

Fig. 3. — Vue en coupe d'un écouteur du casque « Koss-ESP-6 ». 1) Transformateur de couplage — 2) Mousse plastique — 3) Écran porteur de tentes — 4) Mousse plastique — 5) Feutre — 6) Grille protectrice — 7) Diaphragme conducteur isolé sur ses deux faces — 8) Coussin périphérique hydro-pneumatique.

Conception générale des écouteurs pour casque ESP-6

Le transducteur fonctionnant à charge constante use d'un diaphragme en polyuréthane de 13μ d'épaisseur, extrêmement léger et robuste, de 30 cm^2 environ de surface vibrante utile, se déplaçant entre deux électrodes fixes perforées, dont il est écarté au repos de $6/10 \text{ mm}$ (des cales isolantes judicieusement disposées assurent son centrage). Ce diaphragme tendu également, sur toute sa périphérie, possède une fréquence de résonance naturelle vers 1500 Hz , qui sera ultérieurement amortie (fig. 3) par un écran absorbant composite, formé de feutre et de mousse plastique (polyuréthane).

Comme pour tout transducteur sonore électrostatique, il faut une tension continue, assez élevée, de polarisation qui, heureusement, n'a pratiquement rien à débiter. Eu égard aux très grandes constantes de temps, Martin Lange, Vice-Président de « Koss Electronics » eut l'ingénieuse idée de demander au signal audiofréquence, lui-même, d'engendrer cette tension de polarisation, soit environ 500 V , pour un honnête compromis réponse/sensibilité. Pour cela, le signal audiofréquence, dont il est exigé une tension efficace voisine de 3 V pour une audition confortable, est porté à 180 V par le transformateur d'adaptation au transducteur électrostatique (fig. 4), redressé par tripleur de tension, filtré par cellule R-C avec limitation de surtension par diodes Zener, qui fournit bien plus des 500 V désirés, et puisque le débit est quasi nul, le signal n'a pas à en souffrir dès que l'écouteur est polarisé.

De cette manière, avec 3 V de tension excitatrice audiofréquence, le nouvel écouteur Koss engendre une pression acoustique de 90 dB à 1 kHz par rapport à $2.10^{-4} \mu\text{bar}$ (cela correspond à 1 W de puissance électrique prélevée à la sortie 8Ω de l'amplificateur), équivalente au niveau sonore perçu au dixième rang des fauteuils d'orchestre, face à un ensemble de 75 musiciens jouant « forte ». La puissance admissible dépasse toutefois largement cette valeur. A 40 Hz , la distorsion se manifeste pour un signal de 9 V d'amplitude efficace (10 W dans 8Ω) par suite de la saturation des tôles du transformateur adaptateur; à 1 kHz l'écouteur encaisse 20 V (soit $50 \text{ W}/8 \Omega$). Aux fréquences supérieures, il y aurait alors risque de perforation du diaphragme par étincelles. En pratique, ce risque est nul, à tout niveau sonore humainement tolérable et deux petits tubes limiteurs au néon (faisant aussi office de modulomètres simplifiés) éliminent toute possibilité de surtension.

La courbe de réponse est régularisée dans le registre grave par la création d'une cavité quasi hermétique, comprenant l'oreille de l'auditeur limitée par un coussin périphérique hydro-pneumatique (il convient cependant d'autoriser l'égalisation des pressions sur les deux faces du diaphragme; aussi ménage-t-on une fuite, avec une constante de temps de $0,5$ seconde, affaiblissant de 1 dB la pression acoustique à 20 Hz). Dans l'aigu, outre l'amortissement de la résonance naturelle (fig. 5), il fallut parer à la réflexion des ondes sonores sur le fond du boîtier de l'écouteur par un revêtement en mousse plastique. Au delà de 8 kHz , le principal obstacle fut l'absence d'accessoire de couplage (oreille artificielle) efficace. Expérimentalement on fit statistiquement appel à 30 personnes comparant la réponse de l'écouteur, à celle d'un haut-parleur électrostatique de grande classe (Acoustech). On fut ainsi amené à réduire le volume de la cavité entre diaphragme et pavillon auriculaire et à compenser une chute de niveau, vers 13 kHz , par résonance entre l'inductance de fuite du transformateur adaptateur et la capacité du condensateur vibrant. Finalement, une nouvelle oreille artificielle fut mise au point, convenant mieux au-dessus de 8 kHz , et l'on obtint de la sorte des courbes de réponse de la figure 6, couvrant $50-10000 \text{ Hz}$ dans 5 dB , avec une excellente similitude des deux transducteurs d'une paire stéréophonique.

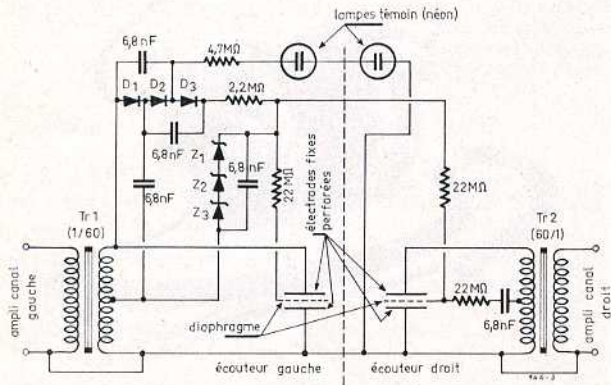


Fig. 4. — Schéma de principe du circuit produisant la tension de polarisation du nouveau casque Koss. Les tubes-voiants au néon limitent les surtensions et font office de modulomètre: ils clignotent à 90 dB et demeurent allumés à 110 dB .

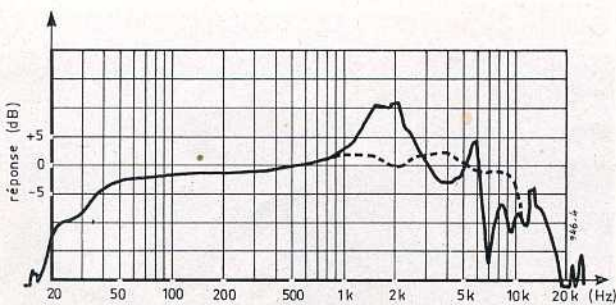


Fig. 5. — En trait plein, courbe de réponse non corrigée de l'écouteur électrostatique « Koss-ESP-6 », où se manifestent la résonance fondamentale du diaphragme et les irrégularités de restitution, au-dessus de 8 kHz , attribuables à des réflexions d'ondes acoustiques par le boîtier de l'écouteur. En trait ponctuée, réponse corrigée par la mise en œuvre de résistances acoustiques.