

## Offre de stage en acoustique et sonification

La pratique du-de la scientifique s'est construite autour de la modalité visuelle : écrire un raisonnement ou un calcul, re-présenter visuellement les données pour mieux les appréhender de manière synthétique (graphiques, animations), monitoring à l'aide d'icônes et voyants lumineux.

Cependant les méthodes de **sonification**<sup>1</sup>, qui proposent de présenter les données via le canal auditif, s'avèrent très prometteuses pour l'exploration et l'analyse de données scientifiques. L'utilisation des capacités du système auditif humain à identifier les structures spectro-temporelles montre que la sonification a le potentiel pour *a minima* compléter notre appréhension visuelle du monde physique.

C'est notamment le cas en **sismologie** pour l'analyse de sismogrammes. Des tests d'écoute de signaux sismiques « audifiés » ont montré que les différents aspects des sons perçus pouvaient être interprétés comme le résultat sur le signal de différents phénomènes géologiques : mécanisme de rupture, distance de propagation, composition du milieu de propagation, *etc.*, qui sont autant de phénomènes difficiles à caractériser avec des méthodes plus classiques<sup>2</sup>.

Chacun des stimuli de ces études résultait de l'enregistrement d'un seul évènement par un seul récepteur : seuls les séismes bien décrits dans les bases de données, bien séparés temporellement et spatialement les uns des autres et bénéficiant d'un très bon rapport signal/bruit ont été étudiés. À l'inverse, tout un pan de la sismologie consiste en l'étude des micro-séismes, phénomènes dont l'analyse — fondée sur une représentation visuelle des données ou sur des modèles mathématiques — présente un véritable défi, étant donné leur très faible rapport signal/bruit et leur extrême concentration spatio-temporelle (loi de Gutenberg-Richter). Les « essaim de séismes » sont emblématiques à cet égard : une meilleure connaissance de la structure et de la dynamique de ces amas spatio-temporels de micro-séismes pourrait améliorer la compréhension de la formation des séismes majeurs ou des éruptions volcaniques (précurseurs et répliques...).

Ainsi on souhaite appliquer des méthodes de sonification pour l'exploration et l'analyse de telles données, tant les aptitudes du système auditif humain paraissent adaptées au problème : performances inégalées pour la séparation de sources multiples (voir l'effet *cocktail party*), bonne précision dans la localisation de sources et le suivi de leur mouvement, et ceci dans des environnements possiblement très bruités et réverbérants.

L'objet de ce stage sera donc d'étudier la faisabilité de la **sonification** dans le cas de la présentation **spatialisée** de données sismiques recueillies par de multiples capteurs. Deux méthodes de restitution sonore seront implantées en priorité :  
— écoute binaurale au casque, avec des signaux de deux sismomètres (une par oreille),  
— écoute spatialisée avec un réseau de 12 haut-parleurs mobiles, recréant la géométrie du réseau de sismomètres et permettant à l'utilisateur-riche d'écouter en se déplaçant dans le champ sonore « image » du champ sismique.

Le stage, à l'interface de plusieurs disciplines (**acoustique, traitement du signal audio, psychologie, sismologie**), pourra comporter différents aspects, dont :

- la récupération, la sélection et le pré-traitement des données,
- la mise en place et le calibrage du système de restitution sonore,
- l'élaboration et la mise en place d'un protocole de test perceptif.

---

➤ Lieu du stage : Laboratoire IEMN UMR CNRS 8520 – ISEN Lille – 41, boulevard Vauban 59000 Lille

➤ Niveau : M1 ou M2 (4e ou 5e année d'école d'ingénieur) – Durée de 3 à 6 mois

➤ Gratification : 577 € mensuels

➤ Encadrement : Arthur Paté, Enseignant-chercheur ISEN – arthur.pate@isen.fr – 03 59 57 44 26

➤ Partenaire : Lapo Boschi (sismologie), Maître de Conférences à Sorbonne Université, ISTE<sup>P</sup>

---

1. Voir <http://icad.org/> et <http://sonification.de/the-sonification-handbook>

2. "Auditory display of seismic data", Paté *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.* (2017)

"Categorization of seismic sources by auditory display", Paté *et al.*, *Int. J. Human-Computer Stud.* (2016)

"On the perception of audified seismograms", Boschi *et al.*, *Seism. Res. Let.* (2017)