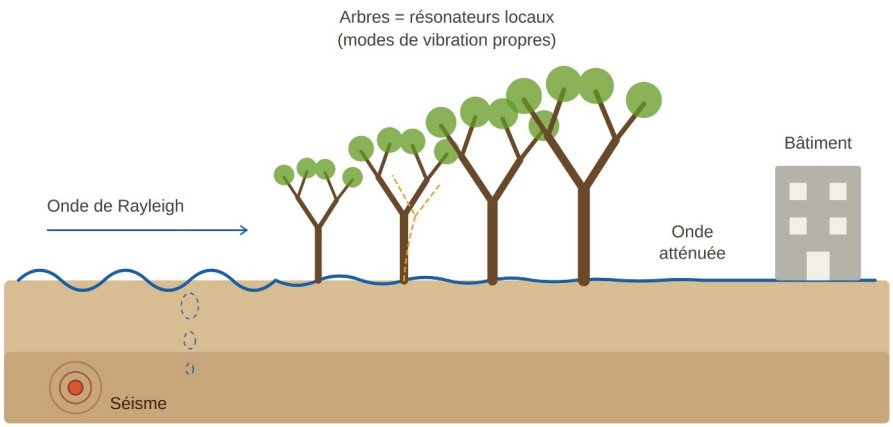
Proposition de sujet d'alternance recherche 1A
2026-27

Laboratoire:	Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique	
Titre du sujet :	Des arbres contre les séismes? Vibrations d'arbres et interaction avec les ondes sismiques	
Candidat* :		
Encadrement **:	Premier tuteur	Second tuteur
Nom :	COTTEREAU	
Prénom :	Régis	
Qualité *** :	Directeur de Recherches CNRS	
Localisation :	LMA	
Coordonnées *(e-mail/tel)*	Regis.cottereau@cnrs.fr	
Déplacements possibles **** :	Non	

** si vous avez déjà accepté un alternant recherche*
*** un co-encadrement est possible.*
**** l'encadrement devra être assuré de préférence par au moins un permanent du laboratoire, au minimum titulaire d'un Doctorat.*
***** au cas ou dans le cadre de son travail l'alternant serait amené à se déplacer vers un second laboratoire.*



Descriptif du sujet et de la mission :
Un arbre vibre à la manière d'une structure souple et ramifiée : sous l'effet du vent, il oscille selon des fréquences et des formes qui dépendent de sa taille, de la façon dont ses branches se divisent, du bois qui le compose et de son feuillage. De nombreux travaux ont montré que la forme des arbres n'est pas quelconque : leur ramification obéit à des règles assez simples, liées notamment à la résistance au vent. Ces règles permettent de fabriquer sur ordinateur des arbres réalistes à partir de quelques paramètres seulement. Plus récemment, des chercheurs ont constaté qu'une forêt peut modifier la propagation des ondes sismiques qui se déplacent à la surface du sol, chaque arbre se comportant comme un petit oscillateur. Cette observation ouvre une piste originale : utiliser des arbres pour protéger des bâtiments des séismes.
Dans une première partie, l'étudiant choisira dans la littérature un modèle de croissance ou de ramification d'arbre et l'utilisera pour générer des arbres numériques variés, avec python ou Matlab. Il

calculera ensuite leurs fréquences et leurs formes de vibration, et observera comment celles-ci évoluent selon la forme de l'arbre, l'essence choisie et la présence ou non de feuilles.

Dans une seconde partie, il simulera avec le logiciel COMSOL le passage d'une onde sismique de surface près d'un arbre, puis d'une rangée d'arbres, afin de voir si et comment les arbres atténuent l'onde. Le travail se conclura par une réflexion critique sur la faisabilité d'une « barrière végétale » contre les séismes, en tenant compte notamment de l'écart entre les fréquences auxquelles vibrent les arbres et celles qui menacent réellement les constructions.

Ce sujet s'adresse à un étudiant intéressé par la mécanique, la simulation numérique et la programmation. Il lui permettra de découvrir la recherche bibliographique, la modélisation des vibrations et la propagation des ondes, ainsi que python (ou Matlab) et COMSOL

Pistes bibliographiques :

Eloy, C. (2011). Leonardo's rule, self-similarity, and wind-induced stresses in trees. *Physical Review Letters*, 107, 258101. doi:10.1103/PhysRevLett.107.258101

Eloy, C., Fournier, M., Lacointe, A. & Moulia, B. (2017). Wind loads and competition for light sculpt trees into self-similar structures. *Nature Communications*, 8, 1014. doi:10.1038/s41467-017-00995-6

Prusinkiewicz, P. & Lindenmayer, A. (1990). *The Algorithmic Beauty of Plants*. Springer-Verlag, New York.

Rodriguez, M., de Langre, E. & Moulia, B. (2008). A scaling law for the effects of architecture and allometry on tree vibration modes suggests a biological tuning to modal compartmentalization. *American Journal of Botany*, 95(12), 1523–1537. doi:10.3732/ajb.0800161

de Langre, E. (2008). Effects of wind on plants. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 40, 141–168.

Colombi, A., Roux, P., Guenneau, S., Gueguen, P. & Craster, R. V. (2016). Forests as a natural seismic metamaterial: Rayleigh wave bandgaps induced by local resonances. *Scientific Reports*, 6, 19238. doi:10.1038/srep19238

Colombi, A., Colquitt, D., Roux, P., Guenneau, S. & Craster, R. V. (2016). A seismic metamaterial: the resonant metawedge. *Scientific Reports*, 6, 27717.

Roux, P., Bindi, D., Boxberger, T., Colombi, A., Cotton, F., Douste-Bacqué, I., Garambois, S., Gueguen, P., Hillers, G., Hollis, D., Lecocq, T. & Pondaven, I. (2018). Toward seismic metamaterials: the METAFORET project. *Seismological Research Letters*, 89(2A), 582–593. doi:10.1785/0220170196

Validation pour mise en ligne ECM :