

# Apprentissage automatique pour l'amélioration du confort sonore quotidien de personnes autistes

## – Enjeu sociétal et contexte scientifique –

Les personnes autistes<sup>1</sup> présentent souvent une perception sonore atypique caractérisée par une tolérance sonore réduite à certains sons quotidiens (par ex. : chasse d'eau) et des préférences atypiques (par ex. : bruit de moteur) (Williams et al 2021). Cette perception sonore a un impact significatif sur leur qualité de vie et celle de leur entourage, entraînant notamment de l'anxiété et un isolement social (Landon et al 2016 ; Bagby et al 2012).

Bien que l'on sache que la perception sonore atypique dans l'autisme regroupe des aspects psycho-acoustiques (par ex. : discrimination sonore) et émotionnels (par ex. : phonophobie), les mécanismes sous-jacents restent largement inconnus. Les études se sont surtout concentrées sur des approches qualitatives et subjectives (e.g. Stiegler 2011), rendant la pertinence de celles-ci très limitées pour les populations non verbales et avec déficience intellectuelle.

Cette thèse propose d'explorer l'utilisation de l'apprentissage automatique pour enrichir l'évaluation, la compréhension et l'amélioration de la perception sonore atypique chez les personnes autistes. Son objectif est de développer des outils permettant de classifier les sons perçus et de proposer des modulations en temps réel, pour augmenter leur acceptabilité et élargir le champ d'écoute. L'approche ne vise pas à réduire l'espace sonore, mais à l'adoucir, rendant audibles des sons auparavant perçus comme gênants. L'idée centrale est de quantifier un son gênant pour le transformer en un son acceptable, augmentant ainsi les possibilités d'écoute.

## – Objectifs de la recherche –

Nous envisageons de développer la recherche autour de deux objectifs principaux :

1. Classification personnalisée des sons : développement d'un modèle de classification personnalisée capable d'identifier les caractéristiques psychoacoustiques qui rendent certains sons plaisants ou gênants pour une personne donnée.

2. Modulation sonore adaptative : conception d'algorithmes capables de modifier les paramètres sonores (filtrage, spatialisation, modulation) pour rendre les sons plus acceptables et augmenter les possibilités d'écoute des individus.

A plus long terme, cette thèse vise à établir les bases pour l'élaboration d'un dispositif portable : optimisation des algorithmes pour le temps réel sur des appareils embarqués.

## – Méthodologie –

---

<sup>1</sup> « Personne autiste » est utilisé en lien avec les préférences de ce groupe. Les termes négatifs sont évités (par ex. : déficit). « Personne avec autisme modéré/sévère » est seulement utilisé pour préciser un diagnostic (Bottema-Beutel et al 2021).

## 1. Acquisition et annotation des données sonores

Corpus sonore : création d'une base de données représentative des sons quotidiens en collaboration avec des cliniciens et des personnes autistes. Ces sons incluront à la fois des stimuli environnementaux et musicaux. Le but de ce corpus est de réduire le nombre de sons pour la création des labels tout en augmentant les caractéristiques sous-jacentes permettant de classifier un maximum de sons a posteriori.

## 2. Classification sonore par Deep learning

Approche *Few-Shot Learning (FSL)* : utilisation de modèles (Blum et al., 2021) et (Wu et al., 2022) pour adapter des modèles pré-entraînés à la classification sonore avec peu de données, permettant de valider un modèle entraîné sur peu de stimuli sonores.

Approche *zero-shot learning* : Utilisation et raffinement d'une méthode de *zero shot learning* (sans besoin de ré-entraînement) basée sur le *contrastive pre-training (CLAP)* (Elizade et al., 2022).

Validation croisée : Comparaison avec les résultats de psycho-acoustiques obtenus dans des études récentes pour évaluer la précision et la fiabilité du modèle.

## 3. Modulation adaptative des sons

Conception d'algorithmes basés sur l'apprentissage automatique :

- Filtrage actif : Suppression, réduction, modulation des fréquences associées à l'inconfort tout en maintenant une perception claire des sons utiles à la compréhension de l'environnement. Approche séparation de sources par U-Net et floutage des régions temps fréquences "inconfortables", à l'inverse de (Cohen-Hadria et al., 2019)
- Masquage sonore : synthèse sonore additive ou soustractive pour atténuer l'impact des sons gênants et augmenter la tolérance.
- Spatialisation dynamique : Modification des différents paramètres de la spatialisation pour créer des scènes sonores plus acceptables.

## 4. Évaluation collaborative et itérative

Partenariats cliniques : Collaboration avec les équipes de la Fondation John BOST pour tester les prototypes avec les utilisateurs finaux.

Retour des parties prenantes : Intégration des commentaires des participants pour affiner les modèles et les outils en développement.

– Adéquation à l'institut –

Cette thèse s'inscrit dans le domaine des sciences des données et propose de nouvelles solutions d'analyse interactive des données complexes.

– Environnement de recherche et rôle des encadrants –

Cette recherche sera menée dans les équipes « Espaces acoustiques et cognitifs » et « Représentations musicales » du laboratoire STMS UMR 9912, hébergé par l'Institut de Recherche et de Coordination Acoustique/Musique (IRCAM) à Paris. Ces équipes sont expertes dans les domaines centraux pour ce projet.

Direction de la thèse : Charlotte Truchet (PU SU), Isabelle Viaud-Delmon (DR CNRS), Alice Cohen-Hadria (MCF SU)