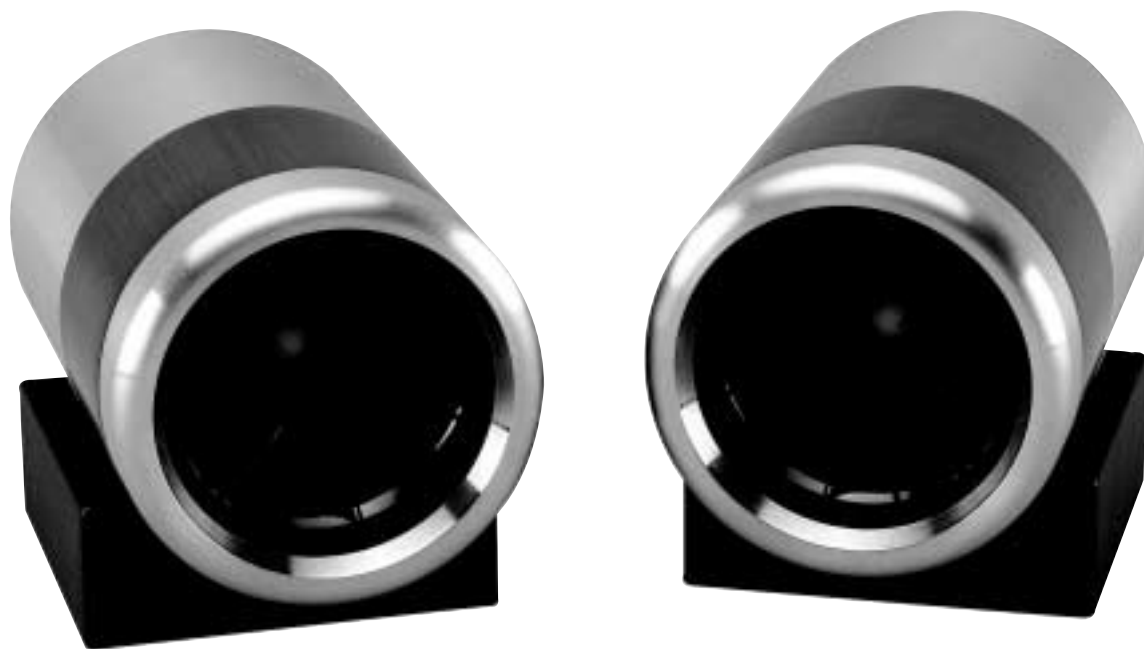


# MURATA

## Super tweeter ES103

Son dôme piézoélectrique, capable de gérer les fréquences de l'extrême, élargit la restitution des harmoniques. Jouant dans la subtilité, outre un parfait respect des timbres, ce super tweeter offre à l'image sonore un piqué et un relief hors du commun.



**P**ourquoi s'attacher à reproduire des sons que notre oreille n'entend pas ? C'est la question que l'on est en droit de se poser à propos des super tweeters. Le même type de débat avait, en son temps, eu lieu autour du SACD et du DVD audio. Pourtant ces fréquences de l'extrême contribuent indubitablement au relief, au

*Acier massif et bambou habillent le dôme. Un boîtier qui renferme également le circuit adaptateur d'impédance.*

naturel et au piqué de l'image sonore. Même si notre oreille ne les perçoit pas directement, il y a fort à parier qu'elles jouent un rôle important en se recomposant avec des fréquences, elles, parfaitement audibles, pour que l'on puisse retrouver le timbre exact de chaque instrument.

### Harmoniques, fréquence et timbre

Il ne faut pas perdre de vue que sur un son complexe, ce qui est toujours le cas pour un instrument de musique, l'onde acoustique ne se limite pas à une fréquence unique. La fréquence fondamentale – qui fixe la note jouée par l'instrument – est accompagnée de nombreuses harmoniques : des fréquences qui correspondent à des multiples entiers de la fréquence fondamentale. On parle ainsi d'harmoniques 2, 3, 4, 5, etc., autant de

multiples de la fréquence fondamentale de base. Leur rôle est capital pour déterminer le timbre de l'instrument. Leur décroissance, c'est-à-dire leurs amplitudes respectives par rapport à la fréquence fondamentale, mais aussi leur phase, toujours par rapport à celle-ci, le déterminent.

En effet, c'est en se recombinaison avec la fréquence fondamentale, par composition constructive ou destructive, que les harmoniques vont déterminer une forme d'onde complexe et, par voie de conséquence, un timbre.

Lors de la restitution, toute altération des harmoniques ou de leur phase influe sur l'écoute. Dans les cas extrêmes, le timbre est fortement affecté. Sur un système ne possédant qu'une réponse en fréquence médiocre, le son est « assourdi ». En fait, les timbres n'ont plus grand-chose à voir avec la réalité mais, comme notre cerveau reconnaît l'instrument, il échafaude une théorie cohérente. Pour un violon, par exemple, nous percevons bien le son d'un violon, mais, en raison du manque d'harmoniques, il nous semblera qu'il joue dans une pièce voisine ou que le son est étouffé. Un autre cas typique est l'absence de respect des phases. Ici, les harmoniques sont bien présentes, mais avec une erreur de phase. Si notre cerveau détecte, ici encore, une certaine incohérence dans le message sonore, il tente de nouveau de se rapprocher d'une solution plausible. Or, la seule solution dont il dispose pour faire varier la phase du son est de « déplacer sa source ». Pour en revenir à notre violon, il déduira que c'est bien un violon qui joue, qu'il est bien présent, donc proche, mais il ne saura pas exactement

#### Caractéristiques techniques

- **Prix : 2 990 € la paire**
- **DIMENSIONS** : 65 mm (Ø) x 110 mm (L)
- **POIDS** : 1,3 kg
- **RÉPONSE EN FRÉQUENCE** : de 15 kHz à 100 kHz
- **SENSIBILITÉ** : 90 dB/W/m
- **FRÉQUENCE DE RÉSONANCE** : 103 kHz
- **IMPÉDANCE** : 8 Ω
- **PUISSANCE MAXIMALE ADMISSIBLE** : 50 W (bruit rose)
- **DIRECTIVITÉ** : ± 45 degrés
- **DISTRIBUTEUR** : Audiofocus [p. 113]

## Questions à Takayuki Kaneko, Directeur du Speaker Product Department chez Murata



**Pourquoi avoir choisi de réaliser une céramique en demi-sphère, ce qui est très délicat, plutôt que d'associer un dôme à un disque piézoélectrique ?**

Il est vrai que nous n'avons pas opté pour la solution la plus simple. Cependant, associer un dôme traditionnel à une pastille en céramique ne répondait pas aux objectifs que nous nous étions fixés. D'une part, un tel assemblage ne peut travailler qu'en mode « piston » : la céramique ne peut que faire avancer ou reculer le dôme. D'autre part, on retrouve alors un mode de fonctionnement moteur proche de celui des tweeters traditionnels : la force motrice ne s'applique qu'à la périphérie du dôme. L'état vibratoire de sa surface n'est donc pas parfaitement maîtrisé.

Dans la solution que nous avons retenue, nous apportons une réponse efficace en ce qui concerne ces points. En premier lieu, c'est l'ensemble de la surface du dôme qui est motrice. Si l'on analyse très finement ses mouvements, on peut les comparer à ceux d'un ballon qui se gonflerait et se dégonflerait successivement à l'image des fluctuations du signal. Nous avons baptisé de mouvement la « respiration » du dôme. Il se rapproche plus du concept de sphère pulsante que de celui d'un piston. Par ailleurs, comme l'ensemble du dôme est moteur, aucun élément mécanique « passif » n'introduit d'inertie. Cette particularité permet à notre super tweeter, non seulement de monter très haut en fréquence, mais, surtout, de présenter une remarquable réponse en mode impulsionnel.

**Comment avez-vous assuré l'adaptation en basse impédance du dôme piézoélectrique pour qu'il soit compatible avec un amplificateur audio traditionnel ?**

Le boîtier du super tweeter contient un transformateur élévateur. Il délivre la haute tension indispensable pour assurer le bon fonctionnement du dispositif piézoélectrique. De plus, il a pour mission de linéariser l'impédance du système et d'homogénéiser son rendement avec celui d'enceintes traditionnelles. En effet, nous avons volontairement choisi de ne doter notre super tweeter que d'un rendement de 90 dB – une valeur relativement basse pour un transducteur piézoélectrique. Cependant, à l'issue de nombreux essais, nous avons retenu cette valeur car c'est, à l'écoute notamment, celle qui a fourni les résultats les plus convaincants.

**Comment ce super tweeter s'intègre-t-il dans une installation déjà existante ?**

Son raccordement est extrêmement simple. En effet, outre le transformateur, le boîtier du super tweeter renferme le circuit de filtrage. Il suffit de le connecter en parallèle sur une enceinte, ou d'utiliser la sortie « speaker B » de l'amplificateur pour qu'il soit opérationnel. En revanche, nous conseillons de faire une série d'essais pour ce qui est de son positionnement par rapport aux enceintes. Bien entendu, il est possible de le poser directement sur les enceintes. Son socle est conçu pour cela. Mais, en fonction de leur rendement, d'autres dispositions peuvent être plus favorables à la perception de l'ouverture de l'espace stéréophonique. C'est pour cette raison que le socle est amovible. Après démontage, il est possible de fixer les super tweeters sur des pieds de micro, par exemple, ce qui offre une très grande liberté de positionnement. Cette solution est également à retenir lorsque les enceintes principales présentent une face supérieure galbée qui n'offre pas une bonne stabilité au socle.

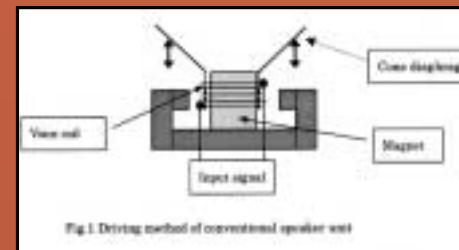


Fig.1 Driving method of conventional speaker unit

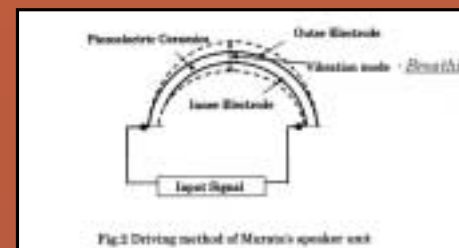
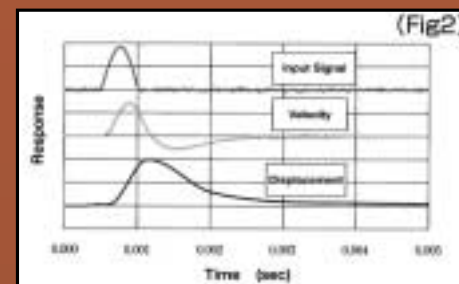
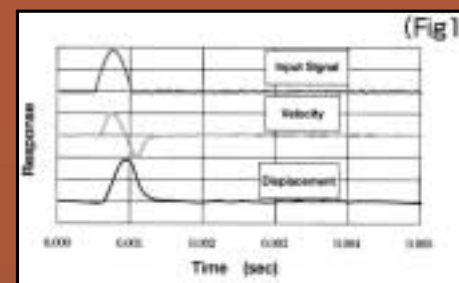


Fig.2 Driving method of Murata's speaker unit

Sur un tweeter électrodynamique traditionnel, la membrane fonctionne comme un piston. Passive, elle est le siège d'ondulations de surface, nuisibles à la pureté du message sonore. Le dôme piézoélectrique se « gonfle » et se « dégonfle » conformément aux fluctuations du signal. L'ensemble de sa surface est motrice et son comportement vibratoire est proche de la perfection.

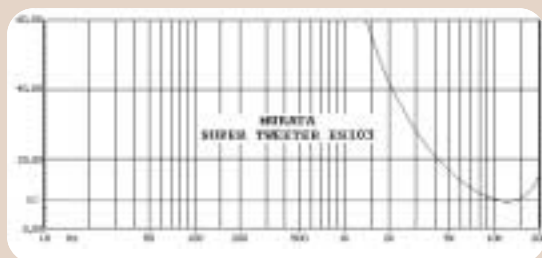


L'absence de pièce mécanique « passive » entre le moteur et l'air ambiant offre au dôme piézoélectrique une remarquable réponse en impulsionnel comme le montre la courbe ci-dessus [fig. 1] comparée à celle d'un tweeter électrodynamique [fig. 2].

« où il se trouve » car aucune position ne permet d'obtenir une cohérence de phase sur l'ensemble des harmoniques. En pratique, lors de la restitution, les erreurs de phase conduisent donc à une perte de la localisation des sources sonores au sein de l'espace stéréophonique.

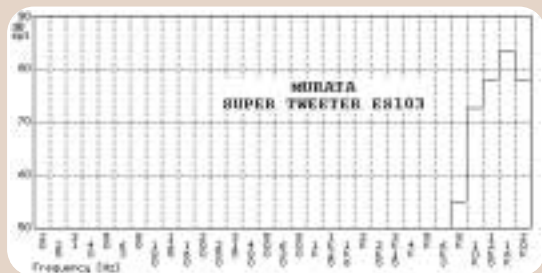
Prenons, maintenant, le cas d'un instrument jouant une note dont la fréquence se situe aux alentours de 4 kHz. Une note, certes déjà relativement aiguë, mais logée sensiblement au milieu du spectre médium. Sa première harmonique se situe déjà à 8 kHz, la seconde à 12 kHz tandis que la troisième prend déjà place à 16 kHz. Une fréquence que certains tweeters commencent à avoir du mal à restituer et où, justement, le super tweeter vient prendre le relais. En outre, les phénomènes de rotation de phase, liés notamment aux filtres et à l'inertie de l'équipage mobile des tweeters électrodynamiques, apparaissent bien avant de telles fréquences.

## EN DIRECT DU LABORATOIRE >



### Courbe d'impédance

Le super tweeter ne trouve son impédance nominale que dans sa plage de fonctionnement. Il peut ainsi se connecter en parallèle sur les enceintes.



### Courbe de réponse dans l'axe

Le super tweeter n'intervient qu'après 10 kHz pour trouver son maximum de rendement vers 16 kHz.

## Dôme céramique piézoélectrique

À la lumière de ces considérations, Murata a donc compris que, pour être efficace, un super tweeter devait donc être capable de monter très haut en fréquence. Rapidement, il s'est avéré que la filière piézoélectrique était la meilleure pour parvenir à ce résultat. D'autant plus qu'il s'agit là d'un domaine que la firme japonaise maîtrise particulièrement bien, en raison de son activité dans le domaine du composant électronique.

Pour répondre pleinement aux exigences auxquelles devait répondre un super tweeter, Murata s'est donc attelé à l'étude, particulièrement complexe, d'une céramique piézoélectrique en forme de dôme. Cette particularité permet de se dispenser de toute autre pièce mobile et, en conséquence, de maîtriser parfaitement ses états vibratoires (voir encadré page ci-contre).

Mais ce super tweeter a pour vocation d'assister des enceintes déjà existantes. Impossible, cependant d'intervenir sur celles-ci pour, par exemple, câbler le super tweeter en aval d'un filtre. Il fallait donc que Murata lui offre une certaine autonomie. Pour cela, Murata a habillé son dôme piézoélectrique d'un superbe boîtier cylindrique, sobre et élégant, en acier massif rehaussé d'un large anneau de bambou. Outre le dôme, ce boîtier renferme également son circuit de filtrage et de commande. À l'arrière du cylindre, deux bornes plaquées or capables d'accepter tant les fiches banane que les câbles permettent le raccordement du super tweeter. Enfin, son socle, également en acier massif, lui assure une parfaite stabilité. Cet élément est démontable pour, éventuellement, fixer directement le super tweeter sur un autre support comme un pied de micro, par exemple.

## À l'écoute

Le câblage de ces super tweeters est on ne peut plus simple. Il suffit, en effet, de les connecter directement en parallèle sur les bornes des enceintes principales. Il est éventuellement possible de pratiquer un bi-câblage depuis l'amplificateur, voire d'utiliser les bornes « speaker B ». Nous avons débuté nos écoutes en posant simplement les super tweeters au sommet des enceintes et en utilisant

un SACD comme source. En fait, il ne faut pas s'attendre à ce que le super tweeter remonte sensiblement le niveau de la restitution des aigus : ce n'est pas une trompette d'aigu. Son action est quasiment imperceptible en ce qui concerne la sensation d'élargissement de la réponse en fréquence du système d'écoute, surtout si celui-ci est déjà performant. C'est, en réalité, au niveau de l'espace stéréophonique que l'effet est le plus sensible. Chaque source sonore est parfaitement définie et localisable au sein d'une scène sonore qui gagne tant en relief qu'en précision. La restitution prend alors une dimension et une vie que ne permettait pas d'imaginer la discrétion des interventions du super tweeter. Par ailleurs, le fait qu'il soit autonome et indépendant des enceintes principales permet de tester un très grand nombre de configurations. Par exemple, et notamment en utilisant un pied de micro comme support, il est possible de placer les tweeters très en avant par rapport aux enceintes principales. Inversement, il est possible de les reculer ou de les orienter de manière à les faire travailler par réflexion sur les murs du local d'écoute. À chaque fois la sensation de relief diffère et il ne faudra surtout pas hésiter à tester de nombreuses dispositions pour trouver le positionnement le plus satisfaisant.

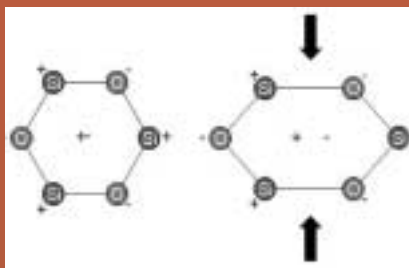
## En conclusion

L'apport de ce super tweeter est indéniable. Il offre à la scène sonore un détail et un relief réellement peu communs. Curieusement, ce n'est pas dans l'aigu qu'il faut le plus chercher son effet, mais plutôt dans le haut médium et au niveau de la localisation de chaque source sonore. Enfin, pour bénéficier pleinement de son apport, il faut l'associer à des enceintes principales déjà de très bonne facture et au rendement moyen. Des enceintes au rendement trop élevé auraient tendance à le « noyer » et à compromettre son efficacité.

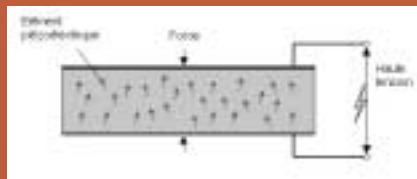
Henri-Pierre Penel

## La piézoélectricité : quand l'électricité fait danser les atomes

C'est en 1881 que Pierre et Jacques Curie découvrent et expliquent la piézoélectricité bien qu'il semblerait que le phénomène ait été observé auparavant, notamment par l'abbé René Just Haüy à la fin des années 1700. Il s'agit de la particularité que possèdent certains matériaux, dont le quartz, de se polariser sous l'action d'une force. En fait, une différence de potentiel, une tension, apparaît entre leur face lorsque la force qui leur est appliquée déforme leur structure interne. Cette tension est liée à la modification



de l'agencement des atomes de leur structure cristalline (voir 1<sup>er</sup> schéma). Si, au repos, le cristal était électriquement neutre, les charges positives et négatives se compensant mutuellement, la déformation de la structure cristalline



permet de « séparer les charges » et de les récupérer à l'aide d'électrodes placées sur les faces de l'élément piézoélectrique (voir schéma ci-dessus). Par exemple, les briquets jetables électroniques, que nous utilisons quotidiennement, exploitent ce phénomène pour générer la petite étincelle qui allume le gaz.

Mais, comme la plupart des phénomènes physiques, l'effet piézoélectrique est réversible. Ainsi, lorsque l'on applique une tension élevée entre les faces d'un élément piézoélectrique, toujours par l'intermédiaire d'électrodes, celui-ci se déforme : en fonction de la polarité de la tension appliquée, son épaisseur augmente ou, inversement, s'amenuise. Il n'en faut pas moins pour réaliser un transducteur sonore. Le plus souvent, ce sont des céramiques qui sont mises à contribution en raison de leurs propriétés piézoélectriques supérieures à celles du quartz. Comme il n'y a pas de pièce en mouvement, donc soumise à de l'inertie, les transducteurs piézoélectriques excellent dans la production des ultrasons. Ils constituent d'ailleurs l'élément actif des appareils d'échographie médicale, par exemple.

Pourtant, dès qu'il est question de restituer des sons audibles, bon nombre de problèmes se posent. En premier lieu, l'amplitude des vibrations d'un transducteur piézoélectrique reste faible. Difficile donc de lui faire restituer des fréquences basses. Par ailleurs, la céramique ou le quartz étant isolant, la structure d'un transducteur piézoélectrique se résume à un condensateur. Son impédance est donc loin d'être constante en fonction de la fréquence. Dans les faits, elle est quasiment infinie aux fréquences les plus basses pour devenir presque nulle pour les plus hautes. Enfin, les amplificateurs conventionnels ne délivrent pas de haute tension. Autant de problèmes que Murata a dû surmonter avant de proposer son super tweeter ES103.