
Aerodynamic study of the high-pressure collector in a compressor test bench. BeCover

Auteur : Marc--Landouar, Tom

Promoteur(s) : Hillewaert, Koen

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Cours supplémentaires destinés aux étudiants d'échange (Erasmus, ...)

Année académique : 2025-2026

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/25614>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

FACULTY OF APPLIED SCIENCES



Aerodynamic Study of the High-Pressure Collector In a Compressor Test Bench

*Master thesis carried out as part of a student exchange program
at the University of Liège*

Author :
Tom MARC-LANDOUAR

Supervisor :
Pr. Koen HILLEWAERT

Academic Year 2025-2026

Abstract

The BeCOVER test bench is a strategic infrastructure designed for the validation of next-generation aviation compressors. A critical component of this facility is the high-pressure collector, which regulates mass flow through calibrated multi-hole diaphragm restrictors and manages high-temperature exhaust via an annular ejector. However, spatial constraints dictate the installation of an elbow immediately upstream of the restrictors, violating standard analytical norms. Furthermore, to support the facility's high-pressure upgrade, the system must safely dilute hot primary air with ambient secondary air before atmospheric discharge.

This thesis presents a comprehensive Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis using the SU2 solver to characterize the aerodynamic penalties of the installation and evaluate the thermal mixing efficiency across various operating points. The investigation is divided into two phases. First, the upstream elbow is shown to generate strong Dean vortices and flow distortion, inducing a systematic reduction in the discharge coefficient across the choked operational range. By normalizing the data using the Saint-Venant reduced mass flow, this penalty is proven to be a purely geometric and inertial phenomenon, independent of thermal conditions.

Second, the full system analysis reveals that the momentum-driven secondary suction forms a uniform protective fluid shield, isolating the divergent walls from the hot primary core. The ejector enters a stable, saturated regime at high inlet pressures. Under high-temperature conditions, a minor thermal degradation in corrected suction efficiency is observed due to severe density gradients. Nevertheless, the exhaust line secures high thermal homogenization, successfully dropping peak temperatures to structurally safe limits. Ultimately, the enthalpy balance demonstrates that the cooling process is pressure-independent on the saturated plateau. The system acts as a self-regulating mechanism, formalized through the development of continuous operational maps to provide operators with safe, real-time monitoring capabilities.

Résumé

Le banc d'essai BeCOVER est une infrastructure stratégique conçue pour la validation de la nouvelle génération de compresseurs aéronautiques. Un composant critique de cette installation est le collecteur haute pression, qui régule le débit massique via des diaphragmes restrictifs multi-trous calibrés et gère les rejets à haute température grâce à un éjecteur annulaire. Cependant, des contraintes d'encombrement imposent l'installation d'un coude immédiatement en amont des restrictifs, dérogeant aux normes analytiques standards. De plus, pour supporter la montée en pression de l'installation, le système doit diluer l'air primaire chaud avec de l'air secondaire ambiant de manière sécurisée avant le rejet atmosphérique.

Ce travail présente une analyse détaillée en mécanique des fluides numérique (CFD) avec le solveur SU2, visant à caractériser les pénalités aérodynamiques de l'installation et à évaluer l'efficacité du mélange thermique sur diverses conditions opératoires. L'étude s'articule en deux phases. Premièrement, il est démontré que le coude en amont génère de puissants vortex de Dean et une distorsion de l'écoulement, induisant une réduction systématique du coefficient de décharge sur toute la plage de fonctionnement amorcée. En normalisant les données via le débit massique réduit, il est prouvé que cette pénalité est un phénomène purement géométrique et inertiel, indépendant des conditions thermiques.

Deuxièmement, l'analyse du système complet révèle que l'aspiration secondaire, entraînée par la quantité de mouvement, forme un bouclier fluide protecteur uniforme isolant les parois du divergent du cœur primaire chaud. L'éjecteur atteint un régime stable et saturé aux hautes pressions d'entrée. À haute température, une légère dégradation thermique de l'efficacité d'aspiration corrigée est observée en raison des forts gradients de densité. Néanmoins, la ligne d'échappement assure une excellente homogénéisation thermique, parvenant à abaisser les pics de température à des niveaux structurellement sûrs. Finalement, le bilan d'enthalpie démontre que le processus de refroidissement est indépendant de la pression sur le plateau saturé. Le système agit comme un mécanisme auto-régulateur, formalisé par le développement de cartographies opérationnelles continues permettant aux opérateurs un suivi fiable et en temps réel.