

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



RECRUTE



Intitulé du poste : Post-doctorat - projet KIWIN

Développement d'outils de simulation de la dynamique structurelle d'un cerf-volant

Lieu de travail : Salon de Provence – Bouches du Rhône - France

Champ scientifique principal : Dynamique des structures, couplage fluide-structure

Catégorie : Niveau A

Type de contrat : CDD

Durée du contrat : 27 à 30 mois

Quotité de travail : Temps complet

Date d'affectation souhaitée : juillet - novembre 2025

DESCRIPTIF DES ACTIVITES

Mots clés

Dynamique non-linéaire, couplage fluide-structure, aéroélasticité, réduction de modèle, modélisation, analyse numérique

Contexte

Cette offre s'inscrit dans le cadre du lot « jumeau numérique » du projet KIWIN. L'objectif général du projet KIWIN, porté par l'entreprise Beyond The Sea, est de développer un démonstrateur à l'échelle 1 d'un système de traction par cerf-volant (ou kite) entièrement automatisé pour parvenir à réduire de 20 % en moyenne les émissions de gaz à effet de serre du transport maritime. Les outils apportés par les laboratoires durant le projet KIWIN permettront d'accélérer singulièrement le développement du système automatisé de traction par kite « SeaKite » déjà existant, en développant des ailes de plus en plus grandes. Le travail du postdoctorant recruté participera à l'amélioration des méthodes de dimensionnement du kite et à la définition des stratégies à mettre en place pour traiter les situations critiques de vol.

A l'Ecole de l'Air et de l'Espace (EAE), en complément de cette offre et financé par le même

projet, deux thèses sont déjà en cours : l'une traite de la dynamique du vol et l'autre du calcul de la structure de l'aile. Ces travaux se font en étroite collaboration avec l'Université de Montpellier où deux autres thèses ont déjà également commencé (l'une sur l'optimisation de la trajectoire de vol, l'autre sur le montage de campagnes expérimentales).



Système SeaKite de Beyond the Sea



Projet KIWIN de traction par kite

Travail à réaliser

Ce projet postdoctoral s'inscrit dans la continuité des travaux de thèse de Richard Leloup [1, 2] et de Chloé Duport [3, 4], et en parallèle de la thèse « structure » menée actuellement à l'EAE. Ces travaux ont abouti à un outil de dimensionnement qui permet une estimation des contraintes dans les lattes et le bord d'attaque du kite. Il contient un couplage entre un calcul de l'écoulement autour du kite par une méthode de ligne portante et un calcul éléments finis Abaqus. Un deuxième outil, *kite as a beam* (KAB) [4], a également été développé et met en œuvre un modèle d'ordre réduit de type poutre basé sur une homogénéisation du comportement du kite par morceaux, appelés "cellules". Les résultats de ces deux codes de calcul restent à valider. Des comparaisons déjà réalisées montrent des écarts significatifs, notamment au niveau du vrillage. Le modèle KAB existant utilise une hypothèse de linéarité entre effort et déformation mais les simulations avec Abaqus ont mis en évidence le comportement non linéaire de la rigidité en torsion du kite sur une cellule.

Le projet postdoctoral a pour objectif d'améliorer les modèles structurels existants, notamment en prenant compte des non-linéarités constatées. Pour cela différentes pistes sont envisagées. La première étude consistera à améliorer le modèle KAB en respectant le comportement non linéaire des cellules utilisées dans l'homogénéisation. On peut ainsi envisager un modèle de type poutre non-linéaire traduisant à la fois du comportement intrinsèquement non-linéaire de la raideur d'une cellule mais aussi des effets non-linéaires géométriques causés par les grands déplacements subis [5]. Une autre approche est de modéliser de manière plus fidèle la structure grâce à une méthode éléments finis mais d'appliquer par la suite des démarches de réduction de modèles non-linéaires (par utilisation des formes normales, ou projection sur modes non-linéaires par exemple).

Des travaux de recherche sont de plus nécessaires pour le traitement des boudins gonflables qui peuvent subir des déformées localisées, à l'origine de la ruine structurelle de la structure. Existe aussi la problématique de la modélisation des lignes arrières (lignes d'attache du kite) par lesquelles est commandée et contrôlée la trajectoire de vol. La déformation de ces lignes (le « ventre des lignes ») due aux effets des forces aérodynamiques est actuellement négligée, or celle-ci influe directement la direction de commande de trajectoire.

En conclusion, plusieurs améliorations des outils de simulation sont envisageables. La

direction à privilégier – qu'il s'agisse de la réduction de modèle, du couplage faible entre un simulateur de dynamique structurelle non linéaire et un code d'estimation des forces aérodynamiques, du flambage de boudin, de la déformation des lignes, etc. – dépendra des compétences et de la motivation du candidat.

La rédaction d'articles scientifiques mettant en valeur les recherches effectuées est également attendue.

Bibliographie

- [1] Leloup, R. (2014). Élaboration d'un outil d'aide à la prédiction du comportement et de la tenue mécanique d'un cerf volant auxiliaire de propulsion pour bâtiments de soutien de la flotte.
- [2] 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.
- [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] Solminihac, A. D., Nême, A., Duport, C., Leroux, J. B., Roncin, K., Jochum, C., & Parlier, Y. (2018). Kite as a beam: A fast method to get the flying shape. In *Airborne Wind Energy* (pp. 79-97). Springer, Singapore.
- [5] Bosch, A., Schmehl, R., Tiso, P., Rixen, D. (2014). Dynamic Nonlinear Aeroelastic Model of a Kite for Power Generation. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 37(5), 1426-1436.

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.

PROFIL RECHERCHÉ / COMPÉTENCES REQUISES

- Personne titulaire d'un doctorat en mécanique des structures, ou en mécanique des fluides avec une composante en couplage fluide-structure.
- Compétences importantes requises en développement informatique et dans l'utilisation d'outils de calcul numérique (Matlab ou équivalent).

- Appétence particulière pour la communication et la rédaction d'articles scientifiques.

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.

★★★★★★★★★★★★★★★★

DÉPÔT DES CANDIDATURES

Les pièces listées ci-dessous devront être transmises uniquement aux contacts figurant dans la fiche de poste :

- un CV académique,
- une lettre de motivation,
- (au minimum) une lettre de recommandation,
- le procès-verbal de la soutenance de thèse

Contacts

- Référent scientifique : Benjamin CHOUVION – Maître de conférences HDR
Email : benjamin.chouvion@ecole-air.fr
- Bureau Gestion Collective RH – Personnels civils : Christine CONAN Tél. : 04.13.93.85.14 ou 04.13.93.84.88
Email : recrutement@ecole-air.fr / ea-dgs-srh.recrutement.fct@intradef.gouv.fr

La première prise de contact se fera en envoyant simplement un CV au référent scientifique.

DATE LIMITE DES CANDIDATURES : 30/05/2025