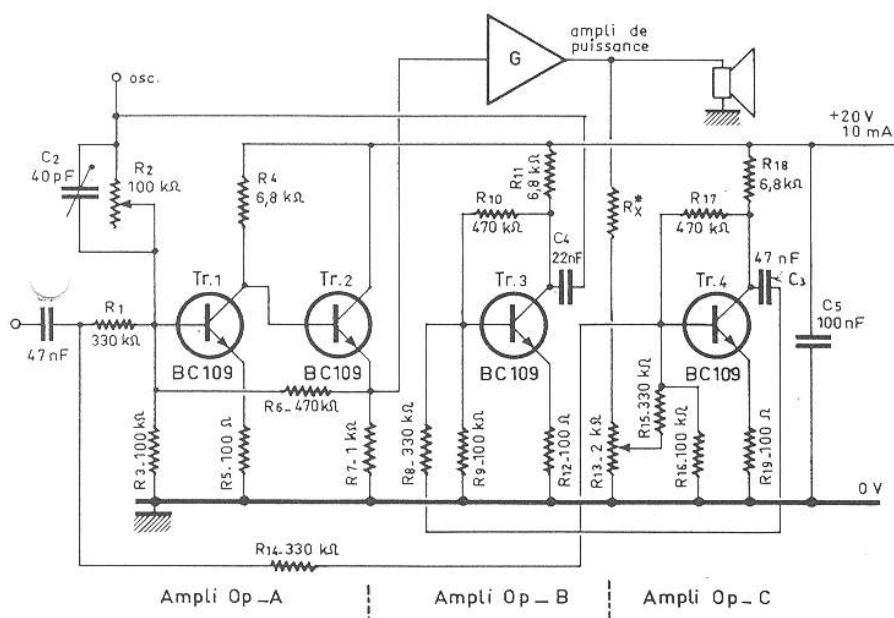


Fig. 5. — Schéma pour amplificateur de puissance non inverseur de phase.

Afin de juguler toute tendance à l'instabilité en basse fréquence, les constantes de temps des liaisons par C_1 , C_3 et C_4 , sont réglées pour une fréquence de coupure de l'ordre de 20 Hz.

On trouvera dans la figure 5 l'adaptation du circuit de la figure 4 au cas d'un amplificateur de puissance non inverseur de phase (voir schéma de principe en figure 2).

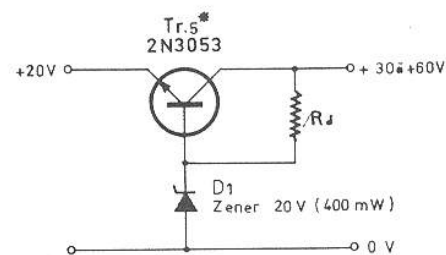
L'alimentation d'un tel circuit peut s'opérer à l'aide d'un simple régulateur connecté sur l'alimentation générale de l'amplificateur (fig. 6).

Le réglage

Pour mener à bien le réglage de l'ensemble, il est indispensable de disposer d'un générateur audio et d'un oscilloscope de sensibilité 10 à 30 mV/cm.

On procédera comme suit :

— Déconnecter la charge de l'amplificateur.



* avec radiateur $R_{th} = 50^\circ\text{C/W}$

Fig. 6. — Alimentation régulée pour un ou deux réducteurs de distorsion fonctionnant à partir de l'alimentation générale de l'amplificateur de puissance.

— Placer les curseurs de R_2 et R_{13} à mi-course.

— Régler C_2 sur une valeur intermédiaire et mettre sous tension.

— Connecter l'entrée de l'oscilloscope à la sortie OSC.

— Injecter un signal à 1 kHz ne risquant pas de saturer l'amplificateur, puis régler R_{13} pour annuler la trace verticale.

En cas d'accrochage HF, revoir le câblage avant de continuer le réglage.

— Connecter le haut-parleur et ajuster R_2 et R_{13} pour un minimum.

— Régler enfin C_2 pour éliminer tout accrochage HF.

— Vérifier la réponse globale de l'amplificateur de puissance en connectant l'oscilloscope en sortie de celui-ci. En cas de remontée du niveau à 20 Hz, réduire C_1 .

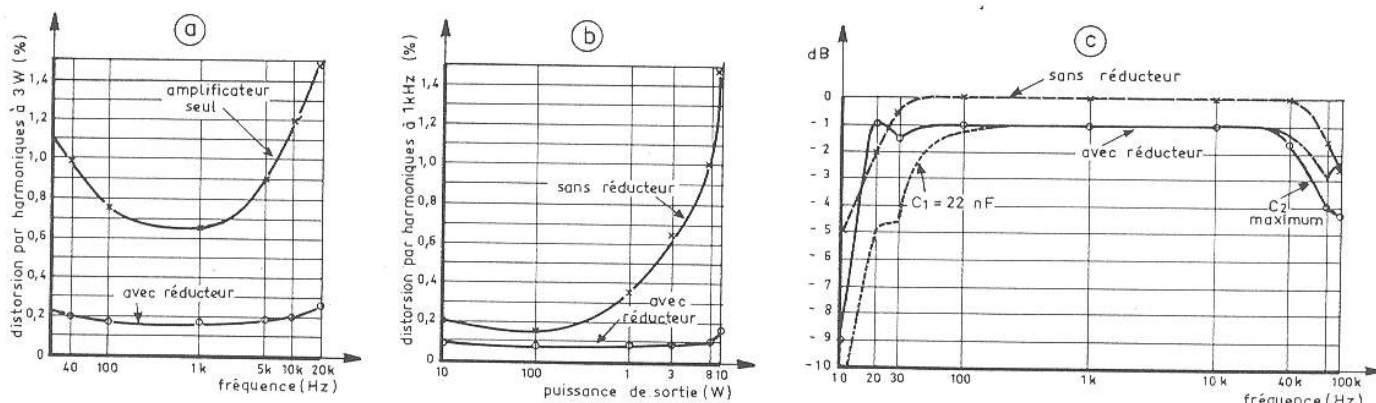


Fig. 7. — Performances obtenues avec des amplificateurs 10 W/1 % de distortion.
a) Distorsion en fonction de la fréquence;
b) Distorsion en fonction de la puissance;
c) Courbe de réponse.

Il se peut que le réducteur manifeste un bruit de fond supplémentaire dans le cas d'amplificateurs de puissance particulièrement sensibles. Le remède consisterait alors à insérer un diviseur potentiométrique 5 k Ω /25 k Ω à l'entrée de celui-ci, avant de procéder au réglage ci-dessus.

Performances

On les trouvera résumées dans la figure 7.

Elles ont été obtenues avec deux amplificateurs initialement donnés pour 10 W avec moins de 1 % de distortion.

Le gain de qualité est évident, en particulier à puissance élevée.

La courbe de réponse révèle une perte de sensibilité de 1 dB qui paraît imputable à la dispersion des valeurs d'éléments.

Une légère tendance à l'accrochage apparaît aux alentours de 20 Hz et 80 kHz, sans inconvénient pratique cependant.

En bref

Un dispositif original réducteur de distortion capable de redorer le blason

d'amplificateurs jusqu'alors plutôt réservés à la sonorisation.

Les problèmes de stabilité, inhérents à ce type d'asservissement, risquent de causer quelques soucis à l'expérimentateur, mais grâce aux réglages prévus et si le câblage est soigneusement exécuté, le bilan se révèlera très positif.

P. L.

Référence bibliographique :

« Distorsion Reducer » par D. Bollen;
Wireless World, février 1973.