

**Le Centre de Recherche
de l'École de l'air et de l'espace
UR 09.401**



RECRUTE

Intitulé du poste : (offre de thèse) Dynamique du vol et aérodynamique d'un cerf-volant de traction (Kite)

Lieu de travail : Centre de Recherche de l'École de l'air et de l'espace– CREA
Salon de Provence – Bouches du Rhône - France

Champ scientifique principal : Dynamique du vol et aérodynamique de structures ultra légères

Catégorie : A

Type de contrat : CDD

Durée du contrat : 36 mois

Quotité de travail : Temps complet

Rémunération brute mensuelle : à partir de 2 126 €

Date d'affectation souhaitée : 1er février 2024

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 DE LA STRUCTURE 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.

DESCRIPTIF DES ACTIVITÉS

Contexte

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du lot « jumeau numérique » du projet KIWIN dont l'objectif principal est de développer un démonstrateur à l'échelle 1 d'un système de traction par kite entièrement automatisé pour parvenir à réduire de 20 % en moyenne les émissions de gaz à effet de serre du transport maritime. Il va permettre d'accélérer singulièrement le développement du système automatisé SeaKite déjà existant de traction par kite en développant des ailes de plus en plus grandes. La thèse participera à l'amélioration des méthodes de dimensionnement du kite.

Au niveau de l'école de l'air, en complément de cette offre, une seconde thèse s'attachera plus particulièrement au calcul de la structure de l'aile.



Systeme SeaKite de Beyond the Sea



Projet KIWIN de traction par kite

Travail à réaliser

L'objectif de cette thèse est de développer un code de calcul d'interaction fluide structure rapide qui sera intégré dans un calcul de dynamique du vol du kite. Le code doit servir notamment à la conception d'un pilote automatique. Il servira également dans les premières étapes de conception à évaluer les performances aérodynamiques et comme outils de dimensionnement.

Le consortium dispose déjà des fruits des thèses de Richard Leloup (2014) de Baptiste Cadalen (2018) et de Chloé Dupont [1][2][3]. Deux simulateurs sont déjà utilisés, le premier est fondé sur le modèle Zéro-masse, le second sur un modèle de masse ponctuelle (Lumped-mass en anglais). Le premier modèle ne dépend que des caractéristiques aérodynamiques du kite ou plus précisément il ne dépend que de l'angle de finesse. Cet angle dépend de l'angle d'attaque du kite commandé par les lignes arrière du kite. Les modèles actuels ne prennent pas en compte « le ventre des lignes ». Le lien entre le différentiel des lignes arrière et le taux de rotation du kite en lacet est issu d'une loi empirique de la littérature [4].

Le premier travail de cette thèse sera de substituer cette relation empirique par une résolution temporelle des équations de la dynamique. L'influence de l'inertie du kite sera ainsi prise en compte. Dans un premier temps le kite sera considéré rigide [10][11]. On bénéficiera également des travaux de thèse de Théo Simonet (Novembre 2022) pour intégrer les effets aérodynamiques instationnaires avec un modèle de décrochage dynamique associé à la ligne portante 3D non linéaire [5]. Ces évolutions devraient permettre de simuler avec plus de précision les situations délicates comme celles dans un vent léger en bord et en bas de la fenêtre de vol. On modélisera également les situations de décrochage, voire de « frontale ».

En fonction de l'évolution de la thèse sur la structure du kite on pourra intégrer les déformations du kite et le ventre des lignes pour avoir un modèle plus fin.

Pour valider le jumeau numérique nous disposons déjà d'une base de données expérimentale conséquente avec les travaux de Morgan Behrel [6]. Néanmoins ces travaux se sont concentrés sur des phases de vol stables. Une thèse expérimentale envisagée dans le cadre de ce projet avec l'université de Montpellier permettra de fournir des éléments de validation dans les cas critiques : décrochage, vol en bord de fenêtre, décrochage, instabilités liées au flambement

structurel. Elle fournira également des mesures de déformation pour valider les codes numériques.

Bibliographie

- [1] Leloup, R., Roncin, K., Bles, G., Leroux, J. B., Jochum, C., & Parlier, Y. (2013). Estimation of the lift-to-drag ratio using the lifting line method: Application to a leading edge inflatable kite. In *Airborne wind energy* (pp. 339-355). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [2] Cadalen, B. (2018). *Modélisation et commande robuste d'une aile de kite en vol dynamique : application à la traction d'un navire* (Doctoral dissertation, Bordeaux).
- [3] Duport, C. (2018). *Modeling with consideration of the fluid-structure interaction of the behavior under load of a kite for auxiliary traction of ships* (Doctoral dissertation, ENSTA Bretagne-École nationale supérieure de techniques avancées Bretagne).
- [4] Erhard, M., & Strauch, H. (2013). Theory and experimental validation of a simple comprehensible model of tethered kite dynamics used for controller design. In *Airborne wind energy* (pp. 141-165). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [5] Faure, T. M., Roncin, K., Viaud, B., Simonet, T., & Daridon, L. (2022). Flapping wing propulsion : Comparison between discrete vortex method and other models. *Physics of Fluids*, 34(3), 034108.
- [6] Behrel, M. (2017). *Les kites comme propulsion axillaire pour les navires : système expérimental, campagnes de mesures, analyse des données et identification des performances des kites* (Doctoral dissertation, Université de Bretagne occidentale-Brest).
- [7] Behrel, M., Roncin, K., Leroux, J. B., Montel, F., Hascoet, R., Neme, A., ... & Parlier, Y. (2018). Application of phase averaging method for measuring kite performance : onshore results. *Journal of Sailing Technology*, 5.
- [8] Roncin, K., Behrel, M., Iachkine, P., & Leroux, J. B. (2020). Benchmark Sea Trials on a 6-Meter Boat Powered by Kite. *Applied Sciences*, 10(18), 6148.
- [9] Long, X., Sun, M., Piao, M., & Chen, Z. (2021). Parameterized Trajectory Optimization and Tracking Control of High Altitude Parafoil Generation. *Energies*, 14(22), 7460.
- [10] Zempoalteca-Jimenez, M. A., Castro-Linares, R., & Alvarez-Gallegos, J. (2021). Trajectory Tracking Flight Control of a Tethered Kite Using a Passive Sliding Mode Approach. *IEEE Latin America Transactions*, 20(1), 133-140.
- [11] Roeven, L., Gutschmidt, S., Dawson, R., & Alexander, K. (2022). Steering response to roll control of a two-line disk kite. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 103939.
- [12] Hein, F., Wiedenroth, R., Notter, S., & Fichter, W. (2022). Flight Mechanical Analysis and Nonlinear Controller Design for a 4-Line Kite. In *AIAA SCITECH 2022 Forum* (p. 1229).
- [13] Gupta, R., Zhu, Y., & Nam, T. (2021). Flight Dynamics, Control Law Design, and Flight Tests of Kite. In *AIAA AVIATION 2021 FORUM* (p. 2462).

PROFIL RECHERCHÉ / COMPÉTENCES REQUISES

- Titulaire d'un Master 2 en modélisation mécanique avec une composante mécanique des fluides ;
- Expérience dans le domaine de la programmation scientifique ;
- Rédaction de rapports techniques, d'articles scientifiques (en français et en anglais) et de présentation des résultats scientifiques et techniques ;

INFORMATIONS PRATIQUES

Restauration sur place possible. Crèches et écoles à proximité. Accès aux installations sportives de l'École de l'air et de l'espace. Club sportif et artistique : nombreuses activités pour cadre et famille. Comité social et des fêtes très actifs.

DEPOT DES CANDIDATURES

Le dossier de candidature devra être transmis uniquement après une prise de contact préalable avec le référent scientifique.

Les pièces listées ci-dessous devront être transmises uniquement à cet email recrutement@ecole-air.fr :

- Un CV académique
- Une lettre de motivation
- Les relevés de notes de Master 1A et 2A ou années équivalents diplôme ingénieur

Tout dossier incomplet ne sera pas pris en compte.



CONTACTS

- **Référent scientifique** : Kostia RONCIN – Enseignant-chercheur HDR

Courriel : kostia.roncin@ecole-air.fr

- **Supérieur hiérarchique direct** : CDT Jérôme MISTRETTA – Directeur du CREA

Tél. : 04 13 93 83 30 - Courriel : jerome.mistretta@ecole-air.fr

- **Bureau Gestion Collective RH – Personnels civils** : Christine CONAN Tél. :

04.13.93.85.14 ou 04.13.93.84.88

Courriel : recrutement@ecole-air.fr / ea-dgs-srh.recrutement.fct@intradef.gouv.fr

DATE LIMITE DES CANDIDATURES : 15/12/2023