Annonces Google Enceintes HiFi HiFi Audio Enceinte HiFi Audi

le tweeter ionique Realon

(Audiophile n°4, avril 1978)

Le tweeter ionique Realon

Quand le tweeter perd sa membrane...

Jean Hiraga

Le tweeter ionique n'est pas un transducteur révolutionnaire. Bien sûr, son succès commercial n'a été qu'éphémère. Ephémère non pas pour une question de qualité sonore (et de loin !) mais plutôt pour une question de fiabilité que les constructeurs n'ont pas considéré réussi à maîtriser à l'époque. Mais la construction d'un transducteur n'utilisant aucune *partie mécanique vibrante a toujours tenté les nombreux inventeurs du monde entier.*

William Duddell, un anglais, réputé pour ses travaux en électroacoustique parvenait, dès 1935 à tirer des sons aigus d'un arc électrique, système qu'il surnomma par la suite (fig. 1) «Speaking Arc», l'Arc Parlant. Bien sûr, il existait déjà à l'époque de nombreuses idées et dépôts de brevets pour des transducteurs électromécanoacoustiques les plus variés (fig. 2) tels que le Frénophone, le Johnsen Rahbeck, le Barlow, the Thermophone, le Voigt (électrostatique push-pull), le Mac Lachlan (dynamique à membrane plane et bobine mobile en zig zag fixé sur la membrane). Mais personne n'avait encore pensé à cet idéal : produire des sons sans l'aide de support mécanique. *Cependant, l'expérience de William Duddell, resta oubliée de presque tous, sauf du Français Siegfried KLEIN. Celui-ci réalisa en 1950 un microphone électronique ionique (voir figure 3) qui, reversible, donnait naissance au fameux Ionophone. La figure 3 montre la coupe du microphone de Klein et la figure 4 la modification apportée pour la version tweeter.*

PRINCIPE

Un volume d'air est ionisé par l'effet Corona dû à un champ haute fréquence (20 à 30 MHz) de tension élevée (5000 à 20000 V) ionisant l'air inclus dans un petit tube de quartz. Ce champ haute fréquence est modulé en amplitude par le signal basse fréquence à reproduire. La modulation crée une variation de température du gaz contenu dans la cellule qui se traduit par une variation de pression par dilatation de l'air, qui engendre donc des ondes acoustiques correspondant à la modulation.

Le tweeter ionique peut être considéré comme un transducteur quasi parfait, car il ne comporte aucune partie mécanique et n'a donc aucune inertie.

Cependant pour les premiers tweeters ioniques réalisés de façons commerciales les défauts n'étaient pas absents.

DEFAUTS DES PREMIERS TWEETERS IONIQUES

Interférence

1 - Le premier et le plus important sont les interférences avec les signaux radio et télévision qui peuvent se trouver fortement perturbés, même à 100 m de distance. Quelques améliorations ont atténué cet effet, car n'oublions pas de dire que le tweeter ionique est aussi un véritable émetteur haute fréquence. Les meilleures réalisations perturbent encore les signaux de télévision à 10 m de distance.

2 - Durée de vie du tube de Quartz. Celle-ci est en moyenne de 500 à 1000 heures pour les produits commercialisés entre 1952 et 1960. Le remplacement ne pouvait s'effectuer que par retour à l'usine de l'appareil.

3 - Durée de vie de l'électrode centrale. Pour les appareils commercialisés - l'Ionophone de la firme Audax, l'Ionovac américain, l'Iono fane anglais - la température à l'extrémité de l'électro-

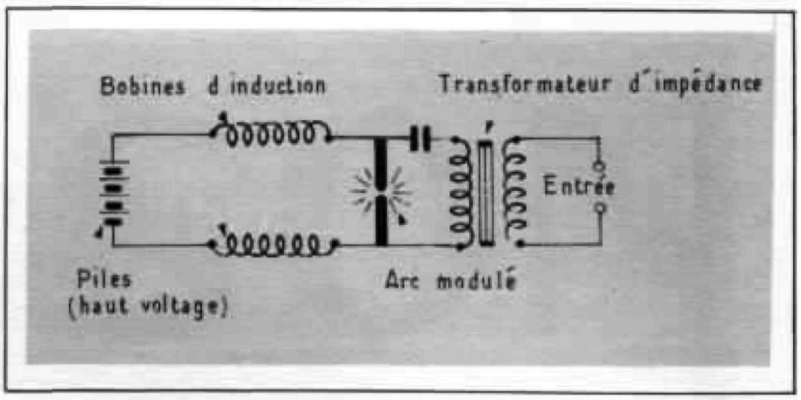


Fig. 1 - Tweeter à arc parlant inventé par William Duddell vers 1935.

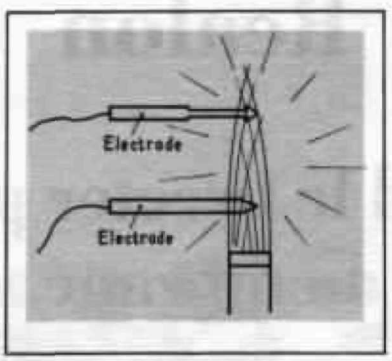


Fig. 2 : Tweeter à gaz utilisant un bec Bunsen et travaillant à température élevée. On peut en trouver la réalisation pratique dans quelques revues américaines de 1960.

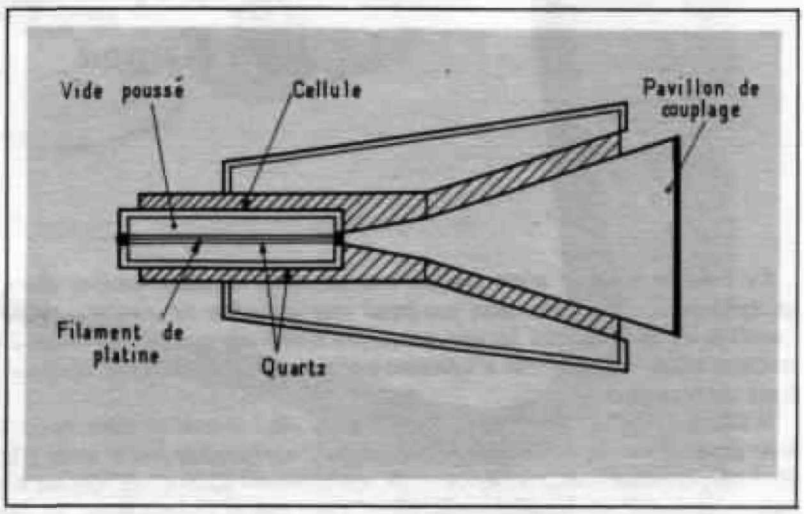


Fig. 3 - Le premier microphone ionique de Siegfried KLEIN. A l'époque ses défauts dont son bruit de fond élevé le rendaient inutilisables. Il fut ensuite proposé comme tweeter par la firme Audax, puis par les firmes Ionovac et Fane (USA et G.B.) (d'après Transducteurs Electroacoustiques, R. Lehmann, Chiron).

de est comprise aux environs de 800°C. Il se produit une évaporation ou fusion lente de l'électrode qui va modifier l'intensité du champ électrique et de ce fait agira sur l'homogénéité du plasma. Le dépôt métallique résultant de cette évaporation provoquera également soit une fissure du quartz, soit des pertes diélectriques intenses. Malgré les métaux utilisés aucun constructeur n'est arrivé à quelque chose de bien stable et fiable. Platine, molybdène, tantale, alliages ont été utilisés sans succès.

4 - Instabilité des composants. L'échange de chaleur au niveau de la cellule et aussi celui provoqué par le tube oscillateur (en général le tube 6DQ6A, 6DQ6B ou équivalent), rend instable cet oscillateur en particulier à cause de l'instabilité des *condensateurs*, du quartz (fuites diélectriques, vibrations des armatures à très haute fréquence).

5 - Défauts de linéarité du pavillon. Sur les ionophones, le pavillon était toujours utilisé en raison du rendement trop faible sans pavillon. De plus les constructeurs, pour élargir la réponse en fréquence vers le bas, employaient des pavillons d'ouverture relativement grande entrainant une certaine coloration. (Certains donnent par le calcul une fréquence de coupure aussi basse que 1000 Hz). Mécaniquement non amortis, ils limitaient aussi la qualité résultante.

6 - Quartz. Fait en deux parties, ce quartz porté à haute température voit ses pertes diélectriques augmenter et devenir instables. Ceci a pour effet d'augmenter la distorsion par effet de scintillement du plasma ionique (sans signal). L'ensemble étant un condensateur travaillant à haute température ses qualités électriques vont donc jouer un rôle primordial dans la qualité finale.

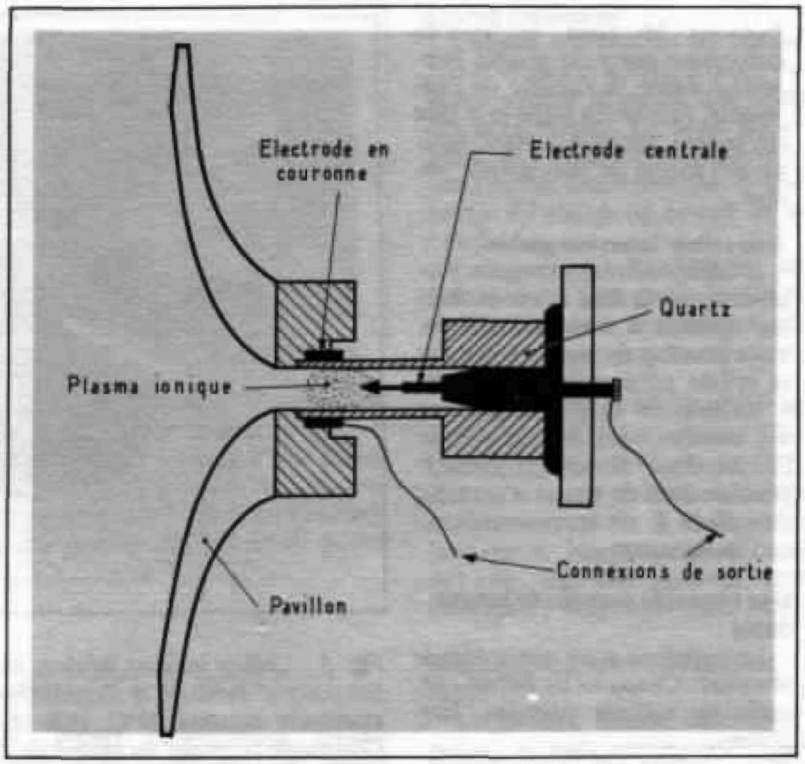


Fig. 4 - Vue en coupe d'un tweeter ionique Ionofane de la firme Fane Acoustics (Grande Bretagne).

Des défauts tels que fiabilité et rayonnement sont certainement à l'origine de l'échec commercial des premiers tweeters ioniques. De plus les qualités des matériels de reproduction, disques, phonolecteurs n'étaient pas en rapport avec les performances requises par l'ionophone.

LE TWEETER IONIQUE REALON

La firme Réalon, abréviation du mot Réal Onkyo (Onkyo veut dire en japonais «acoustique»), est une firme encore très jeune : tout juste quelques mois. Son directeur, Mr Hata, un «Charlin made in Japan» anime dynamiquement l'équipe d'ingénieurs de la maison et construit des appareils de petite série tels que le préamplificateur S.R.P.P. (pratiquement identique au circuit décrit dans l'Audiophile N° 2), un amplificateur 2 x 50 W à transistors, une enceinte à tweeter électrostatique Réalon (tweeter simple effet de très haut rendement) et le dernier né : le tweeter ionique Réalon...

Un sculpteur connu à qui on demandait comment il arrivait à faire des statues d'un naturel aussi surprenant répondait : c'est très simple, j'enlève tout le superflu de pierre qu'il y a autour.

Pour les sons aigus et son tweeter ionique Mr Hata et son équipe méritent sans aucun doute la même réponse. Contrairement aux japonais trop préoccupés par la présentation de la face avant d'un amplificateur ou du brillant des

boutons, Mr Hata, lui ne s'en préoccupe guère, la qualité subjective finale, la fiabilité de l'ensemble, l'entretien facile et le prix de revient abordable étant pour lui des atouts de plus grande valeur...

Une cellule interchangeable

Il fallait bien sûr y penser. Accessible par la face avant et fixée par système à baïonnette il devient possible de retirer à la main la cellule pour réglage éventuel. C'est le point le plus important du tweeter, qui fait d'ailleurs l'objet d'un brevet. Il devient possible aussi de passer d'un type de cellule à un autre (pavillon, etc) instantanément.

Une électrode centrale de longue durée

Le problème n'est pas simple à résoudre. Citons ici les défauts de quelques métaux pouvant être utilisés :

Platine : Prix très élevé. Température de fusion 1755°C. S'oxyde très peu. Son défaut pour l'usage requis ici est de s'évaporer très lentement et de déposer une couche métallique sur l'intérieur des parois du tube de quartz.

Osmium : Prix élevé et très fragile. Se casse très facilement sous un faible choc. Fusion 2700°C.

Tungstène : Excellentes performances sous vide poussé mais se détruit par évaporation dans l'air ambiant. Inutilisable. Température de fusion : 3387°C.

Ruthénium : Fusion 2250°C. Prix très élevé et fragile. Difficile à se procurer en barres de faible diamètre.

Carbone : S'évapore très facilement sous ionisation. Fusion 3550°C. Inutilisable.

Rénium : Prix élevé, difficile à se procurer en barres. Fusion 3180°C.

Kanthal : Alliage de haute fusion. Ne peut, malgré ses performances sous vide, être utilisé ici (fusion partielle rendant l'extrémité de l'électrode poreuse). Fabriqué en Suède.

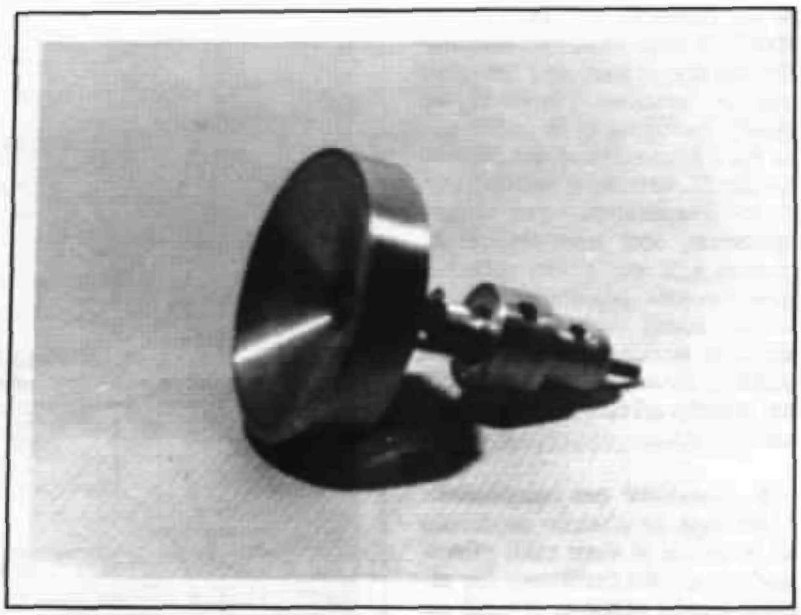


Fig. 5 - Cellule ionique Réalon, modèle courant. La fixation se fait par baïonnette. Pendant le fonctionnement, la température de la couronne extérieure dépasse 70°C, celle du tube de quartz 700°C et celle de l'électrode centrale, au centre de 1700°C. L'ionisation se fait en forme de tore de couleur bleue pâle avec son centre blanc et brillant, autour de l'électrode centrale.

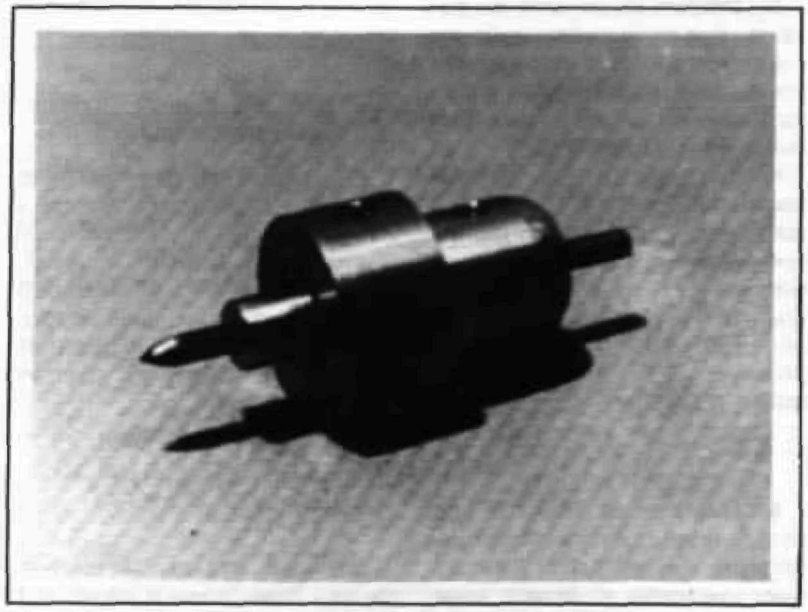


Fig. 6 - Electrode principale. En cas d'usure il est possible de régler la longueur de celle-ci (serrage par vis et clé à six pans).

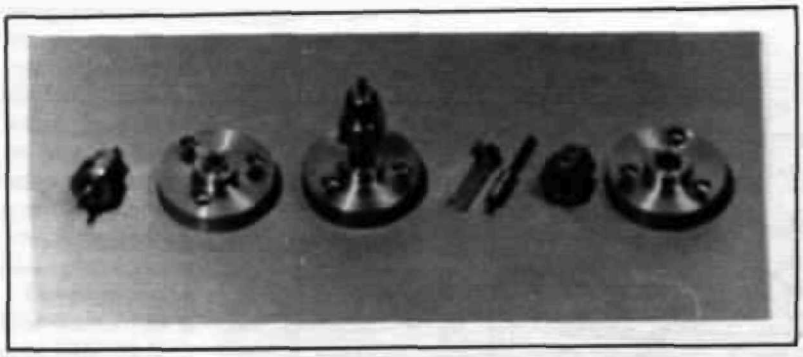


Fig. 7 - De gauche à droite : 1 - électrode principale, 2 - électrode de type «à air», 3 - ensemble complet (cellule ionique avec tube quartz, modèle normal), 4 - tube de quartz avec embout entouré d'une bande de mumétal, 5 - électrode centrale démontée, 6 - support de l'électrode centrale, 7 - bague extérieure (démontable par l'avant du tweeter). Noter que 2, électrode «à air» utilise une portion très courte de quartz (tube de 3 mm de longueur).

Alliage Réalon : Température de fusion 2600°C. Il est fabriqué spécialement pour cette firme. Il est à base de molybdène, de silicium, d'iridium et de quelques autres métaux. Bien plus important que l'alliage même la *méthode de fabrication* de cet alliage joue directement sur la vie de l'électrode au travail.

Selon Mr Hata, la fusion et le refroidissement se ferait sous mouvement de rotation très rapide pour rendre la partie extérieure résistante à l'évaporation.

Bien entendu, la durée de vie en est ainsi prolongée et une usure partielle est peu gênante : il suffit d'avancer l'électrode de 1 ou 2 mm (se fait à l'aide d'une petite clé à six pans). Cette électrode est également disponible séparément, ainsi que le tube de quartz, ceci à un prix très abordable (moins que la moitié du prix d'un disque).

Quartz. Il a fait aussi l'objet de recherches intenses. Depuis le tube de cristal utilisé sur les appareils de chauffage électrique jusqu'aux quartz de prix élevé. Les qualités requises sont :

- Excellente caractéristique diélectrique sous haute température (600 à 800°C en permanence).

- Pertes diélectriques *stables* sous haute fréquence et haute température.

- Durée de vie aussi longue que possible. En général les verres pyrex, cristaux et quartz deviennent poudreux, friables et très cassants après un long usage.

Le quartz, choisi après de longs essais permet d'accéder à ces performances souhaitées. Dû aux progrès technologiques, il est certain que s'il avait pu être utilisé sur les ionophones des années 50, le sort de ces appareils aurait été bien plus favorable. Sa longueur totale est de 35 mm, son diamètre extérieur de 7,5 mm et l'épaisseur de la paroi 0,9 mm. Son seul défaut est d'être assez cassant ce qui rend sa découpe difficile (outils au diamant, découpe sous l'eau). Pour le serrage et montage sur les électrodes, de fines bandes de mumétal sont utilisées et font effet de coussin. Car n'oublions pas que sous cette température de travail, il faut tenir compte du coefficient de *dilatation* du quartz et des *électrodes* et ne pas les manier avant refroidissement total (décentrage, casse du quartz, etc).

Circuit oscillateur

Comme le montrent les figures 5 et 6, le circuit utilisé, à tubes est pratiquement le même que celui des antécédents. La seule différence est l'adoption de condensateurs de très haute stabilité, et une astuce du circuit au niveau de la cellule.

Ceci permet à l'oscillateur, ici composé du tube pentode 6DQ5 de travailler avec le maximum de stabilité à une fréquence de l'ordre de 25 MHz.

Ce tube 6DQ5 est modulé en amplitude par son écran relié à un transformateur de rapport 1 : 33, dont le primaire est de 8 ohms. Ce transformateur est la seule pièce limitant la bande passante. De 100 kHz ici, elle pourrait être étendue à 1 MHz sans difficulté.

Précautions contre les parasites émis.

Le tweeter Réalon est sur ce point exceptionnellement bien réalisé, puisque même à 1,50 m un téléviseur avec antenne intérieure n'arrive pas à capter les parasites émis. Pour celà de nombreux filtres anti parasites, blindages en mumétal, selfs sont utilisés. De plus l'alimentation est intégrée à l'ensemble, pour éviter tout rayonnement. Le coffret, de dimensions 15 x 20 x 25 cm est muni d'une grille double pour permettre aussi un bon dégagement de chaleur.

Tube 6DQ5

Son prix est abordable et, contrairement aux produits commercialisés jusqu'ici, son courant écran a été sérieusement réduit pour augmenter la vie du tube.

Tweeter REALON : un allumage manuel

Ceci peut sembler bien curieux. Mais il faut dire qu'un allumage automatique s'accompagne obligatoirement d'une évaporation partielle de l'électrode au moment de l'allumage ainsi qu'un courant transitoire d'allumage

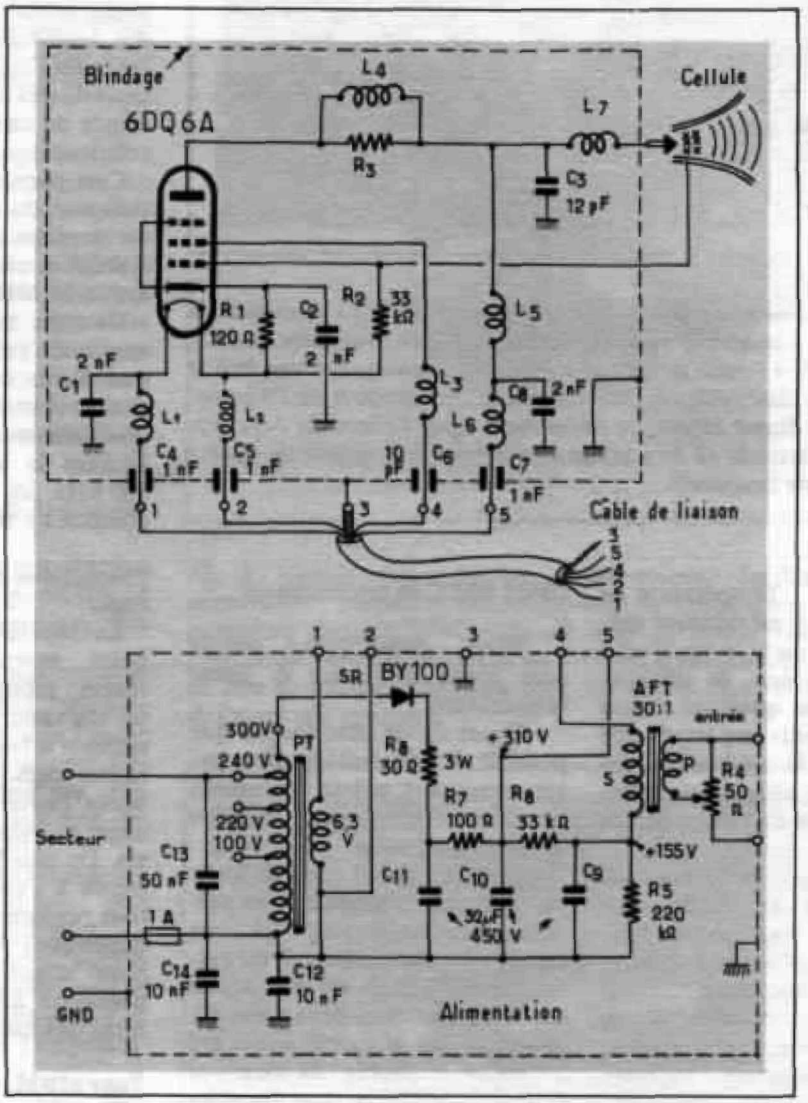


Fig. 8 - Circuit électronique du tweeter anglais Ionofane. Remarquer que le circuit de haute tension est pris à partir du primaire, ce qui augmentait les risques d'émissions de signaux parasites. Dans ce circuit, C_3, L_7, L_5 et la capacité de la cellule (environ 1 pF) jouent sur la stabilité de l'oscillation, encore insuffisante dans ce circuit. C_3 doit être de haute qualité et les meilleurs condensateurs au mica ou céramiques H.F. d'isolement 20000 V sont encore insuffisants. La fabrication d'un tel tweeter ne pose que peu de difficultés mais la plus grosse difficulté à surmonter est d'en faire quelque chose de stable dans le temps.

élevé, réduisant à la longue la durée de vie du tube. L'allumage manuel, effectué à l'aide d'une électrode isolée, de même constitution que l'électrode centrale, est très simple : il suffit de placer cette électrode dans le tube de quartz et de la retirer. Pourriez-vous allumer les tweeters ? ne sera donc plus une phrase absurde.

Consommation : celle-ci est d'environ 120 W par tweeter, sous 100/110 V.

Une innovation : la suppression du pavillon

Comme dit plus haut, tous les produits commercialisés jusqu'ici rendent nécessaire l'usage du pavillon, pour augmenter le rendement. Ceci se traduit automatiquement par une coloration (sauf si les pavillons sont très bien étudiés) et une caractéristique de directivité moins bonne. En supprimant sur de tels appareils le pavillon, le niveau maximum admissible (à la limite de l'extinction du plasma ionique) est trop faible pour être utilisable. La perte de niveau rend alors audible le bruit propre de la cellule gênant sur ces appareils. Réalon est la première maison offrant un rendement aussi élevé malgré l'absence de pavillon : 95 dB/m/w, sans pavillon. Ceci se traduit par une caractéristique de directivité exceptionnelle car il devient possible de déplacer verticalement, latéralement le tweeter sans ressentir de perte de niveau. Au niveau de la cellule et de son extrémité, il s'agit donc d'une véritable portion de *sphère pulsante*, un idéal recherché par les chercheurs du monde entier

Une autre innovation : la cellule «à air»

Certains initiés pourraient penser que le petit tube de quartz pourrait tout de même, puisque fermé à une extrémité provoquer une résonance, vu la capacitance acoustique et l'impédance acoustique Za du côté ouvert, serait, pour une condition donnée :

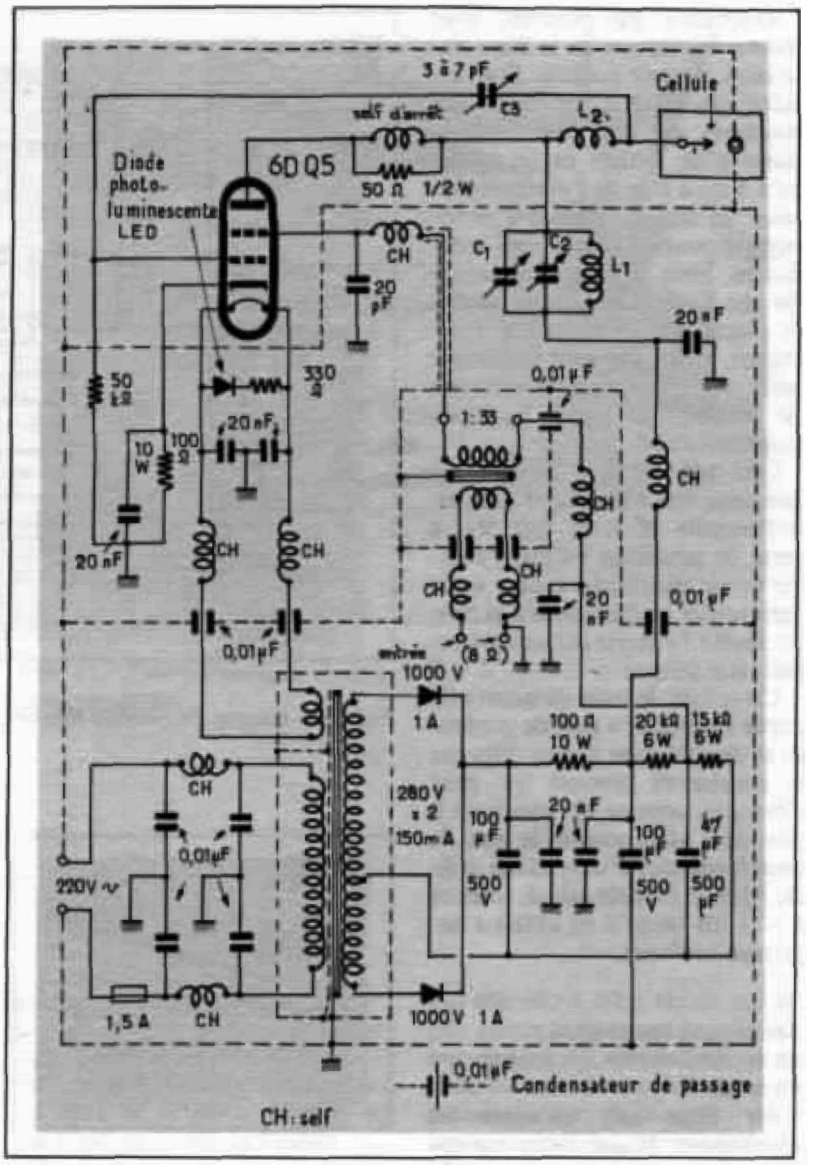
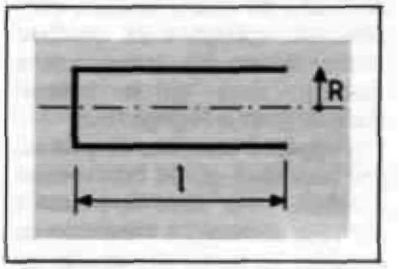


Fig. 9 - Circuit de l'oscillateur du tweeter Réalon.

$$Za = \frac{j\rho c}{\pi R^2} \text{ cotg } kl$$

avec
R = rayon
l = longueur du tube
k = rapport $\frac{2\pi}{\lambda}$ (pi) (lambda)
c = vitesse du son
ρ = densité de l'air



Résonance qui pourrait, tout comme le principe de la flûte traversière, devenir audible. Pour réduire cet effet à un minimum inaudible, on doit noter que la masse d'air ionisée ne se trouve qu'à 5 ou 6 mm de l'extrémité du tube, au lieu de *plusieurs centimètres*, pour les réalisations antérieures. Mais la cellule démontable par l'avant à la main permet de placer une autre cellule (voir photo), dite *à air*, tout justement parce que l'ionisation se fait sous air ambiant et *entre* les deux quartz au lieu de *dedans*.

Ceci apporte une caractéristique cette fois totalement omnidirectionnelle et aussi une légère perte de sensibilité vu que l'énergie totale distribuée à part égale dans toutes les directions à la fois. En réalité l'énergie acoustique totale est la même.

Cette fois, le tube de quartz (la partie avant) de 3 mm de profondeur devient sans aucun effet sur la courbe de réponse qui peut s'étendre, comme dit plus haut à plus de 2 MHz suivant le type de transformateur d'impédance utilisé. Mais le modèle utilisé, linéaire à — 1 dB jusqu'à 60 kHz est largement suffisant.

Encore une innovation :
un appareil disponible monté ou en kit !

Mr Hata sait qu'après les nombreuses études faites, sa cellule et certains composants utilisés, dont un condensateur de capacité 5 pF, sont *inimitables*. Cependant, il met à la disposition du public tout son «know-how» en rendant disponible toutes les pièces détachées : cellules, électrodes, tube de quartz spécial, condensateur spécial, selfs, condensateurs de passage (traversant le chassis), ainsi qu'un manuel complet pour le réglage final.

L'appareil complet, de prix un peu plus élevé qu'un bon tweeter à ruban, peut aussi être monté par tout amateur, à condition de posséder les pièces principales es-

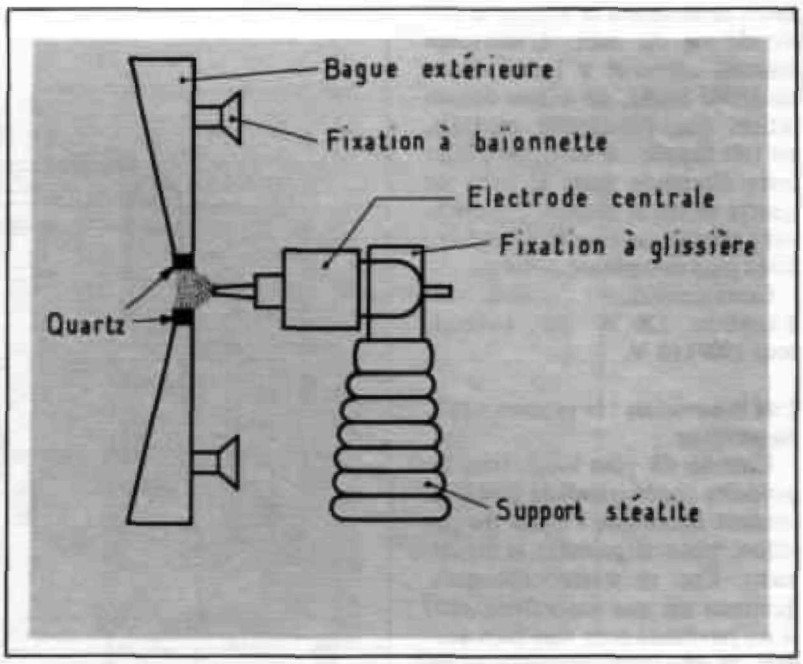


Fig. 10 - Coupe du tweeter Réalon.

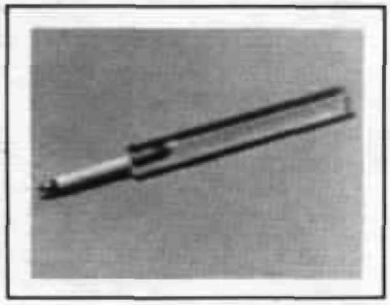


Fig. 11 - Starter de démarrage. Le métal est le même que celui de l'électrode centrale. C'est une pièce indispensable : un autre métal apporterait par fusion immédiate des pertes diélectriques au quartz.

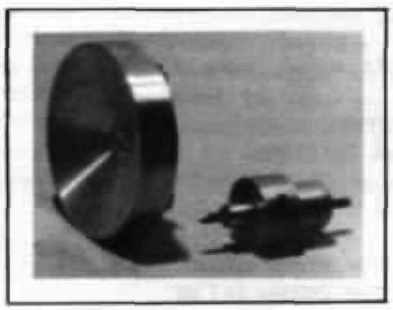


Fig. 12 - Cellule «à air». Elle permet, pour une légère perte de niveau d'obtenir une caractéristique de directivité omnidirectionnelle.

sentielles : cellule, en premier lieu, self série, condensateur de haut-voltage et faibles pertes H.F. isolement 30000 volts, composants de prix abordable puisque la cellule seule ne représente même pas la dépense d'un phonolecteur de prix moyen.

Les intéressés peuvent s'adresser (en anglais ou français) à REAL ONKYO, 4-4-16 Ueno-Dori, Nada-Ku, 657 KOBE-CITY, Japan, pour tous renseignements.

Autres détails

Le bruit de fond de la cellule est inaudible, même à 5 cm de celle-ci. Le dégagement d'air ionisé est faible sur le tweeter Réalon et ne provoque aucune gêne. Il n'existe aussi aucun rayonnement dangereux tels que les rayons X.

Le tweeter ne possède aucun filtre passe haut en entrée (8 ohms) ce qui permet d'ajouter à volonté soit un filtre, soit un atténuateur à impédance constante (cas où le médium est de rendement moyen, soit l'attaque directe d'un amplificateur (multiamplification et filtre actif précédent l'amplificateur). Vu le rendement élevé l'atténuateur à impédance constante (vaut au Japon le prix de trois potentiomètres courants) est la plupart du temps à insérer dans le circuit d'entrée.

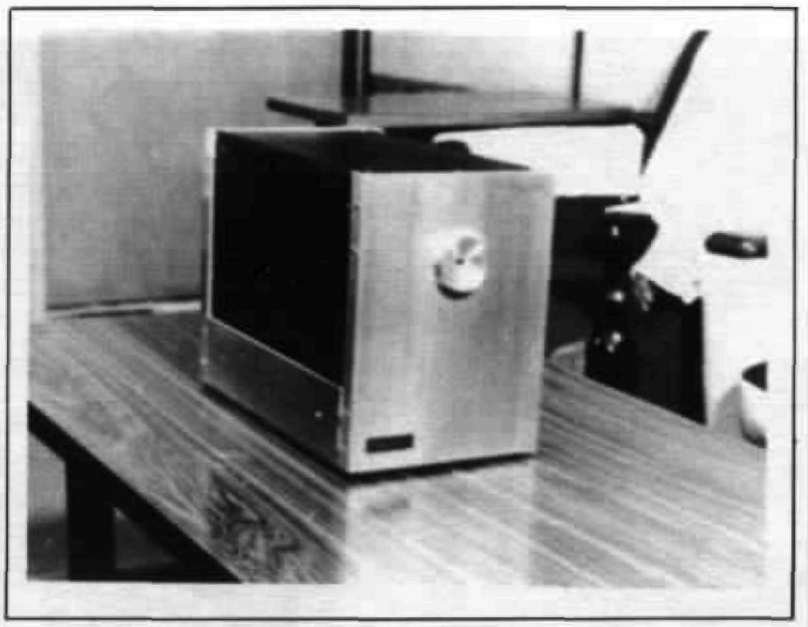


Fig. 13 - Tweeter ionique Réalon. C'est le premier sans pavillon et de haut rendement.

Qualités subjectives

C'est avant tout, quelque chose de bien supérieur aux réalisations précédentes. Et c'est bien entendu, quelque chose d'extraordinaire. En effet, quelques minutes d'écoute suffisent à faire comprendre qu'aucune membrane, pièce vibrante ne pourrait reproduire avec tant de liberté d'expression une variété aussi infinie de sons aigus sans aucune trace de coloration : son doux ou dur, fin, léger ou bien ferme et cinglant et surtout caractéristique si omnidirectionnelle que le tweeter vient se fondre totalement avec le médium et le grave, ceci même en montant le niveau de ce tweeter. En général, à niveau anormalement élevé, le tweeter devient directionnel et se détache nettement du reste de la masse sonore, ce qui n'est pas le cas du Réalon.

En comparaison des «étalons» tels que les Onken OS 5000T ou les fameux Kato, (valant au Japon par paire le prix d'une voiture) bien que de valeur exceptionnelle, sont, du point de vue coloration inférieurs. Ils présentent par contre l'avantage d'être encore plus métalliques sur les sons «métalliques» mais ceci est au détriment des sons très doux, et aussi l'avantage d'un niveau admissible un peu plus élevé que le Réalon.

Mais un autre avantage du Réalon est de pouvoir descendre très bas (vu la qualité de l'extrême aigu) soit 800 à 1000 Hz ce qui est peu commun pour un tweeter ionique. Ceci est obtenu grâce à un contrôle parfait du volume d'air ionisé et aussi de la température dans la cellule, au niveau de l'électrode, porté à quelques *800° plus haut* que les tweeters ioniques du passé (1750°C pour le Réalon).

Un seul regret : pour quand les *microphones ioniques,* vu que c'est encore le point apportant le maximum de coloration ? Mais Mr Hata y pense depuis plusieurs mois et risque, s'il lance après mise au point parfaite d'un microphone ionique de bouleverser le marché des microphones étalons et de très haute qualité. Mais n'est-ce pas ce qu'il faudrait ajouter pour mettre en valeur la gravure directe ?