

---

# **Design and Operation of Aeroacoustic Wind Tunnel Tests for Ground and Air Transport**

## **(STO-EN-AVT-287)**

### **Executive Summary**

The AVT-287 on “Design and Operation of Aeroacoustic Wind Tunnel Tests for Ground and Air Transport” was held at the von Kármán institute for Fluid Dynamics in Belgium from May 22 to 24, 2017. The Lecture Series Directors were Prof. Christophe Schram from the von Kármán Institute for Fluid Dynamics, and Prof. Michel Roger of the Ecole Centrale de Lyon.

This Lecture Series supported by STO gathered and presented in a didactic way the know-how developed over the past decade about the design and operation of aero-acoustic experiments. The objective was to develop an unprecedented course material, covering the fundamentals of aeroacoustics, best practices and design guidelines for the mock-up itself, the instrumentation, and processing including corrections enabling correlation with numerical or analytical models. The targeted application fields are ground transportation (essentially automotive) and aeronautical applications.

The course was organized in 3 days and was followed by 17 participants and 11 lecturers from 12 countries (Belgium, Brazil, Canada, Germany, Denmark, Spain, France, Italy, Republic of Korea, Netherlands, Sweden and the United States).

The first day was devoted to an introduction of the fundamental concepts of acoustics and aeroacoustics, with a focus on the specific difficulties that are associated with the measurement of small acoustic perturbations compared to aerodynamic quantities. The respective merits and drawbacks of closed vs. open wind tunnels were discussed, in terms of background noise, installation effects and corrections to bring to the measurements. To conclude that day, the principles of acoustic beamforming were presented through a review of the main algorithms (sum and delay, DAMAS, CLEAN(-SC)), applied to a common synthetic signals database.

The second day deepened the discussion of source localization techniques with the presentation of advanced beamforming techniques including Generalized Inverse Beamforming and Bayesian approaches. The remaining of the day was focused on large wind tunnel technologies, including advanced concepts such as hybrid aeroacoustic tunnels implementing Kevlar screens, and the recent progress made in the design of modern automotive aeroacoustic wind tunnels.

The third day was the occasion to present another type of aeroacoustic measurements, performed in smaller ducted test sections. The lectures highlighted some recently developed techniques for the multi-port modal identification of the acoustic field in a ducted system, permitting to either extract the noise that is emitted by an unknown source, or to reduce the acoustic properties of an unknown liner. The day concluded by some application cases of industrial relevance for the aeronautical and automotive sectors.

# Conception et réalisation d'essais en soufflerie aéroacoustique de systèmes de transport terrestre et aérien (STO-EN-AVT-287)

## Synthèse

L'AVT-287 intitulé « Conception et réalisation d'essais en soufflerie aéroacoustique de systèmes de transport terrestre et aérien » s'est tenu à l'Institut von Kármán de dynamique des fluides du 22 au 24 mai 2017. Les directeurs de la série de conférences étaient le Pr Christophe Schram de l'Institut von Kármán de dynamique des fluides et le Pr Michel Roger de l'École centrale de Lyon.

Cette série de conférences soutenues par la STO a réuni et présenté de manière didactique le savoir-faire développé au cours de la décennie écoulée sur la conception et la réalisation d'expériences aéroacoustiques. L'objectif était de développer un outil de formation sans précédent, couvrant les fondamentaux de l'aéroacoustique, les meilleures pratiques et les directives de conception pour la maquette en soi, l'instrumentation et le traitement, y compris les corrections permettant la corrélation avec des modèles numériques ou analytiques. Les champs d'application visés étaient le transport terrestre (essentiellement automobile) et les applications aéronautiques.

La formation se déroulait sur trois jours et a accueilli 17 participants et 11 conférenciers de 12 pays (Belgique, Brésil, Canada, Allemagne, Danemark, Espagne, France, Italie, Corée du Sud, Pays-Bas, Suède et Etats-Unis).

Le premier jour a été consacré à l'introduction des concepts fondamentaux de l'acoustique et de l'aéroacoustique, l'accent étant mis sur les difficultés propres à la mesure des petites perturbations acoustiques comparées aux quantités aérodynamiques. Les mérites et inconvénients respectifs des souffleries fermées et ouvertes ont été discutés, en termes de bruit de fond, d'effets de l'installation et de corrections à apporter aux mesures. En fin de journée, les principes de la formation de faisceaux acoustiques ont été présentés par le biais d'une revue des principaux algorithmes (*sum and delay*, DAMAS, CLEAN(-SC)), appliqués à une base de données commune des signaux synthétiques.

Le deuxième jour a permis d'approfondir la discussion sur les techniques de localisation de la source, avec la présentation de techniques perfectionnées de formation de faisceaux incluant la formation de faisceaux inverse généralisée et les approches bayésiennes. Le reste de la journée s'est concentré sur les technologies des grandes souffleries, notamment les concepts poussés tels que les souffleries aéroacoustiques hybrides utilisant des écrans en Kevlar et les progrès récents effectués dans la conception des souffleries aéroacoustiques automobiles modernes.

Le troisième jour a été l'occasion de présenter un autre type de mesures aéroacoustiques, réalisées dans des veines d'essai de plus petit diamètre. Les conférences ont mis en lumière quelques techniques récemment mises au point pour l'identification modale multivoie du champ acoustique dans un système caréné, permettant soit d'extraire le bruit émis par une source inconnue, soit de mettre à jour les propriétés acoustiques d'un revêtement inconnu. La journée s'est achevée sur quelques cas d'application pertinents pour les industries aéronautiques et automobiles.