

OPTIMISATION ET CONCEPTION AERONAUTIQUE : ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX POUR L'AERONEF DE DEMAIN.

ENCADREMENT PROJET

- **Coordinateur** (2 max) : Pierre Arnaud et Vincent Maurel
- **Encadrants** : Pierre Arnaud, Basile, Marchand, Jean Michel Shirer, François Gallet, Nicolas Tantot
- **Centre (s) de recherche concerné (s)** : Centre des Matériaux
- **Lieux** : 63-65 rue Henri-Auguste Desbruères, 91100 Corbeil-Essonnes et 60, boulevard Saint-Michel 75272 Paris Cedex 6

RESUME

Ce MIG se concentre sur l'optimisation des moteurs d'avions utilisés dans l'aviation civile, en réponse à la croissance continue de ce secteur. L'objectif est de comprendre les défis techniques et économiques liés à cette optimisation, tout en explorant les innovations technologiques passées et récentes. Les projets englobent également la gestion des risques, y compris les préoccupations environnementales, et examine les nouvelles technologies émergentes, comme les avions électriques.

Il se déroulera sur trois semaines, comprenant des conférences, des visites d'entreprises de renom, et des mini-projets pour résoudre les défis identifiés. Ce projet offre une occasion unique de plonger dans les enjeux clés de l'industrie aéronautique, en se concentrant sur l'optimisation des moteurs et les tendances futures de l'aviation civile.

CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

L'industrie de l'aviation civile connaît une croissance ininterrompue depuis que l'avion a gagné en popularité dans les années 1960 en tant que mode de transport privilégié. Le nombre de passagers ne cesse d'augmenter à un rythme soutenu, avec une multitude de défis diversifiés, principalement axés sur l'amélioration de l'efficacité des moteurs.

Cette expansion se traduit par une intensification du trafic aérien, en particulier vers les pays en développement, entraînant une forte concurrence des prix. De plus, l'intensification de la concurrence avec l'arrivée de nouveaux acteurs sur le marché accentue la pression constante visant à réduire les coûts, que ce soit pour les voyageurs ou le transport de marchandises. Parallèlement, les normes environnementales de plus en plus strictes et les objectifs écologiques poussent à réduire les impacts.

Ces facteurs suscitent une expansion significative de l'industrie aéronautique, qui doit faire face à une concurrence féroce dans les domaines du développement et de l'optimisation des aéronefs et de leurs moteurs, de la réduction de la consommation de carburant, de l'amélioration de la fiabilité, de la prédiction de la durée de vie des composants et de la réduction globale des coûts. La sécurité demeure également une préoccupation majeure dans l'ensemble du secteur.

La complexité de ces défis technologiques peut être illustrée en considérant les différentes échelles impliquées, allant de plusieurs dizaines de mètres pour l'aéronef global à quelques microns comme pour la microstructure des pièces revêtues, illustré dans la Figure 1. Dans ce contexte, notre intérêt se portera particulièrement sur les moteurs et les diverses approches d'optimisation utilisées au sein de l'industrie aéronautique.

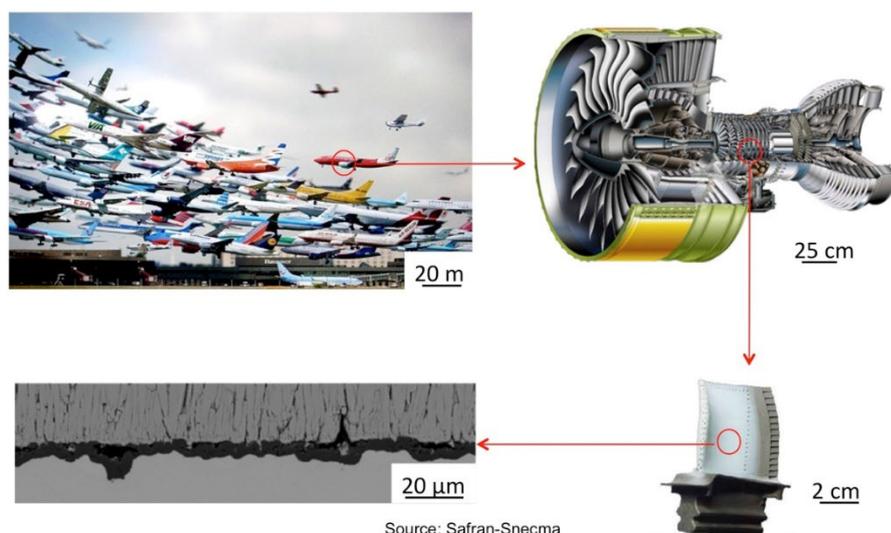


Fig. 1 : du mètre au micron

La prise de conscience croissante des risques liés au changement climatique nécessite une révision globale de la stratégie de conception aéronautique, tant sur le plan technique, avec des innovations telles que les moteurs à rotor ouvert et les moteurs à hydrogène, que sur celui des possibilités de transport dans un futur proche, incluant l'autonomie des aéronefs et la variabilité de leur taille.

OBJECTIFS ET ORGANISATION

L'objectif de ce MIG est d'explorer les aspects techniques et économiques liés à l'optimisation globale et à l'amélioration de la fiabilité des aéronefs et plus spécifiquement sur le turboréacteur utilisé dans l'aviation civile. Il faudra comprendre à la fois des technologies passées et des innovations techniques plus récentes changeant les paradigmes, ainsi que des évolutions dans l'utilisation de ces aéronefs. Nous nous pencherons en particulier sur les défis associés aux variations d'échelle, allant de l'échelle du laboratoire à celle des composants industriels. Notre étude se concentrera sur le processus de conception et de développement des composants de turbomachines développés par SAFRAN, en intégrant des approches expérimentales, ainsi que l'analyse et la modélisation de la durée de vie de ces composants.

Notre champ d'étude englobe également la gestion des risques, aussi bien du point de vue technique (assurer la fiabilité des composants) que du point de vue sociologique (comprendre l'acceptabilité des risques et l'impact environnemental). Nous examinerons les nouveaux défis qui se posent dans ce secteur, tant pour les aéronefs du futur (comme les avions électriques et hybrides) que pour les technologies de procédé émergentes.

Ce MIG se déroulera sur une période de 3 semaines consécutives, du lundi 20 novembre au vendredi 8 décembre 2023. La première semaine sera consacrée à l'acquisition des connaissances préalables, principalement par le biais de conférences, de visites d'entreprises, ainsi que par des discussions avec des experts industriels et institutionnels. Au cours des deux semaines suivantes, les participants seront chargés de mener des "mini-projets" visant à quantifier la complexité des défis et des problèmes étudiés, tout en proposant des solutions ou des axes de réflexion.

VISITES

Plusieurs visites sont prévues dans la 1^{ère} semaine du MIG. Nous commencerons par une visite à Safran Aircraft Engine (SAE) à Villaroche qui présentera les développements des moteurs Safran ainsi que le montage et banc d'essais pour la première journée. La deuxième journée sera au Bureau d'Enquêtes et d'Analyse (BEA) pour la sécurité de l'aviation avec visite du musée. La troisième journée se déroulera à Gennevilliers où nous visiterons les fonderie et PFX (fonderie expérimentale). Le site d'Ariane à Vernon sera

visité, nous verrons les bancs d'essais ainsi que les chaînes de montage et le musée expliquant l'évolution de l'aérospatiale. Nous finirons sur les visites à l'ONERA centre français de recherche de l'aérospatiale sur le site de Meudon.

MINI-PROJETS

Le travail sera organisé autour de 5 mini-projets menés par petits groupes de 5 à 6 élèves qui les amèneront à rassembler les différents éléments de la réflexion en vue d'une synthèse générale.

Mini-projet 1 : Performance énergétique des avions. L'amélioration de la performance énergétique des avions, constitue un axe essentiel de notre réflexion. Nous examinerons de près la manière dont les avions sont exploités et les solutions technologiques envisageables pour optimiser leur efficacité énergétique, notamment à l'approche du futur avec des concepts tels que l'open rotor, les moteurs hydrogène et hybride.

Mini-projet 2 : Endommagement des Barrière thermiques. Pour augmenter l'efficacité des moteurs, on cherche toujours à augmenter la température de combustion des gaz qui permet d'augmenter la détente et donc la poussée. Cependant, les matériaux au contact de ces températures ne peuvent pas résister à ces dernières. C'est pourquoi aujourd'hui de plus en plus de revêtements sont utilisés pour obtenir une barrière thermique mais qui amène de nouveaux endommagements. Ici il faudra étudier au travers de modèle locale et macroscopique la tenue de ces revêtements sur une aube qui subit des forts gradients de température.

Mini-projet 3 : Enjeux et ruptures dans les transports et l'aviation. Ce projet se présente sous l'aspect d'une étude bibliographique des différentes ruptures passées et à venir possible de l'aviation. Il faudra comprendre et mettre en avant les raisons sociales et économiques qui permettent d'expliquer ces dernières. Une analyse particulière sera faite sur les impacts environnementaux actuels ainsi que des données trouvées dans les médias.

Mini-projet 4 : Fretting fatigue des aubes. Le fonctionnement de l'avion entraîne des vibrations qui se répercutent sur l'assemblage et entraînent des endommagements. On retrouve ces vibrations dans les turboréacteurs au niveau des pieds d'aube. Ce mini projet propose une étude numérique des endommagements ainsi que quelques essais pour appréhender le phénomène de fretting.

Mini-projet 5 : Microstructure et fluage. Les disques de turbines des moteurs subissent de fortes contraintes dû aux forces centrifuges et aux gradients thermiques. L'objectif est ici de comprendre l'influence de la microstructure sur les contraintes et déformations du disque ainsi que ça tenu en fonction des sollicitations d'un point de vu numérique.

PROGRAMME PREVISIONNEL

Semaine 1

Lundi 20/11 Ecole Villaroche - SAE	- Présentation du MIG à l'école – Pierre ARNAUD - déplacement à Villaroche par RER D - Visite de SAE ainsi que conférence par François Gallet et visite du musée
Mardi 21/11 Bourget - BEA	- déplacement au Bourget par RER B - Visite du Bureau d'Enquêtes et d'Analyse des accidents aéronautiques au Bourget - Conférence de Christophe Menez - Visite guidé du musée du Bourget
Mercredi 22/11 Gennevilliers – SAE/PFX Saint-Jean-de-Maurienne	- Déplacement à Gennevilliers par trans J - visite de SAE - présentation de Ngadia Taha NIANE - Visite de PFX
Jedi 23/11 Vernon - Ariane	- déplacement à Vernon par TER - visite d'Ariane - présentation de Loïc Debeugny - visite du musée d'Ariane
Vendredi 24/11 Meudon – ONERA	- déplacement à Meudon par - visite du site de Meudon - présentation de Vincent Chiaruttini

Semaine 2

Lundi 27/11 Fontainebleau	- Déplacement au Centre des Matériaux Evry - présentation du laboratoire Jérôme Crépin - visite du laboratoire - présentation de la recherche autour de l'aéronautique par Vincent Maurel - Présentation des projets par les encadrants et débuts des projets
Mardi 28/11 CDM/ Ecole	Réalisation des mini-projets menés par groupes en parallèle. Compléments d'informations techniques et scientifiques par groupes de projet.
Mercredi 29/11 CDM/ Ecole	
Jeudi 30/11 CDM/ Ecole	
Vendredi 01/11 CDM/ Ecole	

Semaine 3

Lundi 04/12 CDM/ Ecole	Réalisation des mini-projets menés par groupes en parallèle. Compléments d'informations techniques et scientifiques par groupes de projet.
Mardi 05/12 CDM/ Ecole	
Mercredi 06/12 CDM/ Ecole	
Jeudi 07/12 CDM/ Ecole	Synthèse des mini-projets et restitution Rédaction du rapport final
Vendredi 08/12 Ecole	

CONTACT(S)**Pierre ARNAUD**

Centre des matériaux, UMR CNRS 7633
Mines Paris, Université PSL
63-65 rue Henri-Auguste Desbruères
91100 Corbeil-Essonnes
Tel : 01 60 76 30 58
E-mail : pierre.arnaud@minesparis.psl.eu

Vincent MAUREL

Centre des matériaux, UMR CNRS 7633
Mines Paris, Université PSL
63-65 rue Henri-Auguste Desbruères
91100 Corbeil-Essonnes
E-mail : vincent.maurel@minesparis.psl.eu