



I N V I T A T I O N

Fully Coupled Analysis of a Conceptual Blended Wing Body Aircraft with Ultra High Bypass Ratio Engine Installation Effects.

Analyse couplée d'une configuration d'aile volante avec intégration de moteurs à très haut taux de dilution.

Soutenance de thèse – Brendan COYLE

Vendredi 24 janvier 2025 à 14H00

En présentiel : ISAE SupAero, Toulouse - Salle de Thèse

En distanciel : <https://isae-supero-fr.zoom.us/j/93441371463?pwd=mhEo1xh0ZvKoOHFoLSP9lnqF2tpi4J.1>

Devant le jury composé de :

- **Directeur de Thèse :**
 - Nicolas Gourdain, Directeur de recherche, ISAE-Supaero, Toulouse
- **Encadrants de Thèse :**
 - Marco Carini, Ingénieur de recherche, ONERA, Meudon
 - Guillaume Dufour, Maître de conférences, ISAE-Supaero, Toulouse
- **Rapporteurs :**
 - Georg Eitelberg, Professor, TU Delft
 - David MacManus, Professor, Cranfield University
- **Examineur :**
 - Cyril Bonnaud, Expert en Aérodynamique, Airbus SAS
- **Invité :**
 - Ludovic Wiart, Expert en intégration motrice, Safran Tech

Abstract / Résumé :

Within the context of the environmental and economic constraints framing and driving the development of next generation aircraft, it has been broadly accepted that a departure from current designs is necessary to both significantly reduce aircraft emissions and cater for increasing passenger and freight capacity demands. One such design that has the potential to meet these requirements is the Blended Wing Body (BWB), while additional performance improvement can be achieved using the proposed next generation of Ultra High Bypass Ratio (UHBR) turbofans. Combining the two could lead to a very interesting aeropropulsive benefit but requires CFD analysis to establish whether the potential gains are greater than any installation penalties. An interesting focus for such a study are short and medium range (SMR) aircraft that cater for between 110 and 180 passengers. Such missions account for roughly 40% of the aviation sector's emissions, however, the literature focusing on SMR BWB aircraft is very limited, with studies presented primarily for long-haul, higher capacity aircraft. In this context, the current thesis presents a first-of-its-kind, fully coupled aeropropulsive analysis of an SMR BWB with installed UHBR engines, placing the primary research focus on Boundary Layer Ingestion (BLI). This latter case poses significant challenges both from a methodological and design point of view. These challenges are discussed and a suitable propulsion and post-processing methodology is presented and validated. The propulsion model used is the Body Force Method, specifically a simplified version of the Hall-Thollet model that includes a compressibility correction. The postprocessing method selected is the exergy approach developed by Artzn for the analysis of CFD simulations. These results are compared to farfield drag analysis results using the method developed by Van der Vooren and Destarac. In order to explore the potential performance improvement associated with BLI, two installation options are assessed. The first is a Podded configuration, while the second is a highly coupled BLI configuration. The comparison of BLI vs Podded engine installations in terms of aeropropulsive performance is investigated first. Further analyses are then presented that focus on the impact of nacelle spanwise installation location. Finally, the trade-off associated with lower FPR/larger nacelle designs is explored. The work quantifies for the first time the overall impact of BLI engine integration on an SMR BWB concept using high-fidelity simulations, as well as the underlying phenomenological aspects driving performance. The obtained results offer insight into the benefits and limitations for such configurations on SMR missions.

Dans le contexte des contraintes environnementales et économiques qui encadrent et stimulent le développement des avions de nouvelle génération, il est largement admis qu'il est nécessaire de s'éloigner des conceptions actuelles pour réduire considérablement les émissions des avions et répondre aux demandes croissantes de capacité de transport de passagers et de fret. L'une de ces conceptions qui a le potentiel de répondre à ces exigences est l'avion de type aile volante (Blended Wing Body, BWB), tandis qu'une amélioration supplémentaire des performances peut être obtenue en utilisant la prochaine génération de turboréacteurs à très haut taux de dilution (Ultra High Bypass Ratio, UHBR). La combinaison des deux pourrait conduire à un avantage aéropropulsif très

intéressant, mais une analyse CFD est nécessaire pour établir si les gains potentiels sont supérieurs aux pénalités d'installation. Un objectif intéressant pour une telle étude est les avions à court et moyen rayon d'action (Short-Medium Range, SMR) qui peuvent accueillir entre 110 et 180 passagers. Ces missions représentent environ 40 % des émissions du secteur de l'aviation, mais la littérature consacrée aux avions BWB pour ces missions est très limitée. Dans ce contexte, la thèse actuelle présente une première analyse aéropropulsive entièrement couplée d'un BWB SMR avec des moteurs UHBR installés, mettant l'accent principal de la recherche sur l'ingestion de couche limite (BLI). Ce dernier cas pose des défis importants tant d'un point de vue méthodologique que de conception. Ces défis sont discutés et une méthodologie de propulsion et de post-traitement appropriée est présentée et validée. Le modèle de propulsion utilisé est la méthode des termes sources (Body Force Method, BFM), en particulier une version simplifiée du modèle Hall-Thollet qui inclut une correction de compressibilité. La méthode de post-traitement sélectionnée est l'approche exergetique développée par Artz pour l'analyse des simulations CFD. Ces résultats sont comparés aux résultats de l'analyse de traînée du champ lointain en utilisant l'approche de Van der Vooren et Destarac. Afin d'explorer l'amélioration potentielle des performances associée à la BLI, deux options d'installation sont évaluées. La première est une configuration sur mât, tandis que la seconde est une configuration BLI fortement couplée. La comparaison des installations de moteurs BLI et sur mât en termes de performances aéropropulsives est d'abord étudiée. D'autres analyses sont ensuite présentées, qui se concentrent sur l'impact de l'emplacement de la nacelle dans l'envergure. Enfin, le compromis associé à un FPR plus faible/ une nacelle plus grande est exploré. Le travail quantifie pour la première fois l'impact global de l'intégration du moteur BLI sur un concept BWB SMR à l'aide de simulations haute fidélité, ainsi que les aspects phénoménologiques sous-jacents qui déterminent les performances. Les résultats obtenus offrent un aperçu des avantages et des limites de telles configurations sur les missions SMR.

Key words / Mots clés :

Short-Medium Range (SMR) Aircraft, Blended Wing Body (BWB), Boundary Layer Ingestion (BLI), Engine Integration, Source Terms, Body Force Method (BFM), Ultra-High Bypass Ratio (UHBR).

Avion moyen-courrier, aile volante, ingestion couche limite, intégration motrice, méthode force de volume, moteur à très haut taux de dilution.