

Stage de Master 2

Vectorisation d'une paire de jets - Application compresseur axial

Etude numérique

Le transport aérien est un contributeur significatif au dérèglement climatique, que ce soit via ses émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre ou via d'autres mécanismes géophysiques. Comme dans tous les secteurs industriels, plusieurs leviers devront être activés afin de rendre cette activité soutenable et compatible avec les différents scénarios de transition « Net Zero ». Coupler sobriété (i.e. diminution du volume de transport) et efficacité est ainsi indispensable.

C'est particulièrement vrai pour les voyages longs courriers, où l'électrification apparaît aujourd'hui impossible, du fait des limitations en termes d'énergie spécifique du stockage, les systèmes à hydrogène buttant quant à eux sur la densité énergétique. La prochaine génération d'appareils longue distance reposera ainsi vraisemblablement sur des moteurs à architecture interne thermique (ex. Fig.1), utilisant des carburants liquides mais issus de sources différentes et notamment synthétiques. De part la complexité et la gourmandise énergétique des procédés de fabrication mis en jeu, on peut s'attendre à un coût et une rareté importante de cette ressource, rendant ainsi cruciale l'amélioration continue de la technologie des moteurs actuels.

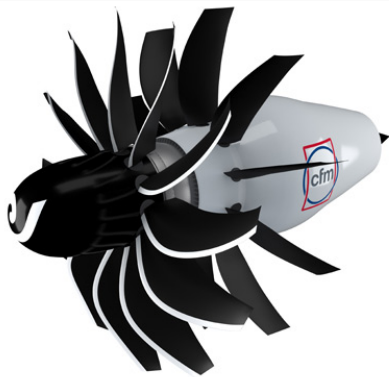


Fig. 1 CFM Rise - Nouvelle génération de moteur.

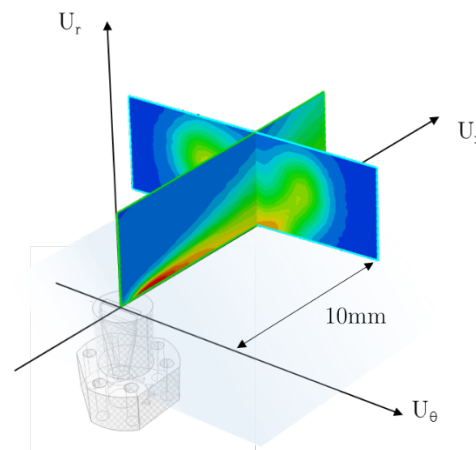


Fig. 2 Exemple de soufflage sur étage de compression.

Le contrôle d'écoulements est une méthode possible pour repousser les limites des technologies actuelles. Appliqué au compresseur des turboréacteurs, ces méthodes peuvent potentiellement déboucher sur des gains significatifs en rendement via une augmentation des taux de compression atteignable par étage tout en garantissant une stabilité de fonctionnement. Les stratégies possibles sont diverses et variées, que ce soit via différents traitements au carter ou encore via des dispositifs de soufflage actif (Fig. 2) qui sont étudiés par la communauté scientifique dont notre laboratoire depuis plusieurs années. L'efficacité de ces méthodes est d'ores et déjà démontrée, avec des augmentations significatives de la marge au pompage mais aussi un bilan énergétique positif. La montée en maturité de ces méthodes nécessite de les rendre adaptables au point de fonctionnement, ce qui en pratique revient, en autres, à pouvoir piloter l'angle de soufflage des jets. L'objet de ce stage est d'étudier la possibilité de réaliser ceci de manière fluide par vectorisation.

Description des tâches :

- Mise à jour de la bibliographie.
- **Prise en main des cas test numériques.**
- **Réalisation des simulations.**
- Post – traitement des résultats.
- Contribution à la rédaction d'un article scientifique.

Compétences et connaissances attendues :

- Connaissances en mécanique des fluides.
- **Appétence pour la CFD, la connaissance d'OpenFOAM est un plus.**
- Rigueur et autonomie.
- Curiosité scientifique et esprit d'initiative.

Autres informations :

- Travaux effectués à l'ENSAM Lille.
- Durée 6 mois, fin au plus tard juillet 2024.
- Gratification suivant les textes en vigueur (environ 550 €/mois).
- Stage soumis à l'obtention d'autorisation d'accès en Zone à Régime Restrictif (ZRR).

Contacts :

- Pierric Joseph : pierric.joseph@ensam.eu
- Francesco Romano : francesco.romano@ensam.eu

Références :

Margalida, G., Joseph, P., Roussette, O., & Dazin, A. (2021). Active flow control in an axial compressor for stability improvement: on the effect of flow control on stall inception. *Experiments in Fluids*, 62(1). <https://doi.org/10.1007/s00348-020-03104-4>

El Mokkaem, O., Chen, X., Phan, C., Delva, J., Joseph, P., Dazin, A., & Romano, F. (2023). Small-width wall-attached Coandă jets for flow control. *Flow*, 3(E17). <https://doi.org/10.1017/flo.2023.9>

Jankee, G. K., & Ganapathisubramani, B. (2021). Interaction and vectoring of parallel rectangular twin jets in a turbulent boundary layer. *Physical Review Fluids*, 6(4). <https://doi.org/10.1103/physrevfluids.6.044701>

Master Thesis

Twin jets vectoring - Axial compressor application

CFD study

Air transport is a significant contributor to climate change, whether via its direct and indirect greenhouse gas emissions or via other geophysical mechanisms. As in all industrial sectors, several levers will have to be activated in order to make this activity sustainable and compatible with the different “Net Zero” transition scenarios. Combining sobriety (i.e. reduction in transport volume) and efficiency is therefore essential.

This is particularly true for long-haul travel, where electrification appears impossible today, due to limitations in terms of specific energy. Hydrogen systems are also struggling with energy density issues. The next generation of long-distance aircraft will therefore likely be based on engines with thermal architecture (e.g. Fig.1), using liquid fuels but from different sources, particularly synthetic ones. Due to the complexity and energy consumption of the manufacturing processes involved, we can expect a significant cost and scarcity of this resource, thus making the continuous improvement of current engine technology crucial.

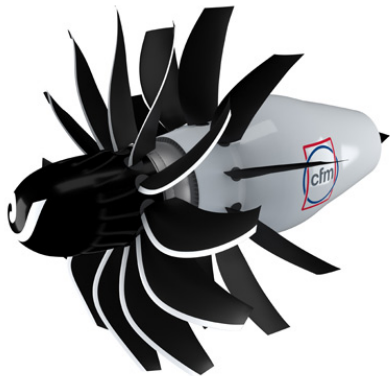


Fig. 1 CFM Rise - New generation engine.

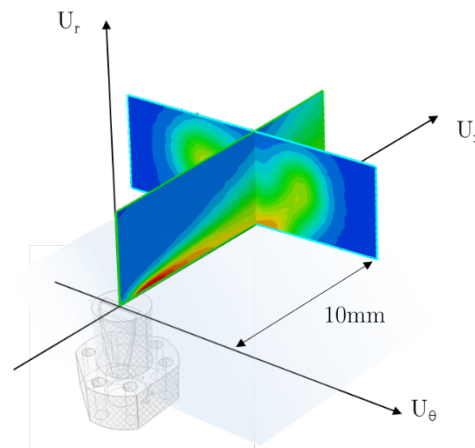


Fig. 2 Example of control device.

Flow control is a possible method to push the limits of current technologies. Applied to axial compressors equipping aircraft engines, these methods can potentially lead to significant gains in efficiency via an increase in compression ratios achievable per stage while guaranteeing operating stability. The possible strategies are diverse and varied, whether via casing treatments or via active blowing devices (Fig. 2) which have been studied by the scientific community including our laboratory for several years. The effectiveness of these methods has already been demonstrated, with significant increases in the surge margin but also a positive energy balance. The rise in maturity of these methods requires making them adaptable to the compressor operating point, which in practice means, among other things, being able to control the blowing angle of the jets. The purpose of this internship is to study the possibility of achieving this in a fluid manner by vectorization.

Description of the work:

- Update of the bibliography.
- Setting of the numerical setup.
- Performing simulations for various test cases.
- Post treatment of the results.
- Contribution to the writing of a scientific paper.

Expected skills and knowledge of the candidate:

- Knowledge in fluids mechanics.
- Interests for numerical simulations, knowledge of OpenFOAM appreciated.
- Rigor and autonomy.
- Scientific curiosity and initiative.

Other information:

- Localization of the internship: ENSAM Lille.
- 6 months duration, with an end in July 2024 at the latest.
- Gratification according to current administrative rules (approximately 550 €/months).
- Internship subject to obtaining authorization for access to a Restrictive Regime Zone (ZRR).

Contacts:

- Pierric Joseph : pierric.joseph@ensam.eu
- Francesco Romanò : francesco.romano@ensam.eu

References:

Margalida, G., Joseph, P., Roussette, O., & Dazin, A. (2021). Active flow control in an axial compressor for stability improvement: on the effect of flow control on stall inception. *Experiments in Fluids*, 62(1). <https://doi.org/10.1007/s00348-020-03104-4>

El Mokkaïdem, O., Chen, X., Phan, C., Delva, J., Joseph, P., Dazin, A., & Romanò, F. (2023). Small-width wall-attached Coandă jets for flow control. *Flow*, 3(E17). <https://doi.org/10.1017/flo.2023.9>

Jankee, G. K., & Ganapathisubramani, B. (2021). Interaction and vectoring of parallel rectangular twin jets in a turbulent boundary layer. *Physical Review Fluids*, 6(4). <https://doi.org/10.1103/physrevfluids.6.044701>