

Puisque  $V_{gs} = I_d/G_m$ , en développant il vient :

$$I_d = V_{ds} \frac{G_m R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} + V_g \frac{G_m R_3}{R_3 + R_4}$$

Cette relation est à l'identique celle d'une triode pour autant que :

$$I_d = I_a \text{ et } V_{ds} = V_a$$

Avec

$$\rho = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{G_m R_2 R_4}$$

(résistance interne en Ohm)

$$S = G_m \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

(pente en A/V)

Il s'agit donc bien d'une pseudo triode dont le coefficient d'amplification est égal à :

$$\mu = \rho \cdot S = \frac{(R_1 + R_2) R_3}{R_2 + R_4}$$

Cette relation est remarquable par le fait que le coefficient d'amplification  $\mu$  est totalement indépendant des paramètres du mosfet et en particulier de sa transconductance  $G_m$ . En d'autres termes, cette conversion garantit une distance constante entre chaque droite(?)  $V_g = Cste$  puisqu'elle est égale à :  $\mu \cdot V_g$  (?) signifie que la droite correspondant à chaque valeur de  $V_g$  présentera une linéarité toute relative car variant avec le  $G_m$  du mosfet (notamment à l'approche des faibles valeurs de  $I_{ds}$  et  $V_{ds}$ ), mais tout en conservant cependant la même distance constante  $\mu \cdot V_g$  entre les droites, pour un courant  $I_{ds}$  donné. Tout ceci, peut paraître confus, mais est illustré en figure 3, où j'ai tracé les courbes (théoriques) de la pseudo triode Q1 du montage décrit, dont l'équation correspond à :

$$I_a = \frac{V_a}{28} + 0,54 V_g$$

Quelques précisions sont encore nécessaires en particulier au niveau du mécanisme de polarisation du mosfet. Dans l'amplificateur Evolution, le courant de repos des transistors mosfet est fixé à 1 A que l'on obtient en appliquant une tension continue entre gate et source d'environ +2,5 Volts. En examinant le schéma 1a, on constate que la gate est finalement reliée en continu au drain, via le pont R1/R2, et par les décadrages de deux  $V_{be}$  (1,2 à 1,3 volts) conséquence des deux petits transistors PNP, T1 et T2.

La seule manière d'agir pour gérer la polarisation  $V_{gso}$  que l'on fixera ici à +2,5 V est de jouer sur le pont R1/R2 donc essentiellement sur la résistance interne du mosfet converti. Ce dispositif constitue une boucle d'as-

servissement stabilisant ainsi au mieux la polarisation. Au passage vous noterez qu'il s'agit également d'une contre réaction limitant le gain de l'étage, paramètre qu'il faudra également gérer. En examinant les courbes de la fig. 3, vous constaterez que la grille peut recevoir bénéfiquement des tensions positives sans risque de création de courant de grille comme dans les triodes classiques.

### Etude du projet EVOLUTION

Le schéma définitif de l'amplificateur est représenté en figure 2. Ainsi que vous pourrez le constater il s'agit d'un montage on ne peut plus simple, car n'utilisant qu'un seul étage constitué de deux mosfet canal N connecté en mufollower et relié via un condensateur d'isolement au primaire d'un transformateur de sortie d'impédance 25 ohms. Le transistor Q1 qui assure le gain du montage est converti en pseudo triode grâce au circuit décrit précédemment. Le transistor Q2 est un suiveur (donc de gain unité) dont la gate est reliée en régime dynamique à la source, via la résistance de 2,2 ohms qui détermine le courant de sortie  $I_s$  circulant au primaire du transformateur en fonction des variations du courant  $I_a$  issu de Q1 tel que :

$$I_s = I_a (1 + G_m \cdot 2,2)$$

Les deux transistors Q1 et Q2 fonctionnent en *push pull* série limitant les appels de courant dans l'alimentation. Le courant de repos est fixé à 1 A, il s'obtient en ajustant la polarisation de Q2 à l'aide de la résistance variable de 5 k $\Omega$ . De ce fait les tensions aux bornes de Q1 et Q2 seront typiquement égales soit 45 à 50 V. La détermination des valeurs des ponts R1/R2 et R3/R4 a été judicieusement calculée dans cet objectif.

L'alimentation générale est simplifiée à l'extrême et comporte un transformateur torique de 330 ou 500 VA (220 V / 2 x 33 V), chaque enroulement de 33 V possède son propre pont redresseur suivi d'un filtrage par condensateur chimique (FRS) de 22 000  $\mu$ F/63V, découplé par 2,2  $\mu$ F (MKP). Les deux tensions redressées de +48 Volts chacune sont additionnées pour donner entre 94 et 96 volts en charge. Cette alimentation est commune aux deux voies. Les paramètres de la pseudo triode construite autour de Q1 sont fixés par les valeurs des résistances suivantes :

- R1 = 120 k $\Omega$  et R2 = 13,33 k $\Omega$  (Ces deux valeurs fixent la tension de polarisation  $V_{gso}$  à +2,5 V, par ajustement de R2, ici 15 k $\Omega$  en // sur 120 k $\Omega$ ).

- R3 = 15 k $\Omega$  et R4 = 10 k $\Omega$  (Ces deux valeurs fixent la pente S de la

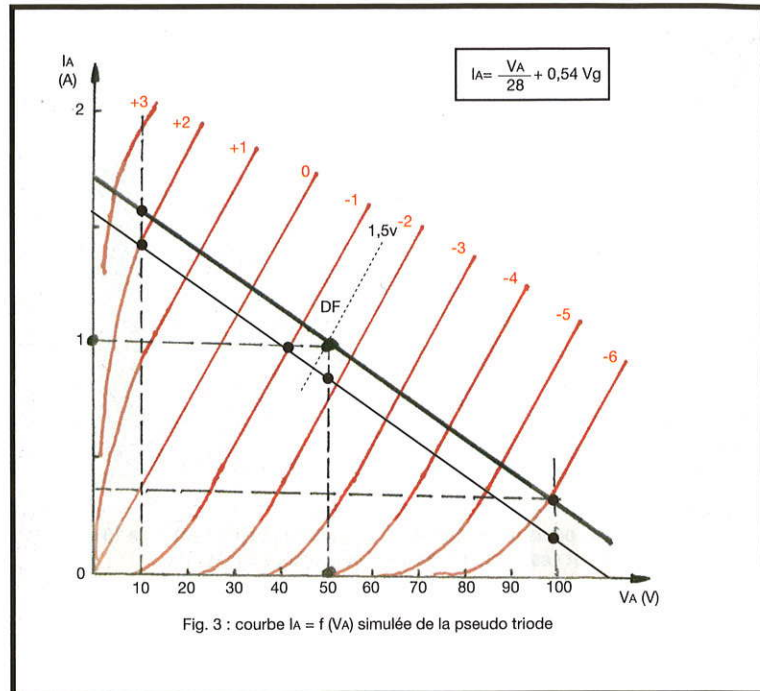


Fig. 3 : courbe  $I_a = f(V_a)$  simulée de la pseudo triode

## MESURES

### amplificateur Nemesis Evolution

n° série sans

Sensibilité d'entrée pour 9 W en sortie

2,08V

Taux de distorsion par harmoniques à :

20 Hz/3 W

0,36 %

1 kHz/3 W

0,28 %

20 kHz/3 W

1,25 %

Rapport signal/bruit, non pondéré

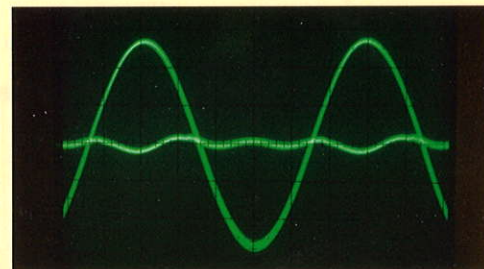
94 dB

Temps de montée, signal carré 10kHz

4  $\mu$ s

### Résultats

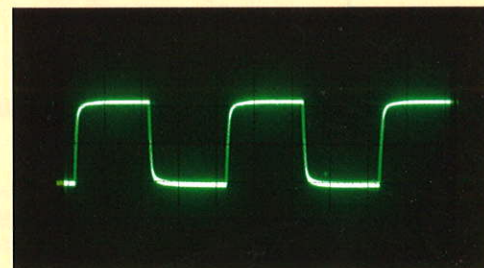
La puissance, mesurée ici sur 8 ohms, reste modeste mais pour 1 % de TDH. Bonne uniformité des TDH présentent une excellente cohérence, malgré une légère remontée à 20 kHz.



### Forme du signal

#### sinus à 1 kHz :

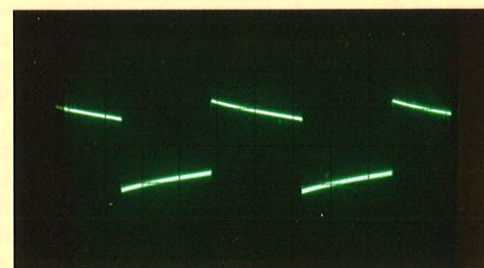
Signal très propre et stable. À la puissance maximum, l'écrêtage se fait d'une manière symétrique, mais surtout assez "soft", à l'instar des montages mono-triodes.



### Forme du signal

#### carré à 10 kHz :

Confirme le commentaire ci-dessus. Beau signal, très stable. La BP monte à plus de 22 kHz et chute ensuite en pente douce sans résonance, prouvant la qualité des TS.



### Forme du signal

#### carré à 40 Hz :

Inclinaison bien symétrique et bon compromis dans le registre grave. Des résultats cohérents et conformes à une écoute ouverte et très articulée en médium/aigu. Quelques limitations notées sur l'assise du grave.