

Appel A Projets III : formulaire de candidature

Nom du correspondant: Pinhède Cédric

Nom du projet: Dôme Anti-Diffraction Acoustique (DADA)

Résumé du projet (5 lignes en anglais) :

Semi-anechoic rooms are used by manufacturers for the acoustic characterization of products. The objective of the DADA project is to prove that it is possible to realize a semi-anechoic room with an active technology. The idea is to create a full-scale functional demonstrator whose active system developed would make it possible to erase the acoustic effect of 5 walls (not the floor). This project will make it possible to create the first room with active anechoicity.

Volet(s) complémentaires demandé(s) : Collaboration internationale Pédagogie

Contenu scientifique (3 pages maxi)

Contexte scientifique

Les salles semi-anéchoïques sont utilisées en recherche et par les industriels pour la caractérisation acoustique de produits, en vue d'évaluer leurs performances et leur conformité réglementaire. La réalisation de ces salles implique actuellement la création d'infrastructures lourdes et complexes. Le peu de spécialistes de ce domaine associé à la taille des installations actuelles sont deux des causes du coût élevé de ces installations, qui se chiffre en millions d'Euros. L'objectif du projet DADA est de prouver qu'il est possible de réaliser une salle semi-anéchoïque à moindre coût, en complétant un revêtement passif par une technologie active. Il s'agit de réaliser un démonstrateur fonctionnel grandeur nature. Ce projet fait suite aux résultats récents d'un doctorat [1] et représente une étape vers la réalisation de la salle anéchoïque active du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA). De plus, ce projet permettra de réaliser la première salle à anéchoïcité active, démonstrateur suscitant l'intérêt des acteurs de la valorisation et des médias.

Le LMA, pionnier sur le thème du contrôle actif en acoustique, est à l'origine du premier casque actif commercialisé. Il poursuit actuellement des travaux de recherche en vue de réaliser une salle anéchoïque active dont le principe est commun avec le projet proposé. Le principe de l'anéchoïcité active consiste à annuler les réflexions acoustiques des parois d'une salle, en d'autres termes à rendre les parois acoustiquement invisibles.

La stratégie de contrôle du champ acoustique réfléchi par les parois est développée depuis plusieurs années au LMA et s'appuie sur le fait qu'un même opérateur linéaire permet de relier le champ acoustique total proche des parois au champ réfléchi par ces parois quel que soit le champ acoustique incident [2, 3, 4, 5, 6]. Cet « opérateur de réflexion » peut être identifié à partir de mesures préalables pour un champ incident connu ; il sera ensuite utilisé pour calculer le champ acoustique réfléchi dans le cas d'un champ incident totalement inconnu. Les algorithmes éprouvés du contrôle acoustique actif pourront ensuite être utilisés pour piloter un réseau d'actionneurs afin de minimiser ce

1

champ acoustique réfléchi comme s'il s'agissait d'un champ acoustique total « ordinaire » capté par des microphones.

Par son historique, la difficulté scientifique, et le coût des infrastructures, le LMA est actuellement la seule entité internationale connue travaillant sur la création de salle possédant une anéchoïcité active. Ce projet de recherche à forte composante expérimentale peut susciter l'intérêt de chercheurs internationaux. Le LMA a profité de la construction du nouveau laboratoire pour concevoir et pré-câbler sa nouvelle salle anéchoïque afin de recevoir un système actif complétant le revêtement absorbant passif moins performant aux basses fréquences (en dessous de 100 Hz) et obtenir ainsi un « assourdissement » total dans la bande de fréquence audible (20-20 kHz).

Un travail de doctorat récent [1, 7] a permis une première démonstration d'anéchoïcité active consistant à rendre invisible acoustiquement, dans la bande de fréquence 80-200 Hz, la paroi réfléchissante d'une salle semi-anéchoïque avec un réseau de neuf sources secondaires (appelées aussi sources anti-bruit) et seize microphones de contrôle. Ces résultats valident une approche novatrice qui consiste à contrôler la pression acoustique à proximité des parois pour obtenir une annulation de la pression dans le volume de mesure. Cette approche comporte plusieurs avantages – notamment celui d'éviter de placer des microphones (et leurs supports) dans le volume de mesure, ainsi totalement libéré pour les besoins expérimentaux. Un autre avantage est la proximité entre les sources anti-bruit et les microphones de contrôle permettant ainsi un meilleur conditionnement de la matrice à inverser. Le travail de doctorat a permis de réaliser une source de référence utilisée pour identifier « l'opérateur de réflexion » mentionné ci-dessus et mis en évidence l'importance d'une caractérisation fine de son rayonnement acoustique.

Le projet DADA proposé ici s'appuie sur ces résultats mais vise une situation plus réaliste et plus proche de l'application car il s'agit d'effacer l'effet acoustique de cinq parois. L'objectif du projet est de réaliser un démonstrateur fonctionnel aux dimensions (L=5m; P=4,5m; H=3m) comparables à celles des équipements actuellement utilisés par certains petits industriels. La figure 1 illustre le démonstrateur à réaliser en présentant un schéma de principe d'une salle semi-anéchoïque à technologie active.

Ce démonstrateur, installé à proximité de la cabine d'excitation sous la salle semi-anéchoïque du LMA sera réalisé à partir d'une ossature en Truss (treillis métalliques utilisés dans les scènes de spectacle) enveloppée par des plaques de Placoplatre revêtues d'absorbant. Les treillis seront utilisés pour fixer le dispositif actif composé de sources secondaires générant le contre bruit et de microphones de contrôle pour mesurer le champ réfléchi par les parois.

Dans ce projet, l'anéchoïcité active ne sera pas obtenue en temps réel ; elle découlera de deux étapes de mesure. La première étape servira à calculer les commandes nécessaires pour le pilotage

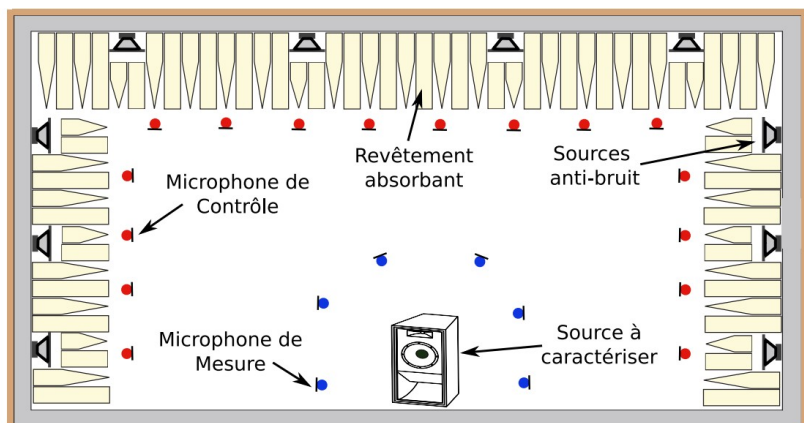


Figure 1 : schéma d'une salle semi-anéchoïque à technologie active

des sources secondaires. La seconde étape consistera à obtenir l'anéchoïcité active en générant le contre bruit par les sources secondaires, leur pilotage étant synchronisé avec le bruit de la source primaire – la source à caractériser. Un système d'acquisition/restitution synchrone basé sur une carte audio professionnelle sera utilisée pour réaliser l'anéchoïcité active.

La partie électroacoustique (sources acoustiques, microphones, système acquisition) sera étudiée en partenariat avec ARTEAC-LAB, start-up hébergée au LMA et co-fondée par Philippe Herzog (ancien DR du LMA) qui a participé aux derniers travaux scientifiques sur le sujet. Le dimensionnement et les positions des transducteurs sont actuellement étudiés via des simulations sous le logiciel Comsol Multiphysics™, en collaboration avec la Haute École du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture (HEPIA) de Genève en Suisse.

Le projet DADA s'inscrit dans le projet de réalisation de la salle anéchoïque active du LMA, il est un jalon nécessaire vers l'équipement actif de cette salle anéchoïque. De plus, ce projet sera la première réalisation concrète d'une salle à anéchoïcité active, démonstrateur suscitant de ce fait l'intérêt des acteurs de la valorisation et des médias.

Programme

- Simulation sous le logiciel Comsol Multiphysics™ afin de dimensionner la structure du démonstrateur et optimiser les positions des transducteurs de contrôle. En cours et prévue jusqu'à la fin du premier trimestre 2022.
- Réalisation de la structure du démonstrateur (ossature en Truss, revêtement en Placoplatre, installation électrique) et montage du dispositif actif (sources anti-bruit, microphones de contrôle). Second trimestre 2022.
- Expérimentation : mesures, interprétation et exploitation des résultats. Troisième et quatrième trimestres 2022.
- Communication : rédaction d'articles, présentation des résultats en congrès, prise de contact avec les organismes de valorisation de la recherche

Retombées attendues

Le projet DADA est une étape intermédiaire du projet de laboratoire visant une première mondiale : la mise en œuvre d'un concept de contrôle hybride passif/actif des parois d'une salle anéchoïque (objectif d'anéchoïcité sur l'intégralité des fréquences audibles : 20-20kHz). L'évolution de la réglementation et la prise de conscience du coût sociétal du bruit conduisent de nombreux acteurs académiques et industriels à se focaliser sur les performances des produits et des systèmes aux basses fréquences, jusqu'ici considérées à tort comme peu audibles. Le projet DADA s'inscrit dans cette évolution, en visant à confirmer la position du LMA en tant que leader des recherches en acoustique aux basses fréquences. Sa réussite est un enjeu majeur pour le laboratoire mais aussi pour la communauté scientifique en acoustique.

À plus court terme, le projet DADA vise à réaliser un démonstrateur fonctionnel de salle semi-anéchoïque à coût abordable, en utilisant la méthode d'anéchoïcité active aux fréquences usuelles de manière à réduire très significativement le volume d'absorbants nécessaire. En démontrant ainsi la possibilité de recréer les conditions d'une salle semi-anéchoïque dans une infrastructure ordinaire, ce projet peut intéresser rapidement le monde industriel et conduire à une première génération d'équipements hybrides.

Après une démonstration de fonctionnement validant cette technologie novatrice, le système a vocation à servir de prototype pour une future phase d'optimisation, de conception d'une gamme de produits et prestations, en priorité en partenariat avec un industriel du secteur du traitement acoustique.

Références

- [1] Cédric Pinhède. Contrôle actif aux basses fréquences du champ diffracté en salle semi-anéchoïque. Thèse de doctorat dirigée par D. Habault. Aix-Marseille Université (AMU), 2019. Français. NNT : 2019AIXM0301. tel-02332012
- [2] E. Friot and C. Bordier. Real-time active suppression of scattered acoustic radiation. *Journal of Sound and Vibration*, 278(3) :563 – 580, 2004.
- [3] Emmanuel Friot, Régine Guillermin, and Muriel Winninger. Active control of scattered acoustic radiation : a real-time implementation for a three-dimensional object. *Acta acustica united with acustica*, 92 :278–288, 2006.
- [4] Emmanuel Friot. Control of low-frequency wall reflections in an anechoic room. In *ACTIVE 2006*, pages CD-ROM (9 pages), Australia, 2006. Australian Acoustical Society.
- [5] Alexandre Gintz. Estimation des échos à basse fréquence dans un local de mesure. PhD thesis, 2009. Thèse de doctorat dirigée par Herzog Philippe, Acoustique Aix-Marseille 2009.
- [6] D. Habault, E. Friot, Ph. Herzog, and C. Pinhède. Active control in an anechoic room : Theory and first simulations. *Acta Acustica united with Acustica*, 103(3) :369–378, 2017.
- [7] Cédric Pinhède, Dominique Habault, Emmanuel Friot, Philippe Herzog. Active control of reflections in a semi-anechoic room - Simulations and a full-scale off-line experiment. *Journal of Sound and Vibration*, Elsevier, 2021.

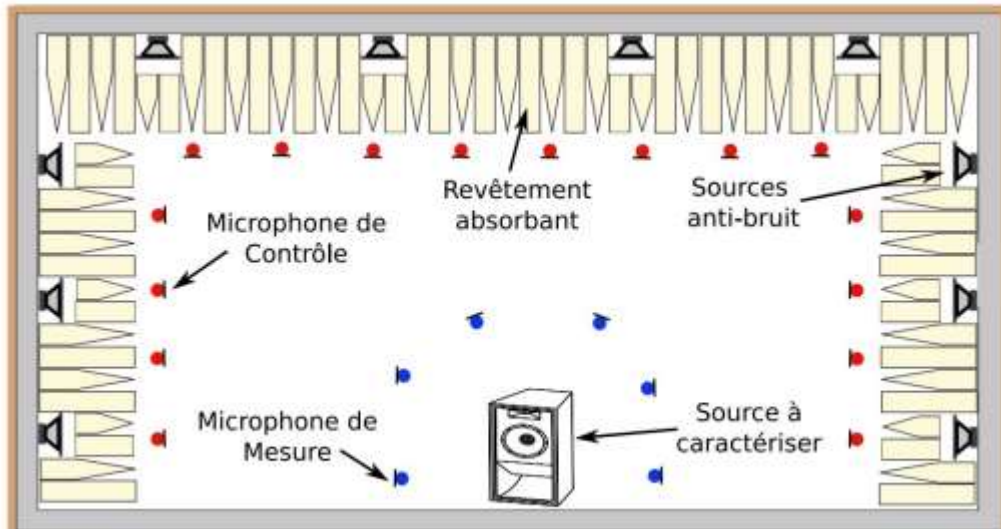


Figure 1 : schéma d'une salle semi-anéchoïque à technologie active



Ossature en treillis métalliques (Truss)