

**Discipline : Spécialité micro et nanotechnologies ;
acoustiques et télécommunications**

Nom du candidat : Damien FAUX

Président de Jury

Directeurs de Thèse

**E. CATTAN
S. GRONDEL
O. THOMAS**

Rapporteurs

**E. FOLTETE
O. DOARE**

Membres

**S. PROTHIN
R.-M. SAUVAGE**

TITRE DE LA THESE

**Couplage modal pour la reproduction de la cinématique d'une aile
d'insecte et la génération de portance d'un nano-drone bio-inspiré**

RESUME

Cette recherche dans le domaine des nano-drones a pour ambition de concevoir un objet volant de taille réduite s'inspirant directement de la nature. Dans ce but, un état de l'art a été fait sur les mécanismes de vol des insectes ainsi que sur l'ensemble des solutions à ailes battantes artificielles développées à ce jour. Il ressort de cette analyse d'une part, que les insectes ont une cinématique des ailes singulière reposant sur un mouvement de battement et de torsion en quadrature de phase et d'autre part, que les nano-drones actuels ne s'appuient pas ou très peu sur le comportement dynamique de leurs ailes artificielles pour générer de la portance. Le concept proposé dans le cadre de ce travail se veut en rupture avec ces approches. Il consiste en un couplage vibratoire en quadrature de phase de modes de battement et de torsion appliqué sur des ailes artificielles flexibles afin de reproduire une cinématique proche de celles des insectes avec un unique actionneur. La méthodologie employée s'est traduite par l'élaboration d'un modèle analytique négligeant les efforts aérodynamiques afin de calculer le comportement dynamique et de dimensionner la structure du nano drone. Les simulations ont mis en évidence l'existence de modes propres de la structure des ailes dont les déformées correspondent aux mouvements de battement et de torsion recherchés. Fait remarquable, une optimisation a permis de rapprocher les fréquences de ces modes tout en conservant une amplitude suffisante de façon à réaliser leur couplage et donc à reproduire la cinématique souhaitée. La portance produite a été ensuite estimée à l'aide d'un modèle aéroélastique qui a montré que le maximum de portance était obtenu pour deux fréquences coïncidant avec une quadrature de phase entre les deux modes. Ces résultats ont par la suite été confirmés à l'aide de mesures expérimentales effectuées sur un banc de mesure spécifique répondant aux contraintes imposées par les prototypes en termes de sensibilité et de comportement dynamique. Les différentes générations de prototypes testées ont été fabriquées au moyen des procédés de microfabrication, ce qui a permis l'intégration d'une membrane d'aile en parylène d'une épaisseur tout à fait comparable à celle existant chez les insectes.

La conclusion de cette étude est que nous disposons dorénavant d'un prototype capable de compenser son poids.

Soutenance le 19 février à l'IEMN/DOAE Valenciennes