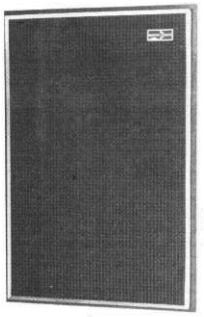
L'enceinte acoustique asservie



KM 30

SERVO - SOUND

LA firme d'outre-Quiévrain Servo-Sound KM (Korn et Macway) fut une des premières à mettre, sur le marché de la HiFi, des enceintes asservies ; on peut même dire qu'en Europe, elle fut la première, précédant en cela des concurrents aux noms prestigieux. Le vieux rêve de reproduire une large bande de fréquences, avec un niveau confortable dans le grave, à partir d'un haut-parleur unique monté dans un coffret de volume modeste (d'une dizaine de décimètres cubes pour fixer les idées) a pris une apparence dès 1967 avec la première réalisation commerciale de Servo-Sound ; le professeur Korn de l'Université libre de Bruxelles venait de terminer la mise au point d'un système d'asservissement, qui était l'aboutissement de plusieurs années d'études en laboratoire. Depuis les modèles se sont diversifiés et celui que nous vous présentons aujourd'hui est ce que nous pouvons appeler un milieu de gamme, de dimensions très raisonnables (H 36 x L 24 x P 22 cm), qui ajoute à l'asservissement électrique du système d'origine une « rétroaction électropneumatique ».

Comme dans tout système asservi, le coffret enceinte acoustique renferme l'amplificateur de puissance ce qui fait qu'il nous faut considérer haut-parleur et électronique comme un tout et non pas comme des maillons séparés. Mais avant d'aborder le système KM, tel qu'il se présente à nous pratiquement, quand nous ouvrons le panneau arrière de l'enceinte ou théoriquement quand nous suivons le schéma de la réalisation, il nous faut rappeler ce qu'il faut entendre par asservissement.

Un haut-parleur à l'air libre a une fréquence de résonance propre f_R qui dépend à la fois de la masse M de (l'équipage mobile + membrane) et de la raideur k de la suspension :

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M}}$$

Si à présent nous chargeons le haut-parleur par un volume d'air clos, celui d'une enceinte acoustique, la raideur k', de l'air emprisonné ajoutera son effet à la raideur de la suspension et la fréquence de résonance deviendra f'_R telle que :

$$f'_R = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k + k'_a}{M}}$$

Si le volume d'air est grand, f'_R a une valeur voisine de f_R, et, si au départ f_R était relativement basse, f'_R aura une valeur elle-même basse. Mais si le volume d'air est faible, k' sera grand et la fréquence de résonance du haut-parleur dans l'enceinte close sera très différente de f_R. En conséquence, si dans le premier cas, la résonance est bénéfique pour compenser la chute de la résistance de rayonnement aux fréquences graves, dans le deuxième cas, qui est celui des enceintes « de bibliothèque », cette fréquence f'_R passe au-dessus de 100 Hz ce qui donne lieu à une coloration audible et particulièrement gênante. Dans ces conditions, et pour pouvoir néanmoins bénéficier d'enceintes de faible volume, les constructeurs ont essayé de réduire l'effet de cette résonance : soit en diminuant la surface de la membrane du haut-parleur ce qui diminue la valeur de k', pour un volume donné mais ce qui entraîne en même temps des amplitudes de déplacement énormes pour obtenir une puissance acoustique suffisante, soit en atté-

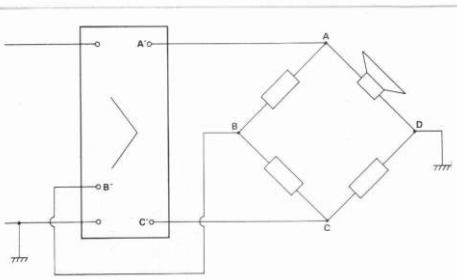


Fig. 1. – Rétroaction en pont. Le pont ABCD est raccordé à la sortie A'C' d'un amplificateur. La branche AD est constituée par la bobine mobile du haut-parleur. On admet d'abord que l'impédance de la bobine mobile est purement résistive. Le pont étant équilibré, aucune tension n'apparaît entre B (et donc B') et la masse tant que la membrane du haut-parleur est bloquée. Mais lorsque la membrane du haut-parleur se met en mouvement, l'apparition de l'impédance motionnelle met le pont hors d'équilibre, principalement à la fréquence de résonance. Entre B (et B') et la masse, apparaît une tension de rétroaction négative qui, réinjectée à l'entrée de l'amplificateur, freine le mouvement de la membrane.

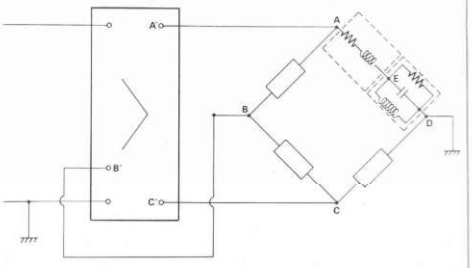


Fig. 2. – Même schéma que figure 1 mais avec cette fois les détails de l'impédance du haut-parleur. L'impédance électrique de la bobine mobile n'est pas une résistance pure mais elle possède une composante réactive positive due à l'inductance de l'enroulement placé dans un milieu ferromagnétique. Cet effet sera d'autant plus marqué que la fréquence de résonance que l'on veut atténuer sera élevée. Pour équilibrer le pont, il faut remplacer la résistance BC par un circuit RC parallèle.
Mais un tel procédé entraîne une lecture parasitaire du pont à une fréquence supérieure à la fréquence de résonance du haut-parleur, où la composante réactive négative de l'impédance motionnelle ED compense de façon intempestive la réactance de la bobine mobile AE. A cette fréquence, le pont fournit une tension donnant lieu à une rétroaction positive ce qui mène à des oscillations parasites. Les résultats sont moins bons que sans asservissement.

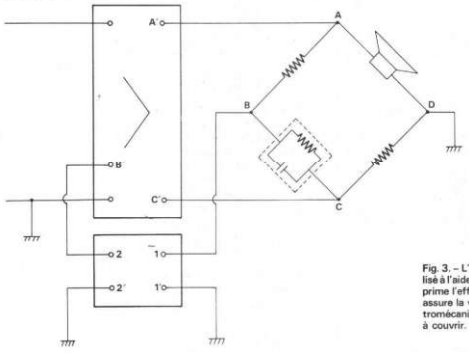


Fig. 3. – L'asservissement correct peut être réalisé à l'aide d'un filtre (quadripole 11'22') qui supprime l'effet de la lecture parasitaire du pont et assure la valeur négative de la rétroaction électromécanique dans toute la bande de fréquences à couvrir.

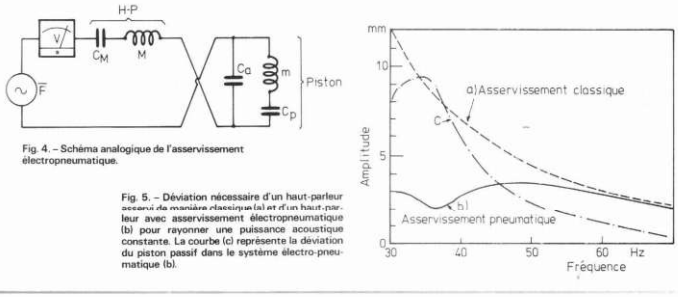


Fig. 4. – Schéma analogique de l'asservissement électropneumatique.

Fig. 5. – Déviation nécessaire d'un haut-parleur asservi de manière classique (a) et d'un haut-parleur avec asservissement électropneumatique (b) pour rayonner une puissance acoustique constante. La courbe (c) représente la déviation du piston passif dans le système électro-pneumatique (b).

nuant cette résonance à l'aide d'absorbants qui s'avèrent toujours peu efficaces aux fréquences les plus graves.

Si l'on considère le haut-parleur et l'amplificateur comme un ensemble électro-acoustique, il est possible de trouver de nouvelles possibilités d'amortissement des résonances mécaniques, cette fois par des moyens électriques. Cette idée est fort ancienne, et Voigt l'avait énoncée dès 1924 à partir d'une contre-réaction de tension et d'une réaction de courant. Pourtant la réalisation pratique conduit le plus souvent à des instabilités de fonctionnement, la cause en est qu'à des fréquences de quelques centaines de Hz, l'inductance du haut-parleur provoque l'apparition aux bornes de mesure de la vitesse d'un signal de correction erroné (fig. 1 et 2). La solution KM (fig. 3) consiste en un filtre spécial qui supprime l'effet de la lecture du pont et assure la valeur négative de la rétro-action électromécanique dans toute la bande des fréquences intéressées.

A ce système d'asservissement que l'on peut qualifier d'électrique, Servo-Sound en a adjoint un deuxième qu'il a qualifié d'asservissement électropneumatique. Considérant d'une part que pour élargir la bande passante de l'enceinte asservie d'une octave vers le bas, on doit utiliser un amplificateur 16 fois plus puissant (la puissance à fournir est proportionnelle à $1/f^4$) et d'autre part que dans ces conditions la membrane doit pouvoir avoir une élongation quadruple pour rayonner une puissance égale (l'élongation est proportionnelle à $1/f^2$), la seule solution valable consiste à augmenter le rendement de l'enceinte et donc son couplage acoustique avec l'air.

Pour cela, il est fait appel à un radiateur passif asservi couplé pneumatiquement à un haut-parleur conventionnel et fonctionnant suivant le schéma analogique de la figure 4.

Lorsque la masse m du piston passif et la rigidité de l'air dans l'enceinte $k'_a = 1/C_a$ sont accordées à la limite inférieure de la bande passante désirée :

$$f_b = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k'_a}{m}}$$

le piston prend sur lui le rayonnement dans cette zone de fréquences tout en exerçant un freinage acoustique sur le mouvement du haut-parleur par effet de « circuit

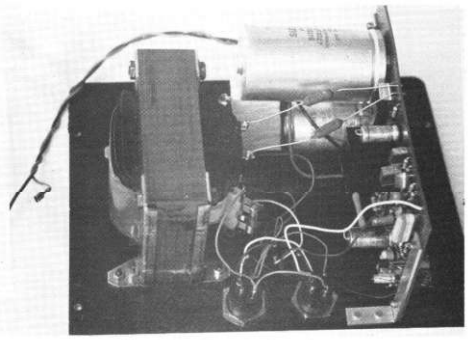
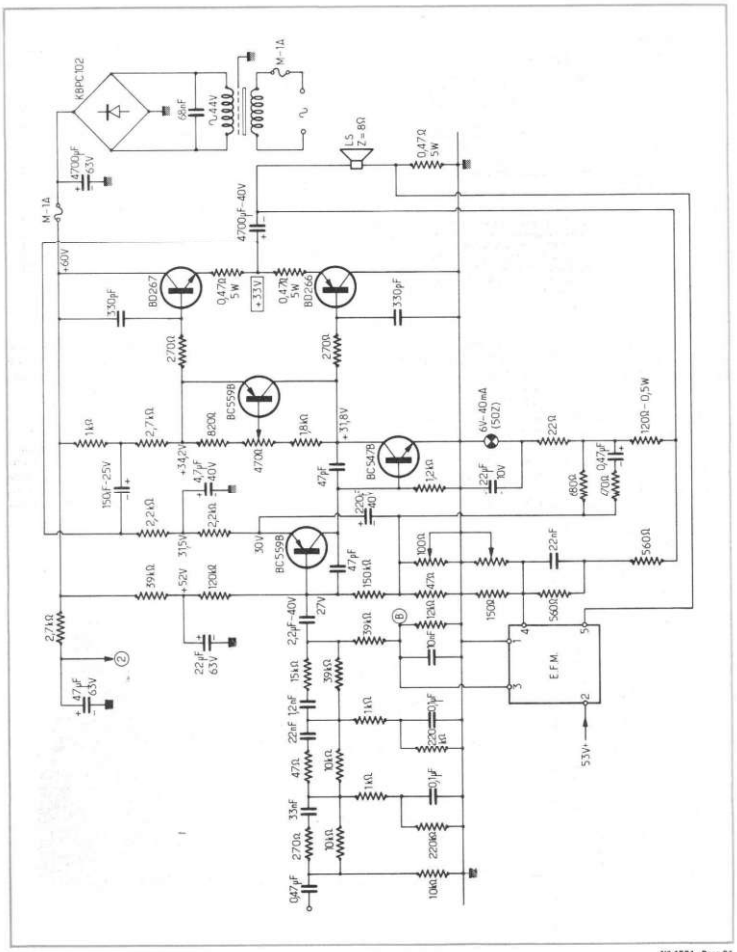


Photo 1. – L'amplificateur de puissance d'asservissement de la KM 30 est inclus dans l'enceinte elle-même.



bouchon ». En fait, on observe deux résonances parasites qui peuvent se déduire du schéma figure 4 ; toutefois grâce au couplage pneumatique ces effets gênants sont très atténués par l'asservissement, sans toucher à la résonance bénéfique f_b.

Or les limites de linéarité du passif sont seulement données par sa suspension et peuvent parfois être plus grandes que celles du haut-parleur principal. Dans ce cas, le rendement de l'enceinte est multiplié par n^2 au voisinage de f_b. Comme on peut facilement réaliser $n = 4$ ou 5, le rendement est multiplié par 20 dans cette zone.

L'action de l'asservissement pneumatique est représenté figure 5, qui compare l'amplitude du déplacement d'un haut-parleur asservi seul et celle du haut-parleur actif dans le système KM. Ces caractéristiques sont obtenues, il faut le noter, d'une part grâce à l'asservissement et d'autre part grâce à un circuit électrique correcteur incorporé.

Le schéma théorique du KM 30 ne montre aucune particularité en dehors du système en pont, dont il a été question ci-dessus, pour l'asservissement électrique et d'une super-correction physiologique à l'entrée de l'amplificateur. Cette dernière se compose de trois cellules en cascade dont le rôle est de relever les fréquences les plus basses avec toutefois un effet d'atténuation sur les fréquences encore plus basses qui seraient préjudiciables à un bon fonctionnement (infrasons). Le haut-parleur est comme il a été vu dans une branche du pont et, en série avec lui, on trouve une résistance de 5 W, 0,47 Ω qui constitue une autre branche du pont. La faible valeur de cette résistance s'explique par le fait qu'elle est traversée par le même courant que le haut-parleur ; il ne faut pas perdre trop d'énergie modulée sous forme purement ohmique. La boîte marquée E.F.M. renferme le circuit spécial KM : elle est entièrement noyée dans une résine polymérisée et comme par ailleurs il ne nous a pas été possible d'en obtenir le schéma, nous ne pouvons que rester dans l'expectative : secret de fabrication, que de crimes on commet en ton nom ! Par ailleurs, nous avouons bien modestement ne pas avoir compris quelle pouvait être la destination de la tension de + 53 volts destinée à la borne 2 de l'E.F.M. A moins qu'elle ne soit là que pour dérouter les curieux.

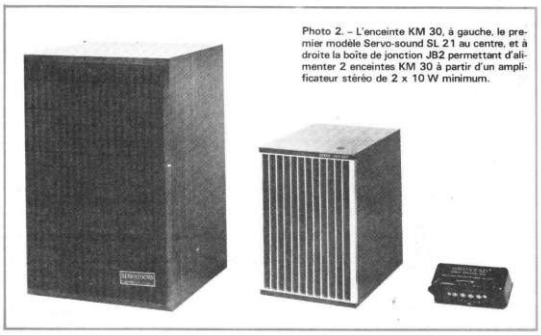


Photo 2. – L'enceinte KM 30, à gauche, le premier modèle Servo-sound SL 21 au centre, et à droite la boîte de jonction JB2 permettant d'alimenter 2 enceintes KM 30 à partir d'un amplificateur stéréo de 2 x 10 W minimum.

Afin de rendre la KM 30 plus universelle, il a été prévu une boîte de jonction permettant de l'attaquer par un amplificateur, normal, déjà existant dans la panoplie HiFi de l'acquéreur éventuel. Toutefois cet amplificateur devra avoir une puissance minimale de 10 watts par canal.

Ajoutons qu'il est possible d'alimenter en cascade les KM 30 à partir de câbles et prises spéciales en utilisant une d'entre elles comme point de départ, chacune des enceintes étant équipée de 2 prises : une prise d'entrée et une prise de sortie (signal + secteur).

Nos mesures se sont bornées à relever la courbe de réponse en milieu semi-réverbérant. Les résultats sont étonnants pour une enceinte de cette taille, équipée d'un seul haut-parleur actif de 17 cm de diamètre (et d'un passif de même diamètre). La réponse s'étend très loin dans le grave comme on pourra le noter. Le seul accident de la courbe se situe vers 4 kHz à cause de l'effet de bord du haut-parleur (effet de la suspension) qu'il est très difficile de complètement supprimer.

Ch. P.

