



HAL
open science

ANTENNE ACOUSTIQUE OPTIMISÉE GÉOMÉTRIQUEMENT POUR LA PRISE DE SON DANS LES TERMINAUX MAINS-LIBRES

R. Le Bellac, A. Gilloire, J. Jullien

► **To cite this version:**

R. Le Bellac, A. Gilloire, J. Jullien. ANTENNE ACOUSTIQUE OPTIMISÉE GÉOMÉTRIQUEMENT POUR LA PRISE DE SON DANS LES TERMINAUX MAINS-LIBRES. *Journal de Physique IV Proceedings*, EDP Sciences, 1992, 02 (C1), pp.C1-391-C1-394. 10.1051/jp4:1992184. jpa-00251256

HAL Id: jpa-00251256

<https://hal.archives-ouvertes.fr/jpa-00251256>

Submitted on 1 Jan 1992

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ANTENNE ACOUSTIQUE OPTIMISÉE GÉOMÉTRIQUEMENT POUR LA PRISE DE SON DANS LES TERMINAUX MAINS-LIBRES

R. LE BELLAC, A. GILLOIRE et J.P. JULLIEN

CNET LAA/TSS/CMC, BP. 40, F-22301 Lannion cedex, France

Résumé. On étudie expérimentalement une antenne acoustique destinée à la prise de son, formée de microphones disposés sur un arc de cercle suivant une géométrie adaptée au champ proche. Les microphones sont groupés dans trois bandes de fréquences pour couvrir le spectre de la parole. Cette antenne a des performances satisfaisantes, meilleures que l'antenne rectiligne à pas uniforme classique.

Abstract. We study experimentally an acoustic antenna for speech pick-up, made of microphones arranged on a portion of circle; this geometry is adapted to near-field propagation. The microphones are grouped in 3 frequency bands to cover properly the speech bandwidth. This antenna yields satisfactory performance and it behaves better than the classical linear array with uniform spacing.

1 - INTRODUCTION

Les nouveaux terminaux audio pour les télécommunications: téléphones mains-libres, visiophone, téléconférence, etc sont sensibles à l'environnement acoustique qui perturbe la parole à la prise de son [1]. Ces perturbations ont pour origine l'effet de salle (réverbération), le bruit ambiant et le couplage acoustique haut-parleur - microphone, source d'écho.

L'amélioration de la prise de son peut être obtenue de plusieurs façons. Une prise de son rapprochée permet de réduire l'influence de l'environnement mais introduit des contraintes (latitude de mouvement, obligation de porter le micro sur soi, etc). On peut aussi par traitement de signal atténuer les effets de l'environnement: déréverbération [2], débruitage [3], traitement de l'écho acoustique [4]. Une autre solution est d'utiliser un microphone directif. Les microphones unidirectionnels apportent une amélioration pas toujours suffisante; les microphones super-directionnels introduisent des contraintes sur la position du locuteur et sont coûteux. Une solution intéressante est de combiner les signaux provenant de plusieurs microphones disposés suivant une géométrie donnée, de façon à ajouter en phase les composantes correspondant au signal utile (parole du locuteur) alors que les signaux parasites sont additionnés en incohérence de phase: la parole du locuteur est donc privilégiée. Ceci correspond au concept d'antenne acoustique pour la prise de son [5], [6].

Nous présentons le principe et l'étude expérimentale d'une antenne acoustique optimisée géométriquement pour la prise de son en champ proche. L'application visée est le "poste de travail multimédia", où l'antenne pourrait être intégrée à un écran. La forme de cette antenne, dont un prototype expérimental a été réalisé, est optimisée géométriquement en fonction de la position supposée connue du locuteur; le fonctionnement correct sur la bande de parole est assuré par des groupes de microphones dont l'espacement dépend de la portion de bande couverte. Quelques performances de cette antenne sont données, et on montre l'avantage en champ proche de la géométrie circulaire sur la géométrie rectiligne.

2 - ANTENNE RECTILIGNE A PAS UNIFORME

Dans cette antenne, les capteurs (microphones) espacés d'une distance d sont alignés sur une droite (figure 1). Il est facile d'obtenir sa réponse à une onde monochromatique plane (champ lointain). Les $2N+1$ capteurs, supposés identiques et omnidirectionnels, sont numérotés suivant la figure 1; la référence de phase est prise sur le capteur central. Si θ est l'angle d'incidence repéré par rapport à la normale de l'antenne et c la vitesse du son, la réponse normalisée à une onde de fréquence f est:

$$g(f, \theta) = \frac{1}{2N + 1} \sum_{m=-N}^N e^{-2\pi j m f t} \tag{1}$$

où on a posé $k = d \sin \theta / c$. Cette réponse s'écrit encore:

$$g(f, k) = \frac{1}{2N + 1} \cdot \frac{\sin \pi(2N + 1)fk}{\sin \pi f k} \tag{2}$$

C'est la réponse classique d'une fonction réseau, caractérisée par son ouverture (largeur du lobe central) et la fréquence limite au-delà de laquelle apparaissent des lobes secondaires.

Définissant l'ouverture à 3 dB comme l'angle θ_0 tel que $g(f, \theta_0) = 0.707g(f, 0)$ et posant $\lambda = c/f$, on obtient:

$$\theta_0 \approx \arcsin \frac{1.32 \lambda}{\pi 2Nd} \tag{3}$$

avec comme hypothèse que le lobe central reste étroit et que le nombre de capteurs est suffisamment grand (par exemple supérieur à 10).

On définit la fréquence limite f_0 comme celle pour laquelle $\sin \pi f_0 k = 1$; on obtient pour le cas le plus critique (incidence parallèle à l'antenne, c'est-à-dire $\sin \theta = 1$):

$$\frac{f_0 d}{c} = \frac{1}{2} \tag{4}$$

On voit d'après (3) que pour une fréquence donnée l'ouverture diminue lorsqu'on augmente le nombre et l'espacement des capteurs, alors que (4) montre que la fréquence critique est d'autant plus élevée que l'espacement des capteurs est réduit. Ces deux comportements vont nous conduire à des compromis entre le nombre de capteurs et leur espacement (sous la contrainte d'une taille maximale compatible avec l'application envisagée), afin d'obtenir une directivité et une bande passante satisfaisantes.

En champ proche et pour une géométrie d'antenne quelconque, il ne sera plus possible de calculer aussi facilement les caractéristiques de l'antenne. On recourra donc à une étude expérimentale par simulations et mesures, tout en considérant que les résultats théoriques (3) et (4) ont une validité approximative et peuvent donc servir de guide pour la conception d'une antenne à la géométrie optimisée.

3. PRINCIPE DE L'ANTENNE OPTIMISEE GEOMETRIQUEMENT

Comme la position du locuteur est connue à l'avance, il est possible d'optimiser a priori la géométrie de l'antenne. Si nous considérons que la bouche du locuteur est en un point O et qu'elle émet des ondes sphériques (on est en champ proche), et si nous ne considérons que l'onde directe, il suffit de placer les capteurs sur une surface sphérique ayant ce point pour centre pour recueillir des signaux en phase et donc avoir une réponse maximum; les signaux correspondant à des sources placées en d'autres points produiront une réponse plus faible puisqu'ils ne sont pas en phase. En pratique, on disposera les capteurs sur un arc de cercle de rayon R centré sur le point O (figure 2).

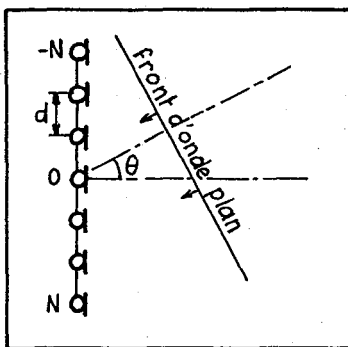


Fig. 1 - Antenne rectiligne, ondes planes

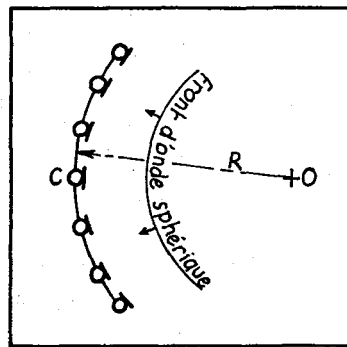


Fig. 2 - Antenne à géométrie circulaire optimisée pour les ondes sphériques

Afin d'assurer la couverture d'une bande de fréquences suffisante (200 Hz à 7 kHz) avec préservation d'une ouverture minimale, l'antenne est composée de 3 groupes de capteurs à espacements différents, chaque groupe étant optimisé pour une bande de fréquences particulière. De plus les capteurs sont unidirectionnels (cardioides) pour assurer une réjection satisfaisante des ondes venant de l'arrière de l'antenne. Les résultats présentés ont été obtenus avec une antenne répondant aux spécifications suivantes.

15 capteurs cardioides; rayon de l'antenne: 80 cm; arc curviligne entre les capteurs extrêmes: 72 cm. Les capteurs sont disposés suivant le schéma figure 3, résultant de compromis obtenus à partir de simulations:

- groupe de 5 capteurs, notés B, pour les basses fréquences jusqu'à 700 Hz
- groupe de 11 capteurs, notés M, pour les fréquences moyennes de 700 Hz à 2.8 kHz
- groupe de 9 capteurs, notés H, pour les fréquences supérieures à 2.8 kHz

On notera que la plupart des capteurs sont communs à plusieurs bandes; la séparation des bandes est obtenue par filtrage après sommation des signaux provenant des capteurs correspondant à chaque bande. Dans le prototype réalisé, les gains des capteurs ont été égalisés dans chaque bande, avec correction de la perte d'efficacité aux basses fréquences. Les niveaux en sortie des trois filtres ont été ajustés pour assurer une réponse en fréquence uniforme dans toute la bande pour une source placée au point 0.

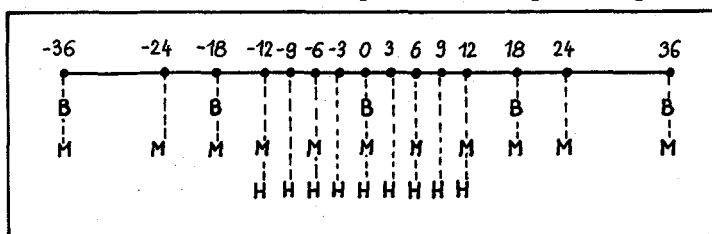


Fig. 3 - Schéma de répartition des capteurs suivant les bandes basse, moyenne et haute. Les abscisses curvilignes des capteurs sont indiquées en cm en haut de la figure.

4. RESULTATS EXPERIMENTAUX

Les mesures ont été effectuées dans la chambre sourde du CNET Lannion; la source simulant le locuteur était une bouche artificielle B&K. Les réponses en fréquences ont été obtenues au moyen du logiciel AMS de la S^{te} APIA. Nous ne donnons ici que des résultats en bandes d'octaves, que nous jugeons suffisamment pertinents pour caractériser la qualité de transmission de parole.

La source est déplacée sur un cercle de centre C (capteur central: voir figure 2) et de rayon 80 cm. L'angle θ est repéré par rapport à l'axe OC. Compte tenu de la symétrie de l'antenne par rapport à cet axe, les mesures n'ont été effectuées que dans le premier quadrant correspondant à $0 \leq \theta \leq 60^\circ$.

4.1. Comparaison entre mesures et simulations

Les figures 4a et 4b montrent la réponse de l'antenne circulaire simulée et mesurée pour les octaves 1 kHz et 4 kHz. La distance source-capteur central est de 80 cm. La concordance entre mesures et simulations est satisfaisante; l'écart plus important aux angles élevés peut être expliqué par de légères différences de sensibilité angulaire entre capteurs. La concordance est également satisfaisante pour les autres octaves.

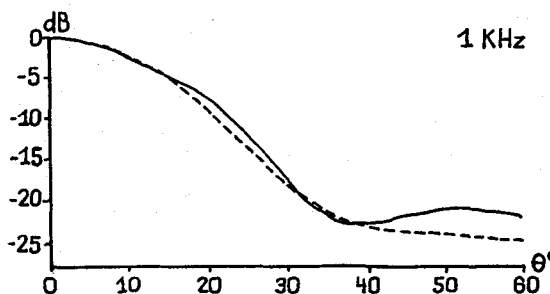


Fig. 4a - Gain normalisé (dB) de l'antenne circulaire
- Octave 1 kHz - - - - simulation

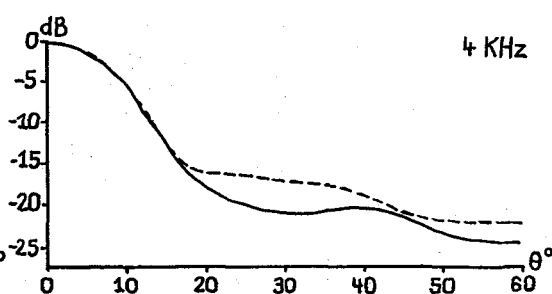


Fig. 4b - Gain normalisé (dB) de l'antenne circulaire
- Octave 4 kHz - - - - simulation

4.2. Comparaison de l'antenne circulaire et de l'antenne rectiligne

Pour évaluer l'influence de la forme de l'antenne, nous avons disposé en les espaçant uniformément les 15 capteurs soit sur un arc de cercle identique au précédent, soit sur un segment de droite de longueur 70 cm (antenne rectiligne). Les capteurs sont donc espacés de 5 cm environ. Les réponses des deux antennes en fonction de l'angle pour les octaves 250 Hz, 1 kHz, 4 kHz et 8 kHz sont présentées figure 5.

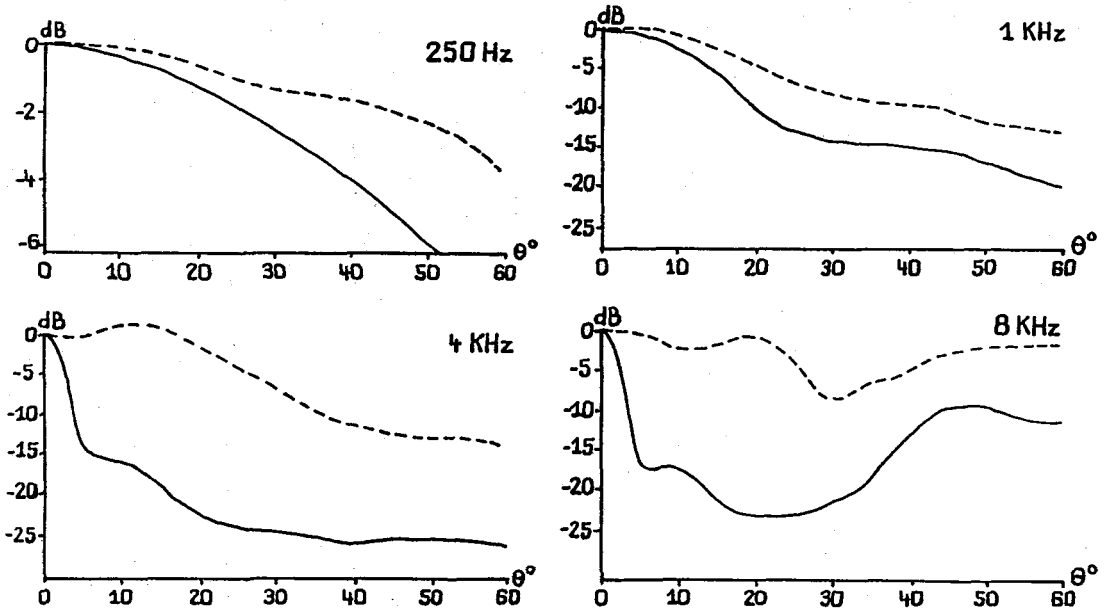


Fig. 5 - Réponses de l'antenne rectiligne et de l'antenne circulaire à 15 capteurs et à pas uniforme

Il apparaît nettement que l'antenne circulaire, optimisée pour le champ proche, a des performances supérieures à l'antenne rectiligne. D'autres expériences sur l'antenne circulaire ont montré que la réduction de l'arc et du nombre correspondant de capteurs diminue sa directivité aux basses fréquences mais affecte peu ses performances aux moyennes et hautes fréquences. Enfin, l'antenne circulaire avec capteurs à espacement croissant et filtrage décrite plus haut a des performances plus homogènes que celles de l'antenne circulaire à pas uniforme: maintien de la largeur du lobe principal et atténuation plus importante des lobes secondaires aux hautes fréquences.

5. CONCLUSION

Cette étude préliminaire a montré l'intérêt de l'antenne à géométrie adaptée au champ proche par rapport à l'antenne rectiligne classique, ainsi que l'utilité du regroupement des capteurs à espacements différents par bandes de fréquences pour couvrir la bande utile du signal avec des performances homogènes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A.Gilloire, J.P.Jullien: "L'acoustique des salles dans les télécommunications", L'Echo des Recherches n° 127, 1er Trimestre 1987, p.43-53
- [2] B.Hidayat, J.P.Jullien, A.Gilloire: "Gain optimal pour la déréverbération de la parole", 12ème colloque GRETSI, Juan Les Pins, 1989, p.525-529
- [3] R.Le Bouquin, "Traitements pour la réduction du bruit sur la parole - Application aux communications radio-mobiles", thèse de Doctorat, Université de Rennes-1, Juillet 1991
- [4] A.Gilloire, J.F.Zurcher: "Achieving the control of acoustic echo in audio terminals", EUSIPCO, Grenoble, 1988, p.491-494
- [5] J.L. Flanagan, "Computer-steered microphone arrays", J.Acous.Soc.Amer. n° 78 (5), Nov. 1985, p.1508-1518
- [6] F.Khalil, J.P.Jullien, A.Gilloire: " Antenne acoustique optimisée géométriquement pour la téléconférence", 13ème colloque GRETSI, Juan Les Pins, 1991, p.741-744