

Nom du candidat : Emmanuel ATTAL

## JURY

### Président de Jury

### Directeur de Thèse

**B. DUBUS** Directeur de Recherche à l'Université de Lille1, IEMN

### Co-Directeur de Thèse

**N. COTE** Enseignant-Chercheur à l'ISEN, IEMN

### Rapporteurs

**O. DAZEL** Professeur HDR au LAUM à l'Université du Maine au Mans

**B. GAVREAU** Chargé de Recherche HDR à l'IFFSTAR à Bouguenais

### Membres

**J. COUTTE** Maître de Conférences à l'Université d'Artois à Béthune

**N. DAUCHEZ** Professeur HDR à l'Université de Technologie de Compiègne

**C. LAVANDIER** Professeur HDR à l'Université de Cergy-Pontoise

## TITRE DE LA THESE

Caractérisation et optimisation d'assemblages d'éléments  
de murs végétalisés par méthodes acoustique et vibratoire

Characterization and optimization of  
assemblies of elements of green walls  
by acoustic and vibratory methods

## RESUME

L'implantation de parois végétalisées dans les zones urbaines est encouragée par les pouvoirs publics car elle contribue à l'amélioration de la qualité de l'air, favorise la biodiversité et atténue les effets d'îlot de chaleur urbain. L'apport de ces parois végétalisées à l'environnement sonore via leurs propriétés d'absorption et de diffusion acoustiques a également été mis en évidence par des études récentes. Les phénomènes physiques à l'origine des propriétés acoustiques de ces parois restent cependant insuffisamment compris et font l'objet de ce travail de thèse.

Dans ce but, un dispositif expérimental original couplant mesures acoustiques via un tube à impédance et mesures vibratoires à l'aide d'un vibromètre laser à balayage, est développé pour caractériser simultanément les propriétés acoustiques et vibratoires des feuillages et substrats qui composent ces parois dans la gamme 100 Hz-1000 Hz.

Ce dispositif est utilisé pour déterminer les coefficients acoustiques (absorption, réflexion, transmission...), les propriétés physiques effectives ( célérité, impédance caractéristique...) et la réponse vibratoire d'échantillons de feuillages (fusain et laurier) et de substrats (perlite, fibre de coco, tourbe de coco). Les résultats obtenus mettent en évidence les propriétés acoustiques de chaque milieu (faibles pertes internes et propagation non dispersive dans feuillages, pertes internes plus élevées et propagation dispersive dans les substrats) et soulignent le lien étroit entre résonances vibratoires et propriétés acoustiques des parois.

Finalement, l'étude des propriétés acoustiques d'échantillons constitués par la superposition de couches de feuillage et de substrat montre une augmentation du coefficient d'absorption acoustique due aux résonances en épaisseur de la paroi et à l'adaptation d'impédance entre l'air et le substrat apportée par la couche de feuillage. Une stratégie d'optimisation de l'absorption acoustique dans une bande de fréquence donnée est également proposée.

Establishment of green walls in urban areas is supported by the public administration as it improves air quality, fosters biodiversity and mitigates urban heat island effects. Contribution of green walls to urban soundscape due to their acoustic absorption and scattering properties has also been demonstrated by recent works. However, physical phenomena behind these acoustical properties are not yet fully understood and constitutes the purpose of this thesis.

In this work, a new experimental setup coupling acoustical measurements with an impedance tube and vibration measurements with a scanning laser vibrometer is developed to characterize simultaneously acoustical and vibrational properties of foliage and substrates used in green walls in the 100 Hz-1000 Hz frequency range.

This setup is used to characterize acoustic coefficients (absorption, reflection, transmission...), effective physical properties (speed of sound, characteristic impedance...) and vibrational response of foliage (spindle and bay) substrate (perlite, coco fiber, coco peat) samples. Results reveal acoustic properties of each medium (low internal losses and nondispersive propagation properties for foliage, higher internal losses and dispersive propagation properties for substrates) et highlight the close link between vibrational resonances and acoustic coefficients of walls.

Acoustic properties of samples constituted by the superposition of foliage and substrate layers are finally studied. Results demonstrate that the increase of absorption coefficient comes from both wall thickness resonances and impedance matching between air and substrate provided by the foliage layer. A method for optimizing acoustic absorption in a given frequency range is also proposed.

Soutenance le 14 décembre 2016 à 13h30  
Amphi de l'ISEN