

## Sujet de thèse

Développement et validation de méthodes et de bancs expérimentaux pour l'étalonnage de microphones de mesure en conditions ambiantes extrêmes

**Type de contrat :** CIFRE (CDD 3 ans)

**Ecole doctorale :** Cnam

**Localisation :** Courcouronnes (91)

## Contexte

Phonoptics développe des capteurs à fibre optique basés sur son brevet EP3201581A1. La conception de ces capteurs, les matériaux choisis et l'utilisation de la fibre optique leur confère une robustesse les rendant insensibles aux perturbations électromagnétiques et particulièrement adaptés pour effectuer des mesures dans des conditions ambiantes extrêmes (hautes températures, hautes pressions, humidité, nature du gaz, environnement nucléaire).

Une part importante des capteurs développés par Phonoptics sont des microphones résistants à des environnements extrêmes de natures diverses. Leur mode de fonctionnement autorise un large choix de matériaux possibles pour leur réalisation, ce qui rend ces microphones adaptables à grand nombre de situations. Par ailleurs, les performances de ces microphones (bande passante, sensibilité) sont prometteuses au regard de celles de microphones de mesure usuels, en général conçus et optimisés pour une utilisation en conditions atmosphériques. Il convient alors de qualifier et de valider d'un point de vue métrologique ces performances afin d'avoir la pleine mesure du champ d'applications possibles pour de tels capteurs et d'ouvrir la voie au développement de nouveaux capteurs dédiés à des besoins spécifiques (industriels et en recherche) qui dépassent aujourd'hui le seul cadre de l'acoustique aérienne audible.

## Problématique et objectifs du travail

Dans le processus de conception de microphones adaptés à ces nouveaux besoins (exprimés et à prévoir), il est également essentiel de développer et mettre en œuvre de nouvelles méthodes et des moyens expérimentaux pour la caractérisation de leur sensibilité, bande passante et directivité (le cas échéant) dans des conditions proches de celles pour lesquelles les capteurs sont destinés.

De tels moyens expérimentaux sont également nécessaires à la validation des modèles physiques déjà existants et à développer dans le cadre de ce travail pour décrire et prévoir le comportement électromécano-acoustique de ces microphones. Par ailleurs, les travaux essentiellement expérimentaux, mais aussi théoriques, prévus dans le cadre de cette thèse doivent conduire à identifier les grandeurs d'influence de ces capteurs et à quantifier leurs effets sur le comportement global de ces transducteurs afin de préciser les domaines d'application de ceux-ci. Enfin, ce travail doit permettre de répondre à un besoin métrologique, encore non satisfait à l'heure actuelle, en termes de traçabilité de ces microphones aux étalons nationaux en acoustique.

Ce travail sera mené en étroite collaboration avec le Laboratoire Commun de Métrologie LNE-Cnam, dépositaire des étalons nationaux en acoustique et disposant des savoirs faire et équipements pour l'étalonnage et la caractérisation de microphones, y compris hors conditions atmosphériques usuelles. D'autre part, le Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine UMR CNRS 6613 possède l'expertise sur la conception et la modélisation de transducteurs acoustiques.

L'ensemble du travail de thèse doit se dérouler au sein de l'entreprise Phonoptics à Courcouronnes (91), avec des déplacements à prévoir sur le site du LNE à Trappes (78).

A noter qu'afin de pérenniser les compétences développées dans le cadre de ce travail de thèse, Phonoptics souhaiterait, à terme, l'embauche en CDI du docteur.

### **Profil recherché**

Titulaire d'un diplôme M2 ou d'ingénieur spécialisé en acoustique avec une forte composante capteurs, instrumentation et mesure. Des connaissances en matériaux seraient un plus.

Le candidat devra avoir un goût marqué pour l'expérimentation.

Des compétences en programmation sous Matlab et/ou Python seront également appréciées.

### **Contacts**

Vivien Staehle-Bouliane, [vivien.staehle@phonoptics.fr](mailto:vivien.staehle@phonoptics.fr), Phonoptics

Cécile Guianvarc'h, [cecile.guianvarch@lecnam.net](mailto:cecile.guianvarch@lecnam.net), Laboratoire Commun de Métrologie LNE-Cnam

Dominique Rodrigues, [dominique.rodrigues@lne.fr](mailto:dominique.rodrigues@lne.fr), Laboratoire Commun de Métrologie LNE-Cnam

Stéphane Durand, [stephane.durand@univ-lemans.fr](mailto:stephane.durand@univ-lemans.fr), Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans  
UMR CNRS 6613

### **Bibliographie**

1. V. Staehle-Bouliane, J.-M. Malavieille, F.-L. Malavieille, « Transducteur opto-mécanique pour la détection de vibrations », EP3201581A1 (2016).
2. P. Honzík, A. Podkovskiy, S. Durand, N. Joly, M. Bruneau, « Analytical and numerical modelling of axisymmetrical electrostatic transducer with interior geometrical discontinuity », *J. Acoust. Soc. Am.* **134** n°5, 3573-3579 (2013).
3. T. Lavergne, S. Durand, N. Joly, M. Bruneau, « Analytical Modeling of Electrostatic Transducers in Gases: Behavior of Their Membrane and Sensitivity », *Acta Acust. united Ac.* **100** n°3, 440 – 447 (2014).
4. P. Honzík, C. Guianvarc'h, M. Bruneau, « Modeling of capacitive MEMS microphone with square membrane or plate using integral method », *Procedia Engineering* **120**, 418 – 421 (2015).
5. C. Guianvarc'h, R. M. Gavioso, G. Benedetto, L. Pitre et M. Bruneau, « Characterization of condenser microphones under different environmental conditions for accurate speed of sound measurements with acoustic resonators », *Rev. Sci. Instrum.* **80**, 074901 (2009)
6. T. Lavergne, L. Risegari, R. M. Gavioso et C. Guianvarc'h, « Dispositif expérimental pour la caractérisation de microphones capacitifs par grille d'entraînement en conditions contrôlées de gaz, pression et température », 14ème Congrès Français d'Acoustique, Le Havre (23-27 avr. 2018).
7. Norme Internationale CEI 61094-2. « Microphone de mesure, Partie 2 : Méthode primaire pour l'étalonnage en pression des microphones étalons de laboratoire par la méthode de réciprocité » (2009).
8. Norme Internationale CEI 61094-3. « Microphone de mesure, Partie 3 : Méthode primaire pour l'étalonnage en champ libre des microphones étalons de laboratoire par la méthode de réciprocité » (1996).
9. Norme Internationale CEI 61094-5. « Microphone de mesure, Partie 5 : Méthode pour l'étalonnage en pression par comparaison des microphones étalons de travail » (2003).
10. Norme Internationale CEI 61094-8. « Microphone de mesure, Partie 8 : Méthode pour la détermination de l'efficacité en champ libre par comparaison des microphones étalons de travail » (2013).
11. P. Vincent, D. Rodrigues, F. Larssonier, C. Guianvarc'h, S. Durand, « Acoustic transfer admittance of cylindrical cavities in infrasonic frequency range », *Metrologia* **56** N°1 (2018).
12. D. Rodrigues, J.-N. Durocher, « Methods for determining the free-field sensitivity of 1/2-inch working standard microphones by substitution » *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* **8** 3929-3936 (2012).