

**Master thesis and internship[BR]- Master's thesis : Hair dryer aero-acoustic study and passive solutions for noise reduction.[BR]- Integration Internship**

**Auteur** : Lahaye, Lucile

**Promoteur(s)** : Terrapon, Vincent

**Faculté** : Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme** : Master en ingénieur civil en aérospatiale, à finalité spécialisée en "aerospace engineering"

**Année académique** : 2021-2022

**URI/URL** : <http://hdl.handle.net/2268.2/14383>

---

*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.*

---

# Hair dryer aero-acoustic study and passive solutions for noise reduction

Lucile Lahaye

Academic supervisor: Prof. Vincent Terrapon  
Internship supervisor: Ir. Marie Bilterijs  
Master in Aerospace Engineering  
Faculty of Applied Sciences, University of Liège  
Academic year 2021-2022

## Abstract

Fan engines are widely used in the aeronautical industry especially for ventilation applications. However, this component generates a lot of flow-induced noise that has to be reduced to not alter the comfort of the users. In this context, this master thesis has been proposed by GDTech Engineering at the request of BaByliss in order to study the propagation of aero-acoustic sources in a hair dryer and to find solutions for noise attenuation.

To do so, a preliminary study of a point source propagation inside a rigid cylinder is carried out. This set-up makes it possible to tame the ACTRAN software through the highlight of resonance phenomenon and the analysis of propagation modes. From parameters influence studies, it is shown that only the internal cylinder of the geometry is important, indicating that the whole hair dryer study can be realised on a simple cylinder.

Lighthill analogy is then implemented based on computational fluid dynamic results for the engine inside the cylinder. The ICFD module is used to obtain the aero-acoustic surface and volume sources of noise. On one hand, the surface results show dipole distributions as a consequence of rotor-stator interaction at the harmonics of the rotor rotation speed and on the other hand, volume source linked to turbulence effects are especially marked at the blade passing frequency. The resulting sound pressure level is therefore important at all the rotor rotation speed frequency harmonics. However, these results are biased by an important numerical error.

The main objective is then to passively attenuate these peaks. Four methods are implemented based on absorbers and metamaterials. It is shown that adding a porous lining in the hair dryer casing can create a broad attenuation at high frequencies. Micro-perforated panels are also designed at the blade passing frequency but these present poorer performance. The combination of both, *i.e.* micro-perforated panels backed by a porous material, is the most efficient solution in the present case, creating a broad attenuation even more significant at the blade passing frequency. Finally, a helical metamaterial is presented to attenuate a specific lower frequency. Even if one design is shown to be satisfying, the limitations of this solution are highlighted.

## Résumé

Les moteurs électriques sont largement utilisés dans l'industrie aéronautique, notamment pour les applications de ventilation. Cependant, ce composant génère beaucoup de bruit induit par l'écoulement qui doit être réduit pour ne pas altérer le confort des utilisateurs. Dans ce contexte, cette thèse de master a été proposée par GDTech Engineering à la demande de BaByliss afin d'étudier la propagation des sources aéro-acoustiques dans un sèche-cheveux et de trouver des solutions pour réduire le bruit généré.

Pour ce faire, une étude préliminaire de la propagation d'une source ponctuelle à l'intérieur d'un cylindre rigide est réalisée. Ce test permet d'apprivoiser le logiciel ACTRAN à travers la mise en évidence du phénomène de résonance et l'analyse des modes de propagation. A partir d'études de paramètres d'influence, il est montré que seul le rayon interne de la géométrie est important, ce qui indique que toute l'étude du sèche-cheveux peut être réalisée sur un simple cylindre.

L'analogie de Lighthill est ensuite mise en œuvre sur base de résultats numériques d'études de mécanique des fluides pour le moteur à l'intérieur du cylindre. Le module ICFD est utilisé pour obtenir les sources aéro-acoustiques surfaciques et volumiques. D'une part, les résultats de surface montrent des distributions dipolaires résultantes de l'interaction rotor-stator aux harmoniques de la vitesse de rotation du rotor et d'autre part, les sources volumiques liées aux effets de turbulence sont particulièrement marquées à la fréquence de passage des pales. Le niveau de pression acoustique résultant est donc important à toutes les harmoniques de la fréquence correspondant à la vitesse de rotation du rotor. Cependant, ces résultats sont biaisés par une erreur numérique importante.

L'objectif principal est alors d'atténuer passivement ces pics. Quatre méthodes sont testées, basées sur des absorbeurs et des métamatériaux. Il est montré que l'ajout d'un revêtement poreux dans la coque interne du sèche-cheveux peut créer une large atténuation à haute fréquence. Des panneaux microperforés sont également conçus à la fréquence de passage des pales, mais ils présentent de moins bonnes performances. La combinaison des deux, c'est-à-dire des panneaux microperforés doublés d'un matériau poreux, est la solution la plus efficace dans le cas présent, créant une large atténuation encore plus importante à la fréquence de passage des pales. Enfin, un métamatériau hélicoïdal est présenté pour atténuer une fréquence spécifique qui est plus basse. Même si un design s'avère satisfaisant, les limites de cette solution sont mises en évidence.