



# UMR Acoustique Environnementale (UGE – Cerema) PROPOSITION DE STAGE 2026

## Sujet de stage

---

## Comparaison de méthodes de simulation du champ sonore en espaces clos

### Niveau recommandé

---

Master (M2)

Master (M1)

Ingénieur

Licence

Bac + 2

### Compétences requises

---

Niveau Bac+5, connaissances en acoustique (propagation des ondes, méthodes numériques, traitement du signal), bonnes compétences en développement Python.

### Description

---

Au sein de l'Unité Mixte de Recherche en Acoustique Environnementale ([UMRAE](#)), des travaux de recherche récents en partenariat avec l'INRIA, dans le domaine du diagnostic acoustique des salles, ont porté sur le développement d'approches dites inverses dans l'objectif est de remonter automatiquement aux propriétés géométriques (dimensions de la salle, positions des instruments de mesures) et d'absorption acoustique des parois à partir de la seule connaissance de la réponse impulsionnelle de la salle (RI). Plus particulièrement, ces approches reposent sur des réseaux de neurones et sur des approches d'optimisation cherchant à réduire l'écart entre erreur entre cette RI mesurée et une RI issue du modèle physique des sources-images ([Dilungana \(2024\)](#), [Sprunck \(2025\)](#)). Idéalement, elles nécessiteraient de posséder des bases de données de RIs mesurées et parfaitement annotées par la géométrie et par l'absorption. De par la difficulté de constituer de telles bases de données à partir de mesures *in situ*, les RIs employées sont simulées par des outils de prévision acoustique, le plus usité étant [Pyroomacoustics](#) basé sur une approche énergétique des sources-images auquel est ajouté *a posteriori* un terme de phase (principe du minimum phase) afin d'obtenir ces RIs. A ce jour, compte tenu des résultats obtenus plutôt encourageants, il devient pertinent de s'intéresser à des approches ondulatoires englobant l'ensemble des phénomènes d'acoustique et simulant des RIs probablement plus proches de celles réellement mesurées.

Depuis plusieurs années, l'UMRAE développe un code de calcul dans le domaine temporel basé sur la méthode des lignes de transmission (*Transmission Line Matrix*, TLM), historiquement dédié à la propagation acoustique en milieu extérieur [[Guillaume \(2009\)](#), [Goestchel \(2022\)](#)], mais parfaitement adapté à la simulation acoustique en espace clos. Le code de calcul [TLM](#), implémenté en langages Python et [OpenCL](#), fait appel à différentes bibliothèques Python qui permettent notamment de générer une scène de calcul complexe en 3D ([FreeCAD](#)) et de paralléliser les calculs sur GPUs ([PyOpenCL](#)). En parallèle, [Sprunck \(2025\)](#) a implémenté la méthode des solutions fondamentale (MFS) dont le net avantage est de repose sur aucun maillage du domaine, offrant un bon compromis entre précision, flexibilité géométrique et coût de calcul. Sans être fermé à d'autres méthodes ondulatoires qui pourraient être proposées, l'objectif du stage est d'améliorer, puis de comparer ces deux approches ondulatoires (TLM, MFS) pour des configurations couramment rencontrées en acoustique des salles et du bâtiment.

### Objectifs du stage

---

Le stage a pour principaux objectifs :

1. Une courte bibliographie mettant en avant les limitations des modèles (API Pyroomacoustics, code TLM, code MFS), et le lien entre leurs paramètres d'entrée et de sortie,
2. la prise en main des différents codes développés au sein de l'UMRAE et rattachés à ces modèles, avec de possibles optimisations à proposer,
3. leur application à différentes configurations de salles (géométries simples à complexes, absorption acoustique des parois)
4. la comparaison des performances (coût de calcul) et des résultats (RIs générées),
5. la génération de bases de données annotées de RIS,
6. et, suivant le temps imparti, la possible exploitation de ces bases de données dans les méthodes inverses en soutien à l'équipe.

#### Lieu du stage

---

- UGE – Lyon-Bron** (25, avenue François Mitterrand, Case24, Cité des mobilités, F-69675 Bron Cedex)
- UGE – Nantes** (route de Bouaye, CS4, F-44344 Bouguenais Cedex)
- Cerema – Strasbourg** (11, rue Jean Mentelin, Strasbourg-Koenigshoffen, F-67035 Strasbourg)

**Durée du stage** (les dates et durée peuvent être adaptées)

#### Contacts

---

Date de début : 2026-03-01

Date de fin : 2026-08-31

Durée : 6 mois

**M. Gwenaël GUILLAUME / M. Cédric FOY**

Tél. : 06 63 33 47 41 / 06 58 41 38 12

Email : [gwenael.guillaume@cerema.fr](mailto:gwenael.guillaume@cerema.fr) / [cedric.foy@cerema.fr](mailto:cedric.foy@cerema.fr)

<http://www.umrae.fr/>

#### Gratification

---

Indemnité équivalente à 15% du plafond horaire de la Sécurité Sociale, pour un organisme public

<https://www.service-public.fr/simulateur/calcul/gratification-stagiaire>