

Contributions à la caractérisation expérimentale du rayonnement acoustique d'un fan de turboréacteur

Encadrement ECL : Christophe Bailly (Pr ECL, directeur de thèse) & Antonio Pereira (IR)

Encadrement Safran Aircraft Engines : Josselin Régnard

Financement : chaire ANR ARENA

(Aéroacoustique des nouvelles architectures de moteur en aéronautique)

Contact : christophe.bailly@ec-lyon.fr

Site web : <http://acoustique.ec-lyon.fr>

Le bruit généré par une soufflante de turboréacteur représente maintenant une grande partie du bruit total émis par un avion. Les nouvelles conceptions de moteurs à forts taux de dilution tendent à davantage augmenter cette contribution. Cela est dû en partie à l'augmentation du diamètre de la soufflante, accompagnée d'une réduction de la vitesse de rotation du rotor et du raccourcissement de la nacelle. Des nouvelles technologies de traitement acoustique ainsi que la modification des éléments structurels tels que les pales du rotor et les aubes du redresseur sont des solutions actuellement étudiées pour réduire le bruit.

La validation de ces nouvelles technologies par des essais à échelle réduite, mais en environnement contrôlé, est une étape cruciale. Cette tâche devient très complexe lorsque une modification locale (par exemple sur le bord d'attaque des aubes du redresseur) est testée dans les conditions réelles de fonctionnement de la soufflante. Il est en effet connu que les mécanismes de génération de bruit sont multiples, mentionnons entre autres le bruit d'interaction rotor-stator, le bruit associé au rotor, et le bruit d'interaction entre la couche limite turbulente et le rotor. L'évaluation du gain effectif en réduction du bruit d'une technologie peut donc être fortement masqué par d'autres mécanismes physiques, qui ne sont pas nécessairement liés à la modification apportée.

Il existe donc un réel intérêt dans la discrimination des différentes composantes du bruit rayonné par l'étage rotor/stator d'une soufflante. C'est l'un des objectifs de ce travail de recherche : mesurer le champ acoustique global émis par une machine tournante et pouvoir en extraire la contribution de chaque sous-composant. La mesure du bruit de chaque composant pris séparément fait partie des approches déjà utilisées,⁴⁻⁶ et est brièvement illustrée sur la figure 1. La difficulté de mise en oeuvre expérimentale et le coût associé à la multiplication des mesures pour isoler chaque sous-composant sont de très forts inconvénients de cette démarche.

Différentes approches seront à explorer pour l'identification de la contribution de chaque composante du bruit associée à l'étage rotor/stator. On mentionne par exemple :

- l'utilisation de capteurs de référence à proximité de chaque mécanisme de génération de bruit, en notant que des grandeurs physiques variées pourront être considérées ;

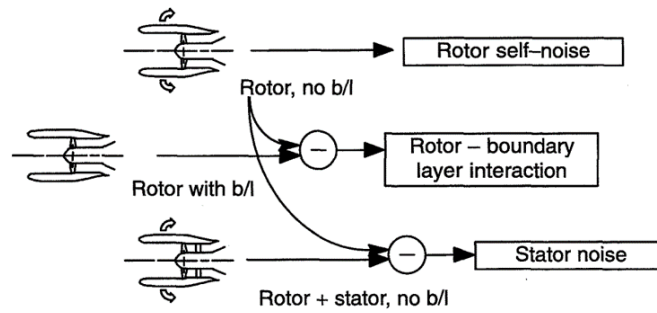


FIGURE 1 – Exemple de protocole expérimental pour l’extraction du bruit associé à différents sous-composants d’une machine tournante, tiré de Ganz *et al.*⁴

- l’exploitation des simulations numériques actuelles afin de bien isoler chaque mécanisme, et l’utilisation des théories récentes en apprentissage de dictionnaire pour trouver des bases de représentation optimisées pour chaque phénomène ;
- dans une optique de traitement du signal, l’identification des propriétés statistiques liées aux différents mécanismes pourrait aussi faciliter leur séparation. En particulier, l’exploitation des différents ordres de cyclo-stationnarité⁷ permet déjà la séparation entre les parties déterministes et aléatoires d’un signal issu d’une machine tournante.

Le deuxième axe de recherche de cette thèse portera sur la caractérisation expérimentale du rayonnement acoustique d’un fan. On revisitera d’une part la problématique de l’estimation du contenu modal à l’intérieur de la soufflante à partir de mesures externes disponibles.^{1,2,8} On s’intéressera d’autre part à la prédiction du rayonnement acoustique en champ lointain associé à chaque mécanisme mentionné plus haut, en extrapolant le champ acoustique mesuré à l’intérieur de la soufflante vers l’extérieur. Le défi de cette partie par rapport à l’état de l’art étant la prise en compte à la fois de l’écoulement ainsi que des géométries de nacelle réalistes. Pour cela, on s’appuyera sur des modèles de rayonnement analytiques, mais aussi sur des modèles numériques pour prendre en compte des manches d’entrée d’air spécifiques.

Les différentes méthodes discutées pourront *in fine* être testées sur une installation modulaire (banc LP3, voir site web du groupe Acoustique), avant d’être mises en œuvre sur le banc ECL-B3, voir la figure 2.

Le candidat devra posséder des compétences en modélisation, à la fois analytique et numérique. Pour la partie numérique,^{3,10} l’utilisation de logiciels commerciaux basés sur des éléments finis (par exemple le logiciel ACTRAN) sera privilégiée. Des connaissances en traitement du signal avancé et dans la résolution de problèmes inverses seront également utilisées.

Références

- ¹ Castres, F.O. & Joseph, P.F., 2007, Experimental investigation of an inversion technique for the determination of broadband duct mode amplitudes by the use of near-field sensor arrays, *J. Acoust. Soc. Am.*, **122**(2), 848–859.
- ² Castres, F.O. & Joseph, P.F., 2007, Mode detection in turbofan inlets from near field sensor arrays, *J. Acoust. Soc. Am.*, **121**(2), 796–807

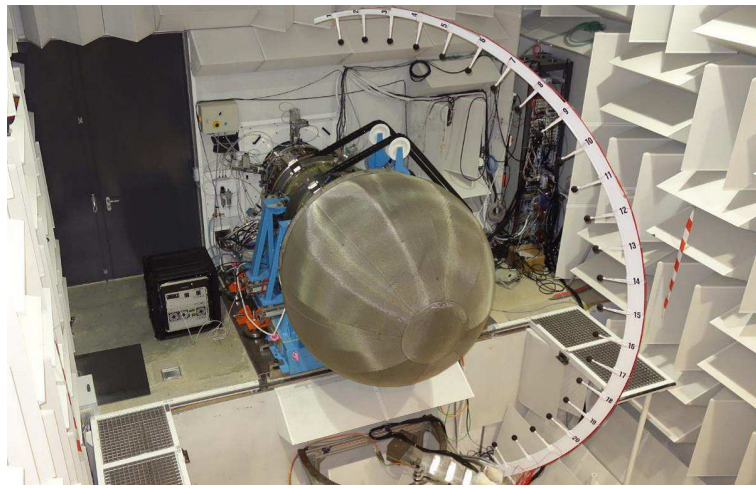


FIGURE 2 – Vue de la TCS (Turbulence Control Screen) et de l’antenne microphonique pour la mesure de la directivité dans la chambre anéchoïque du banc ECL-B3 à l’Ecole Centrale de Lyon.

- ³ Gabard, G., Bériot, H., Prinn, A.G. & Kucukcoskun, K., 2016, An adaptive, high-order finite-element method for aeroengine acoustics, *AIAA Paper 2016-2970*, 1–18.
- ⁴ Ganz, U.W., Joppa, P.D., Patten, J.T. & Scharpf, D.F., 1998, Boeing 18-Inch Fan Rig Broadband Noise Test, NASA CR-1998-208704.
- ⁵ Ganz, U.W., Glegg, A.L. & Joppa, P., 1998, Measurement and prediction of broadband fan noise, *AIAA Paper 98-2316*, 675–687.
- ⁶ Ganz, U.W., 1999, Experimental investigation of the unsteady flow characteristics in the Boeing 18 inch fan rig, *AIAA Paper 99-1886*, pp. 598–612.
- ⁷ Jurdic, V., Joseph, P. & Antoni, J., 2009, Investigation of rotor wake turbulence through cyclostationarity spectral analysis, *AIAA Journal*, 47(9), 2022–2030.
- ⁸ Lewy, S. 2005, Inverse method predicting spinning modes radiated by a ducted fan from free-field measurements, *J. Acoust. Soc. Am.*, 117(2), 744–750
- ⁹ Nesbitt, E.H., Ganz, U.W., Diamond, J.A. & Kosanchick III, M., 1998, An empirical prediction of inlet radiated broadband noise from full scale engines, *AIAA Paper 98-0470*, 1–10.
- ¹⁰ Prinn, A.G., 2014, Efficient finite element methods for aircraft engine noise prediction, PhD thesis, University of Southampton.