

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Méthode d'optimisation robuste appliquée à la conception avion avant-projet avec prise en compte d'incertitudes liées aux paramètres de vol minimisant l'impact climatique

Référence : **TIS-DTIS-2026-15**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : octobre 2026

Date limite de candidature : juillet 2026

Mots clés : Optimisation robuste, quantification d'incertitude, changement climatique, conception avion avant-projet

Profil et compétences recherchées : Ingénieur généraliste ou Master, formation en mathématiques appliquées ou ingénierie aéronautique

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

L'objectif de la phase d'avant-projet d'un programme aéronautique civil est de définir les grands choix de conception en fonction du cahier des charges (catégorie d'appareil, distance franchissable, vitesse de croisière, nombre de passagers etc.). Formellement il s'agit d'un problème d'optimisation multidisciplinaire sous contraintes. La résolution de ce type de problème est aujourd'hui bien maîtrisée et repose notamment sur :

- Une modélisation suffisamment fine du comportement de l'avion permettant une évaluation des différentes quantités d'intérêt du problème (ex. masses, performances aérodynamiques, consommation énergétique etc.).
- Une connaissance des besoins et de l'environnement d'évolution du futur avion.

Dans le contexte de réduction de l'impact climatique de l'aviation les outils de conception préliminaire avion au niveau avant-projet représentent un levier essentiel car ils permettent de comparer le potentiel des différents concepts. Cependant, il devient de plus en plus clair que les émissions directes de CO₂ ne représentent qu'une partie de l'impact d'un aéronef et des modélisations plus précises permettent aujourd'hui d'évaluer les impacts dit non-CO₂ (trainée de condensation et émission de NOx par exemple, Lee *et. al.*). Au-delà de la conception de l'appareil lui-même, et en particulier ses moteurs, une piste prometteuse pour réduire les impacts non-CO₂ est l'adaptation dynamique des plans de vol, notamment en jouant sur l'altitude de croisière sur la base des conditions météorologiques qui peuvent être propices ou non à la formation des trainées à différentes altitudes (Simorgh *et. al.*). En contrepartie cela rend le contexte d'opération de l'appareil plus variable et il est important de prendre cette variabilité en compte au moment de la phase de conception préliminaire car la phase de croisière détermine fortement de nombreuses performances avion (impactant notamment ses émissions de CO₂). Nous proposons d'aborder ce problème par une formulation d'optimisation robuste (voir Lelièvre *et. al.*), permettant ainsi de sélectionner le concept d'avion ayant les meilleures performances quelles soient les altitudes de croisière induites par la minimisation des trainées de condensation.

Dans ce contexte, l'objectif de la thèse est donc de proposer au niveau de la conception préliminaire avant-projets une méthodologie d'optimisation robuste d'un avion vis-à-vis de la réduction de son impact environnemental total (effet CO₂ et non-CO₂). Pour cela plusieurs verrous devront être levés. Tout d'abord il faudra caractériser les incertitudes d'opération des futurs appareils, induites par le changement des paramètres de vol (ex. altitude de croisière) de manière à minimiser les trainées de condensation. Pour cela nous proposons la construction et la caractérisation d'un processus stochastique en s'appuyant sur base de données de vols et une base de données météo (base de données IAGOS). Le deuxième verrou représente la sélection et le calcul numériquement efficace d'une métrique de robustesse. En effet il existe un grand nombre de métriques possibles (voir Göhler *et. al.*, Brevault *et. al.*), chacune ayant ses avantages et inconvénients. Nous envisageons de faire un benchmarking de ces différentes métriques de robustesse sur un cas d'études académique afin d'aider dans leur choix. Un aspect clé pour notre application est le temps de calcul car nous sommes en présence de codes numériques impliquant souvent des coûts non négligeables (voir Cai *et.al.*, Prigent *et.al.* ou Liem *et.al.* par exemple). Enfin le dernier verrou consiste en la formulation du problème d'optimisation robuste, sa résolution numériquement efficace et son application à la conception préliminaire d'un avion robuste vis-à-vis de la réduction de son impact environnemental.

Pour cela nous envisageons de nous appuyer sur des approches d'optimisation basées sur des processus gaussiens enrichis de manière adaptative (voir Dubreuil *et. al.*) et sur l'outil FAST-OAD développé par l'ONERA et l'ISAE Supaéro(voir David *et. al.*).

Y. Cai, D. Rajaram, D. N. Mavris, Simultaneous aircraft sizing and multi-objective optimization considering off-design mission performance during early design, *Aerospace Science and Technology*

C. David, S. Delbecq, S. Defoort, P. Schmollgruber, E. Benard and V. Pommier-Budinger: “*From FAST to FAST-OAD: An open source framework for rapid Overall Aircraft Design*”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, vol. 1024, n. 1, DOI: 10.1088/1757-899x/1024/1/012062

S. Prigent, P. Maréchal, A. Rondepierre, T. Druot, M. Belleville. A robust optimization methodology for preliminary aircraft design. *Engineering Optimization*, 2016, 48 (5), pp.883-899.

Liem, R. P., Kenway, G. K., & Martins, J. R. (2015). Multimission aircraft fuel-burn minimization via multipoint aerostructural optimization. *AIAA Journal*, 53(1), 104-122.

Lee, David S. and Allen, Myles R. and Cumpsty, Nicholas and Owen, Bethan and Shine, Keith P. and Skowron, Agnieszka, Uncertainties in mitigating aviation non-CO₂ emissions for climate and air quality using hydrocarbon fuels, *Environ. Sci.: Atmos.*, 2023, 3(12), pp.1693-1740.

IAGOS Consortium (2025). Iagos : In-service aircraft for a global observing system. <https://www.ia-gos.org/>. Site web officiel du programme, consulté le 26/09/2025.

Lelièvre, N., Beaurepaire, P., Matstrand, C., Gayton, N., & Otsmane, A., On the consideration of uncertainty in design: optimization-reliability-robustness. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 2016, 54(6), 1423-1437.

Göhler, M.S., Eifler, T., & Howard, T. J., Robustness metrics: Consolidating the multiple approaches to quantify robustness. *Journal of Mechanical Design*, 2016, 138(11), 111407. Simorgh A., Soler M., Castino F., Yin F., Cerezo-Magaña M., Concept of robust climate-friendly flight planning under multiple climate impact estimates, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2024, 131, 104215.

Dubreuil, S., Bartoli N., Gogu C., Lefebvre T., Mas Colomer J., Extreme value oriented random field discretization based on an hybrid polynomial chaos expansion — Kriging approach, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 2018, 332, pp 540-571.

Brevault L., Balesdent M., Bérend N., Le Riche R., Decoupled multidisciplinary design optimization formulation for interdisciplinary coupling satisfaction under uncertainty, *AIAA Journal*, 2016, 54(1), pp 186-205.

Collaborations envisagées

ISAE-SUPAERO

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Traitement de l'information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) :

Contact : Sylvain Dubreuil, Thierry Lefebvre

Tél. : 0562252755

sylvain.dubreuil@onera.fr

thierry.lefebvre@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Christian GOGU

Laboratoire : ISAE, TSAE Lab

Tél. : 0561338559

Email : christian.gogu@isae-supero.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>