

## RECRUTEMENT D'UN DOCTORANT (F/H)

**Titre de la thèse :** Développement d'un dispositif d'isolation vibratoire non-linéaire pour charges utiles embarquées sur plateformes aérospatiales

**Lieu de travail :** Salon de Provence et Marseille – Provence Alpes côte d'azur - France

**Champ scientifique, mots clés :** Dynamique des structures, contrôle des vibrations

**Catégorie :** A

**Type de contrat :** CDD

**Durée du contrat :** 36 mois

**Quotité de travail :** Temps complet

**Date d'affectation souhaitée :** Octobre 2025

### PRÉSENTATION DE L'ENVIRONNEMENT PROFESSIONNEL

L'École de l'air et de l'espace est une grande école militaire (ayant le statut d'EPSCP-GE) implantée à Salon-de-Provence, habilitée à délivrer le titre d'ingénieur.

### PRESENTATION DES STRUCTURES D'ACCUEIL

Le Centre de recherche de l'école de l'air et de l'espace (CREA), est l'unité de recherche pluridisciplinaire de l'École de l'air et de l'espace. Il est en lien étroit avec la Base aérienne 701, ce qui lui offre la capacité rare d'accéder à des moyens aéronautiques comme des avions ou des zones de vol. Il entretient également des partenariats avec de grands acteurs de la défense et de l'aéronautique (DGA, CEA, ONERA, Dassault Aviation, pôle de compétitivité SAFE) mais aussi académiques (Aix-Marseille-Université, écoles du groupe ISAE, IRSEM...).

Le CREA est composée d'une trentaine d'enseignants chercheurs répartis dans de nombreuses disciplines : histoire, sociologie, sciences politiques, mathématiques, mécanique des fluides et des structures, sciences cognitives, informatique, traitement du signal. Ses membres conduisent des recherches académiques ayant un objet commun : les déterminants de l'évolution de l'emploi militaire des systèmes aéronautiques et spatiaux.

L'encadrement au CRÉA sera effectué par Benjamin Chouvion et Gaël Chevallier.

Le laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) à Marseille. Le LMA est une unité mixte de recherche AMU-CNRS-Centrale Méditerranée, UMR 7031. Ses principaux domaines de compétences sont la mécanique du solide (structures, matériaux, interfaces) et l'acoustique (propagation des ondes dans des milieux fluides et solides complexes). Le LMA dispose d'une expertise reconnue internationalement sur les absorbeurs dynamiques non-linéaires en acoustique et en dynamique des structures. Il dispose également des moyens expérimentaux conséquents qui pourront être utilisés pour mener à bien ce projet.

L'encadrement au LMA sera effectué par Stéphane Bourgeois, Renaud Côte et Etienne Gourc.

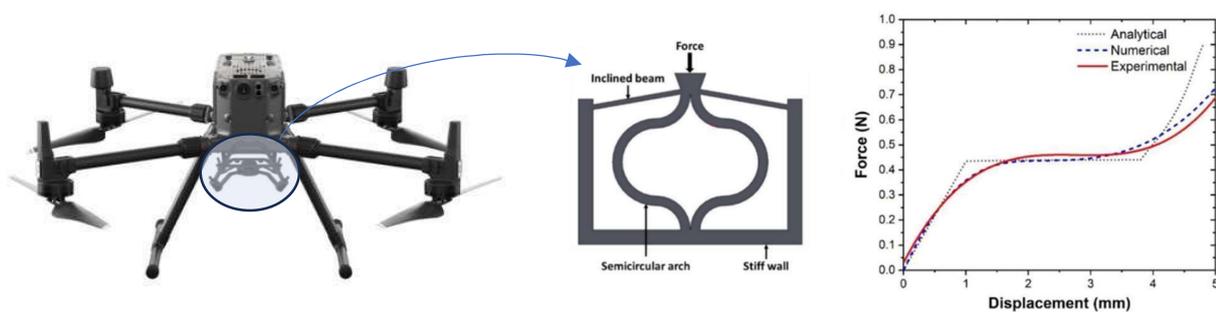
### DESCRIPTION DU POSTE

#### Contexte et objectifs du projet

Avec l'essor des drones multicoptères (tel que celui illustré dans la photo ci-dessous) dans des applications civiles et industrielles – telles que la cartographie, la surveillance, la livraison, ou encore les inspections techniques – la stabilité et la précision des instruments embarqués deviennent des enjeux majeurs. Les vibrations engendrées par

les moteurs, les hélices ou encore les mouvements dynamiques du drone affectent directement la qualité des mesures ou des images prises. Ces perturbations sont particulièrement problématiques pour des applications nécessitant une grande précision. L'un des défis techniques récurrents dans la conception de telles structures concerne ainsi la transmission des vibrations depuis la plateforme du drone vers sa charge utile. Dans ce contexte, l'objectif de ce projet de thèse est le développement d'une méthode originale de contrôle des vibrations transmises par un vecteur de type drone multicoptère à sa charge utile.

Une approche couramment utilisée pour limiter les vibrations transmises à la charge utile consiste à recourir à des isolateurs linéaires passifs. Ceux-ci sont efficaces pour atténuer les vibrations dont la fréquence excède  $\sqrt{2}$  fois leur fréquence de coupure. Pour garantir une isolation vibratoire performante, il est donc nécessaire de concevoir des isolateurs à faible raideur, ce qui induit une déflexion statique importante sous le poids de la charge. Cette caractéristique pose problème dans de nombreuses applications, notamment celles nécessitant une grande stabilité. L'originalité du projet réside dans l'exploitation de comportements non linéaires afin de concevoir un isolateur présentant simultanément une grande raideur statique – pour limiter la déformation sous charge – et une faible raideur dynamique – pour assurer une isolation efficace des vibrations. Cette stratégie permet de concilier robustesse mécanique et performance dynamique, en dépassant les limitations inhérentes aux solutions linéaires classiques.



En pratique, les isolateurs non-linéaires sont habituellement mis en œuvre en associant une raideur linéaire et une raideur non-linéaire molissante qui peut être réalisée en utilisant des poutres flambées comme illustré ci-dessus. Bien que plus performants que leurs homologues linéaires, la plage de fonctionnement des isolateurs non-linéaires reste limitée. Un des axes de recherche de ce projet de recherche consistera à optimiser la raideur de couplage non-linéaire pour étendre la plage de fonctionnement de ces isolateurs, notamment lors des phases de vol instationnaires. L'amortissement joue également un rôle clé dans la performance de ces dispositifs. Un facteur de qualité élevé garantit une forte atténuation lorsque la fréquence d'excitation est suffisamment loin de la fréquence de coupure. Toutefois, pour ces facteurs de qualité élevés, l'amplification à la résonance peut causer des dommages à la charge utile lors de montées en régime des rotors. La prise en compte de mécanismes de dissipation non-linéaires constitue une piste de recherche prometteuse pour allier performances à haute fréquence tout en minimisant l'amplitude vibratoire aux faibles fréquences. Un autre axe de recherche concernera les méthodes de réalisation pratique de raideurs et de d'amortissement non-linéaires non-standards. Une piste prometteuse est l'utilisation de matériaux architecturés, couplé à des méthodes d'optimisation topologiques.

D'un point de vue méthodologique, une complémentarité entre développements théoriques et études expérimentales est attendue. Ainsi, ce projet de doctorat prévoit de mener le développement jusqu'à une preuve de concept expérimentale de l'isolateur proposé. Ce dernier sera intégré sur un drone au sein de l'École de l'air et de l'espace, puis testé en conditions réelles sur la base aérienne 701. Une formation au pilotage de drone, assurée par le Centre d'Initiation et de Formation des Équipages Drones (CIFED) de l'EAE, sera proposée au doctorant afin de lui permettre de participer activement aux essais en vol.

## Références bibliographiques

Xu, Y., Dong, H. W., & Wang, Y. S. (2024). Topology optimization of programable quasi-zero-stiffness metastructures for low-frequency vibration isolation. *International Journal of Mechanical Sciences*, 280, 109557.

Dalela, S., Balaji, P. S., Leblouba, M., Trivedi, S., & Kalam, A. (2024). Nonlinear static and dynamic response of a metastructure exhibiting quasi-zero-stiffness characteristics for vibration control: an experimental validation. *Scientific Reports*, 14(1), 19195.

Han, H., Sorokin, V., Tang, L., & Cao, D. (2022). Lightweight origami isolators with deployable mechanism and quasi-zero-stiffness property. *Aerospace Science and Technology*, 121, 107319.

Dalela, S., Balaji, P. S., & Jena, D. P. (2022). A review on application of mechanical metamaterials for vibration control. *Mechanics of advanced materials and structures*, 29(22), 3237-3262.

## Profil du candidat recherché

Ce doctorat, qui combine modélisation, simulation numérique et caractérisation expérimentale d'un dispositif de contrôle vibratoire, s'adresse à des titulaires d'un diplôme d'ingénieur ou d'un master en mécanique, aérospatial, ou dans un domaine connexe.

Des compétences – ou a minima un fort intérêt – en dynamique des structures, contrôle, simulation numérique et mesures expérimentales sont particulièrement recherchées.

## DEPOT DES CANDIDATURES

**Le dossier de candidature complet devra être transmis uniquement après une prise de contact préalable avec les responsables mentionnés dans la rubrique « contacts » :**

- Un CV
- Une lettre de motivation
- Votre dernier relevé de notes de master ou d'école d'ingénieur
- Le diplôme de Master 2 (si disponible)

**Tout dossier incomplet ne sera pas pris en compte.**

Le dossier de candidature est à déposer via le site internet de l'École de l'air et de l'espace, rubrique EMPLOI ou par mail à l'adresse [recrutement@ecole-air.fr](mailto:recrutement@ecole-air.fr)

## CONTACTS

Toutes demandes d'informations complémentaires peuvent être demandées par mail auprès de :

- Responsable EAE : Benjamin Chouvion : [benjamin.chouvion@ecole-air.fr](mailto:benjamin.chouvion@ecole-air.fr)
- Responsable Centrale/LMA : Stéphane Bourgeois : [stephane.bourgeois@centrale-marseille.fr](mailto:stephane.bourgeois@centrale-marseille.fr)



## PHD CANDIDATE RECRUITMENT (M/F)

**PhD title :** Development of a Nonlinear Vibration Isolation Device for Payloads on Aerospace Platforms

**Work place :** Salon de Provence and Marseille – Provence Alpes côte d’azur - France

**Keywords :** Structural dynamics, Vibration control

**Category :** A

**Contract :** short-term, fully-funded      **Length :** 36 months, full-time

**Starting date :** October 2025

### PROFESSIONAL ENVIRONMENT OVERVIEW

The École de l’Air et de l’Espace is a prestigious French military academy (with the status of EPSCP-GE) located in Salon-de-Provence, authorized to award engineering degrees. In Marseille, the project will take place within Centrale Méditerranée, part of the Aix-Marseille University.

### HOSTING INSTITUTIONS

**Centre de Recherche de l’École de l’air et de l’espace (CRÉA), Salon-de-Provence**

CRÉA is the interdisciplinary research unit of the École de l’air et de l’espace in Salon-de-Provence. Closely connected to Air Base 701, it benefits from rare access to aerospace resources such as aircraft and flight zones. The center includes around thirty teacher-researchers in engineering and social sciences. Their academic research shares a common goal: understanding the evolution of military use of aerospace systems.

Supervision at CRÉA: Benjamin Chouvion and Gaël Chevallier

**Laboratoire de Mécanique et d’Acoustique (LMA), Marseille**

LMA is a joint research unit (AMU–CNRS–Centrale Méditerranée, UMR 7031) specializing in solid mechanics (structures, materials, interfaces) and acoustics (wave propagation in complex media). It has internationally recognized expertise in nonlinear dynamic absorbers for acoustics and structural dynamics, along with extensive experimental facilities to support this project.

Supervision at LMA: Stéphane Bourgeois, Renaud Côte, and Etienne Gourc

### JOB DESCRIPTION

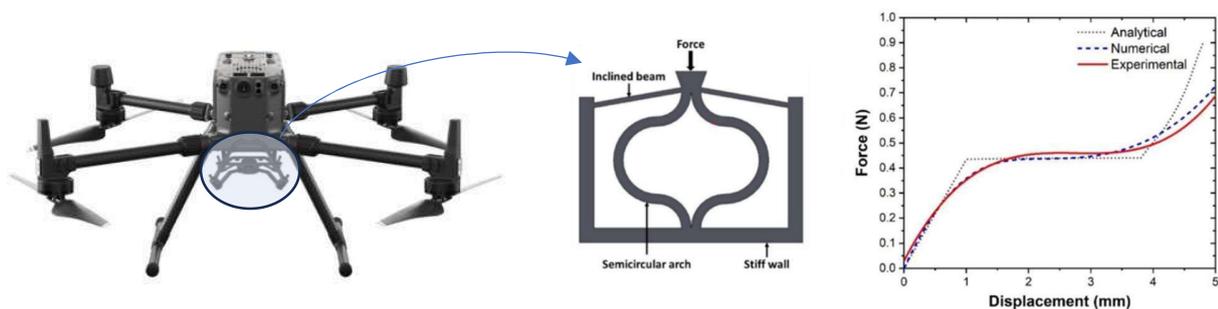
#### Context and objectives of the project

With the rise of multicopter drones in civil and industrial applications—such as mapping, surveillance, delivery, or technical inspections—the stability and accuracy of onboard instruments have become major concerns. Vibrations

generated by motors, propellers, or the dynamic motion of the drone directly affect the quality of measurements or captured images. These disturbances are particularly problematic in applications requiring high precision.

A recurring technical challenge in designing such systems is the transmission of vibrations from the drone platform to its payload. In this context, the objective of this PhD project is to develop an original method for controlling vibrations transmitted from a multicopter drone to its payload.

A commonly used approach to limit transmitted vibrations is to use passive linear isolators. These are effective at attenuating vibrations whose frequencies exceed a few times the isolator's cutoff frequency. To ensure good vibration isolation, isolators must therefore be designed with low stiffness, which leads to significant static deflection under the payload weight. This can be problematic in applications requiring high stability.



The originality of this project lies in exploiting nonlinear behaviors to design an isolator with both high static stiffness—limiting deformation under load—and low dynamic stiffness—ensuring effective vibration isolation. This strategy makes it possible to reconcile mechanical robustness and dynamic performance, overcoming the limitations of classical linear solutions.

In practice, nonlinear isolators typically combine a linear stiffness with a softening nonlinear stiffness, which can be achieved using buckled beams. Although more effective than linear counterparts, the operating range of nonlinear isolators remains limited. One research direction in this project will be to optimize the nonlinear coupling stiffness to extend this range, especially during transient flight phases.

Damping also plays a key role in the performance of these systems. A high quality factor ensures strong attenuation when the excitation frequency is well above the cutoff. However, for such high quality factors, resonance amplification can damage the payload during rotor spin-up. Considering nonlinear dissipation mechanisms is a promising direction to achieve high-frequency performance while limiting low-frequency vibratory amplitudes.

Another research focus will be the practical implementation of non-standard nonlinear stiffness and damping. A promising path is the use of architected materials, combined with topology optimization techniques.

From a methodological perspective, a complementarity between theoretical developments and experimental studies is expected. This PhD project will therefore include developing an experimental proof of concept of the proposed isolator. The isolator will be integrated on a drone at the École de l'air et de l'espace and tested under real-world conditions at Air Base 701. The PhD student will receive drone pilot training from the Drone Crew Training Center (CIFED) at the École de l'air et de l'espace to actively participate in flight tests.

## References

Xu, Y., Dong, H. W., & Wang, Y. S. (2024). Topology optimization of programable quasi-zero-stiffness metastructures for low-frequency vibration isolation. *International Journal of Mechanical Sciences*, 280, 109557.

Dalela, S., Balaji, P. S., Leblouba, M., Trivedi, S., & Kalam, A. (2024). Nonlinear static and dynamic response of a metastructure exhibiting quasi-zero-stiffness characteristics for vibration control: an experimental validation. *Scientific Reports*, 14(1), 19195.

Han, H., Sorokin, V., Tang, L., & Cao, D. (2022). Lightweight origami isolators with deployable mechanism and quasi-zero-stiffness property. *Aerospace Science and Technology*, 121, 107319.

Dalela, S., Balaji, P. S., & Jena, D. P. (2022). A review on application of mechanical metamaterials for vibration control. *Mechanics of advanced materials and structures*, 29(22), 3237-3262.

## Candidate profile

This PhD project, which combines modeling, numerical simulation, and experimental characterization of a vibration control device, is intended for candidates holding an engineering degree or a Master's degree in mechanics, aerospace, or a related field.

Skills — or at least a strong interest — in structural dynamics, control, numerical simulation, and experimental measurements are particularly sought after.

## APPLICATION SUBMISSION

**The following application files must be submitted :**

- A CV
- A cover letter
- Your most recent academic transcript from your Master's program or engineering school
- Your Master's degree diploma (if available)

**Incomplete applications will not be considered.**

**Applications should be submitted via the École de l'air et de l'espace website, under the “EMPLOI” section, or by email to: [recrutement@ecole-air.fr](mailto:recrutement@ecole-air.fr)**

## CONTACTS

**For any further information regarding the scientific program, please contact the following persons by email :**

- EAE : Benjamin Chouvion : [benjamin.chouvion@ecole-air.fr](mailto:benjamin.chouvion@ecole-air.fr)
- Centrale/LMA : Stéphane Bourgeois : [stephane.bourgeois@centrale-marseille.fr](mailto:stephane.bourgeois@centrale-marseille.fr)