

Titre de la thèse

Propagation acoustique en milieu boisé. Applications anthropiques et écologiques

Niveau recommandé

Master recherche (M2)

Compétences requises

Discipline principale : Acoustique environnementale

Autres disciplines abordées : Informatique

Description

La Directive européenne 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement impose aux États membres d'identifier et de préserver les zones calmes. Les milieux forestiers, qui recouvrent plus de 25 % du territoire français, sont des candidats potentiels à ces zones calmes qui présentent également des réservoirs importants de biodiversité. La méthode de prévision du bruit CNOSSOS-EU [1], obligatoire pour l'établissement des cartes de bruit depuis le 1er janvier 2019, et par conséquent implémentée dans les logiciels d'ingénierie, ne prend pas en compte l'effet de la présence d'arbres et ne peut donc pas traiter la problématique des zones calmes. Par ailleurs, dans un contexte de préservation et de recensement de la biodiversité, des capteurs acoustiques ponctuels ou en réseaux sont couramment utilisés par les écoacousticiens pour recenser la présence d'espèces animales en zones boisées. Cette communauté manque actuellement de connaissances en matière de propagation acoustique, ainsi que d'outils adaptés pour estimer l'étendue spatiale de la zone dans laquelle sont détectées les espèces identifiées dans leurs enregistrements audio, ce qui rend leur dénombrement délicat. Enfin, les espaces boisés peuvent également être considérés comme un moyen de protection potentiel du bruit de transport terrestre en jouant le rôle d'écran acoustique naturel [2,3].

À ce jour, aucun des modèles utilisés dans les différents travaux réalisés sur la propagation acoustique en forêt [2-6] ne permet de modéliser en 3D les principaux phénomènes physiques en jeu (absorption du sol, météorologie, diffraction multiple par les troncs, diffusion par le feuillage). La thèse menée au Cerema et à l'Ifsttar par P. Chobeau [7] a été une première étape dans l'intégration de ces différents phénomènes à l'aide d'un seul modèle de propagation : le modèle TLM. Ce modèle numérique de prévision de la propagation du son en milieu extérieur dans le domaine temporel est développé depuis de nombreuses années au sein de l'UMRAE [8]. Il permet de modéliser des géométries complexes en 3D et la majorité des phénomènes physiques influents sur la propagation du son en milieu extérieur tels que les effets de sol ou la diffraction par des obstacles complexes. Les travaux de P. Chobeau ont permis de valider l'utilisation de la méthode TLM pour la propagation en milieu forestier, ainsi que d'initier une première étude paramétrique concernant l'influence de la géométrie de la disposition des troncs (densité, taille, distribution spatiale) sur l'atténuation du bruit routier par une forêt. Ces premiers résultats n'ont cependant pas traité la totalité des phénomènes (la météorologie par exemple) et nécessitent d'être prolongés et étendus à une gamme de fréquence plus large. Par ailleurs, l'étude des effets des arbres et de leur feuillage sur la propagation du son ainsi que des substrats forestiers a également fait l'objet de travaux de recherche aux niveaux national et international. Van

Renterghem [9] s'est par exemple intéressé à l'effet d'une bordure d'arbre le long d'une voie routière, tandis que les projets européens Hosanna [10], français VegDud [11] ou la thèse de E. Attal [12] ont porté sur l'étude de l'influence des effets du substrat et du feuillage en termes d'absorption acoustique dans différents contextes (façades végétales par exemple). Plus récemment, au niveau international, V. E. Ostashev et D. K. Wilson ont proposé une approche théorique pour modéliser les effets de sol et des réflexions multiples au sein d'une forêt [13,14]. Ces travaux nécessitent cependant d'être complétés et afin de parvenir à des lois simplifiées de propagation en milieu forestiers utilisables dans des codes de prévision d'ingénierie.

L'objectif de la thèse est de parvenir à une modélisation satisfaisante de la propagation du son à la fois à travers, au-dessus et à l'intérieur d'espaces forestiers. Dans un premier temps, le travail portera sur l'intégration et la validation d'un modèle d'absorption du sol adapté aux sols forestiers et de l'influence des feuillages et des branches sur la propagation acoustique dans le modèle TLM. Ces développements permettront notamment d'étudier la propagation du son à l'intérieur de forêts relativement peu étendues spatialement (de l'ordre de la centaine de mètres) et ainsi de réaliser des études sur une gamme de fréquences étendue en intégrant des sources de bruit ayant un spectre d'émission haute fréquence (e.g. bruits d'origine animale). Dans un second temps, le travail concernera l'intégration des effets météorologiques (en particulier du vent) dans le modèle TLM, ce qui permettra d'étudier l'atténuation acoustique apportée par des espaces boisés étendus spatialement pour des sources de bruit routières, dont l'émission est relativement basse fréquence. Dans un troisième temps, une formulation simplifiée de l'atténuation acoustique apportée par les espaces boisés sera définie qui pourra être intégrée dans les modèles d'ingénierie de prévision du bruit des transports.

Références bibliographiques :

[1] Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU), 2012.

https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/cnossos-eu%2520jrc%2520reference%2520report_final_on%2520line%2520version_10%2520august%25202012.pdf

[2] N. Barrière, Y. Gabillet et J. Defrance. La forêt : « Un écran anti-bruit météorologique ». 1ère partie : Une nouvelle méthode de calcul de la propagation du bruit de trafic en forêt. *Acoustique & Techniques* n°23, pp. 41-48, 2000.

https://www.bruit.fr/revues/78_09549.PDF

[3] N. Barrière et J. Defrance. La forêt : « Un écran anti-bruit météorologique ». 2ème partie : Campagne de mesures dans les Landes - Validation des méthodes de calcul. *Acoustique & Techniques* n°24, pp. 34-40, 2001.

http://www.bruit.fr/revues/78_09557.PDF

[4] D. Heimann. Numerical simulation of wind and sound propagation through an idealised stand of trees. *Acta Acustica* 89, pp. 779-788, 2003

[5] M. White et M. Swearingen. Sound propagation through a forest: a predictive model. *Rapp. Tech. US army corps of engineers*, 2004. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a428938.pdf>

[6] E. Johansson, The sound amplifying forest, with emphasis on sounds from wind turbines, Master's thesis, Chalmers University of Technology, 2010. <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/129220.pdf>

[7] P. Chobeau. Modeling of sound propagation in forests using the transmission line matrix method : study of multiple scattering and ground effects related to forests. Université du Maine, 2014. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01223985/file/2014LEMA1016.pdf>

[8] Gwenaél Guillaume. Application de la méthode TLM à la modélisation de la propagation acoustique en milieu urbain. Thèse de doctorat, Ifsttar, 2009. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00793252/document>

[9] T. Van Renterghem, D. Botteldooren et K. Verheyen. Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth, *J. Sound Vib.* 331, pp. 2404-2425, 2012. <https://biblio.ugent.be/publication/3161559/file/3161572.pdf>

[10] K.V. Horoshenkov, A. Khan et H. Benkreira. Acoustic properties of low growing plants. *J. Acoust. Soc. Am.* 133, pp. 2554-2565, 2013.

[11] G. Guillaume, B. Gauvreau, and P. L'Hermite. Estimation expérimentale des propriétés acoustiques de surfaces végétalisées : influences de la variabilité spatiale et de la configuration de mesure, Congrès Français d'Acoustique, 2014. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01061125/document>

[12] E. Attal. *Caractérisation et optimisation d'assemblages d'éléments de murs végétalisés par méthodes acoustique et vibratoire*. Université de Lille, 2016. <http://www.theses.fr/2016LIL10149/document>

[13] V.E. Ostashev, D.K. Wilson, M.B. Muhlestein et K. Attenborough. *Correspondence between sound propagation in discrete and continuous random media with application to forest acoustics*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 143(2), pp. 1194–1205, 2018. <http://dx.doi.org/doi:10.1121/1.5024904>

[14] V.E. Ostashev, D.K. Wilson, M.B. Muhlestein et K. Attenborough. *Sound propagation in a forest based on 3D multiple scattering theories*. 23rd International Congress on Acoustics, 9-13 Septembre 2019 (Aachen, Allemagne). <http://pub.dega-akustik.de/ICA2019/data/articles/000103.pdf>

Profil recherché

Le sujet de cette thèse requière une formation initiale en acoustique (Master). Des compétences en acoustique environnementale, ainsi qu'en méthodes numériques et programmation scientifique (ex : Matlab, Python) sont recommandées. Des qualités rédactionnelles en français et en anglais sont attendues. Les travaux réalisés seront valorisés par la publication d'articles scientifiques dans des revues à comités de lecture, ainsi que par au minimum une conférence internationale en acoustique.

Lieu de la thèse

La thèse se déroulera sur le site de Strasbourg de l'UMRAE. Des déplacements ponctuels sont par ailleurs à prévoir sur la durée de la thèse (formation, participation à des congrès/colloque, réunions de travail...).

Encadrement

- Directeur de thèse : Benoit Gauvreau, Chargé de recherche Ifsttar (HDR)
- Co-encadrants : Gwenaël Guillaume, Chargé de recherche Cerema
David Écotière, Ingénieur-Chercheur, directeur adjoint de l'UMRAE

Financement

Financement Cerema-Ifsttar.

Contacts

M. Gwenaël GUILLAUME

Tél. 03 88 77 46 07

Email : gwenael.guillaume@cerema.fr

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

M. Benoit GAUVREAU

Tél. 03 88 77 46 07

Email : benoit.gauvreau@ifsttar.fr

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

M. David ECOTIERE

Tél. 03 88 77 79 33

Email : david.ecotiere@cerema.fr

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