

VALIDATION D'UNE MÉTHODE DE PLANS D'EXPÉRIENCE APPLIQUÉE AUX CHOIX DES MODÈLES ACOUSTIQUES

Joris Brun-Berthet, Frédéric Laville

Ecole de Technologie Supérieure, Génie Mécanique, 1100, rue Notre Dame Ouest, Montréal, Québec, H3C 1K3

Cette communication fait suite à une précédente communication sur "L'utilisation des plans d'expérience afin de choisir la modélisation acoustique d'un téléphone mains-libres", présentée en octobre 1999 à Victoria, B.C. [6] et en novembre 1999 à Columbus, Ohio [5].

Introduction

Le développement de téléphones mains-libres « Full Duplex » où le haut-parleur et le microphone fonctionnent en même temps a posé des problèmes de couplage acoustique entre les deux transducteurs. Ces problèmes sont actuellement résolus en partie grâce au développement d'algorithmes de traitement du signal [3]. Pour compléter la résolution de ces problèmes, il est nécessaire d'améliorer la conception physique du boîtier téléphonique, ce qui implique de développer un outil de simulation informatique de l'acoustique de ce boîtier.

La réalisation d'une telle simulation est rendue difficile à cause des nombreux phénomènes à prendre en compte, de la complexité de la géométrie du téléphone et de la largeur de la bande de fréquence utilisée (300 Hz à 3400 Hz en téléphonie classique et 150 Hz à 7000 Hz en téléphonie large bande).

Un modèle par simulation numérique à l'aide du logiciel I-DEAS Vibro-Acoustics a déjà été fait, pour un téléphone existant, ainsi que pour un prototype de téléphone à géométrie simplifiée. La limite en ressource informatique nécessite des simplifications afin de couvrir toute la gamme de fréquence de la téléphonie large bande. Il est donc nécessaire de faire un choix quant aux simplifications envisagées dans le modèle afin de rester le plus proche possible de la réalité.

La technique utilisée pour faire ces choix est une technique de plan d'expérience. Celle-ci est fréquemment utilisée dans le domaine du génie industriel mais très peu en acoustique ou comme outil de choix de modèle.

1 Plan d'expérience

Le principe de la méthode des plans d'expérience a déjà été présenté auparavant [6] (voir aussi [4]). Elle permet une étude expérimentale d'un système de façon méthodique et ajoute un poids statistique aux analyses. Le plan d'expérience va permettre de déterminer l'importance des effets des facteurs du système.

1.1 Définition du système

Le but de ce projet est d'améliorer la conception physique du téléphone. Le travail expérimental se fait sur le boîtier. Pour réaliser un plan d'expérience, il faut définir un système, des facteurs susceptibles de modifier ce système, et une ou plusieurs variables de réponse à mesurer pour chaque expérience.

Le système étudié est le téléphone mains-libres sans son combiné. Les facteurs évalués sont aux nombres de 5 et pour chacun des facteurs 2 niveaux sont définis :

- Grille : présence ou non de la grille devant le haut-parleur du boîtier,
- Epaisseur : 2 épaisseurs différentes pour le boîtier,
- Mousse : présence ou non de matériaux absorbant à l'intérieur du boîtier,
- Plaque : avec ou sans obstacles à l'intérieur du boîtier,
- Trou : avec ou sans trou sur le boîtier.

La variable de réponse est la pression mesurée à une distance définie selon les normes [1] et [2], c'est à dire à une distance de 50 cm du téléphone dans un environnement semi-anéchoïque.

L'étude permet donc de dire si les facteurs sont influents et dans quelle gamme de fréquence ils le sont. Les facteurs influant seront pris en compte dans le modèle.

1.2 Représentation

Dans la méthode des plans d'expérience, la variable de réponse est habituellement une valeur discrète. La représentation et la comparaison sont directes. Dans le cas de spectre en fréquence, une nouvelle représentation a été proposée. Celle-ci permet de visualiser les effets de chaque facteur sur la variable de sortie en grandeur physique (décibel acoustique) en fonction de la fréquence.

1.3 Résultats

Les résultats de cette étude permettent de définir expérimentalement les effets de chacun des facteurs.

- Grille : son effet est important sur toute la gamme de fréquence. Autour de 300 Hz c'est à dire proche de la résonance du haut-parleur il y a un effet résistif. A plus haute fréquence, entre 2000 Hz et 5000 Hz, l'ensemble cavité devant la membrane du haut-parleur et grille se comporte comme un résonateur provoquant une augmentation de niveau,
- Epaisseur : l'importance de l'épaisseur de la boîte est assez faible en dehors de la région autour de la résonance du haut-parleur,
- Mousse et Plaque : les effets de ces 2 facteurs sont assez semblables étant donné qu'ils agissent sur les modes de cavité, et principalement sur ceux dans la plus petite dimension du boîtier (apparaissant à 4000 Hz)
- Trou : les trous créent un phénomène basse-reflexe. Il y a une effet de résonance du à ce phénomène qui apparaît dans la réponse du téléphone. L'effet est peu important ailleurs.

Très peu d'interaction ont été constatée entre les facteurs. L'interaction la plus importante est celle entre le facteur Trou et le facteur Epaisseur. En effet le volume d'air emprisonné dans l'épaisseur du boîtier est différente, donc l'effet du facteur Trou va être dépendant du facteur Epaisseur.

2 Modélisation

Parallèlement à cette étude expérimentale, une modélisation par éléments finis et éléments de frontière avec le logiciel I-DEAS Vibro-Acoustics a été faite.

Le premier modèle est celui d'un prototype à géométrie simplifiée. Le deuxième modèle est celui d'un téléphone mains-libres réel. Pour les 2 modèles numériques une comparaison entre les résultats

provenant du modèle numérique et les résultats expérimentaux a été faite. Pour le prototype à géométrie simplifiée les résultats du modèle ont été validés jusqu'à 4000 Hz, par contre, dans le cas d'un téléphone réel où la géométrie est complexe les résultats de la modélisation ont été validés seulement jusqu'à 2500 Hz.

Le modèle actuel est un modèle de prototype dont certaines simplifications du plan d'expérience sont prises en compte. Une comparaison entre le modèle initial du prototype et un modèle où la structure est considérée comme rigide sera présentée. Dans ce cas, le calcul couplé se fera uniquement avec la surface de la membrane du haut-parleur.

Conclusion

L'étude expérimentale grâce à la méthode des plans d'expérience a permis de faire des simplifications sur le modèle numérique. Ces simplifications vont permettre d'élargir la validité du modèle sur une plus grande gamme de fréquence.

Remerciements

Cette étude a été possible grâce au financement de MITEL Corp. et du CRSNG.

Références

- [1] ITU-T Draft revised recommendation *Transmissions characteristics of hands-free telephones*. P.340, 1995.
- [2] ITU-T Draft revised recommendation *Transmissions characteristics of wide band hands-free telephones*. P.341, 1995.
- [3] Hänslér, Eberhard, 1994, *The hands-free telephone problem - An annotated bibliography update*, Ann. Télécommun., 49, n° 7-8, pp 360-367.
- [4] Montgomery, Douglas C., *Design and analysis of experiments Fourth edition*, John Wiley & Sons, 1996.
- [5] Brun-Berthet J., Laville F., Dedieu S., *Using experimental design to choose an acoustical model for a hands-free telephone* 139th Meeting, Acoustical Society of America, 1-5 novembre 1999.
- [6] Brun-Berthet J., Laville F., Dedieu S. *L'utilisation de plans d'expérience pour choisir la modélisation acoustique d'un téléphone mains-libres* Semaine Canadienne d'Acoustique 1999, 18-19 octobre 1999.