

Utilisation de l'Intelligence Artificielle pour évaluer le Traitement Spatial opéré par les Prothèses Auditives

Contexte :

La perte auditive touche plus de 1,5 milliard de personnes dans le monde entraînant des répercussions psychosociales, physiques et cognitives. 434 millions de malentendants sont équipés de prothèses auditives. En France, la réforme "100% Santé" a considérablement amélioré l'accès aux prothèses auditives, mais l'intelligibilité de la parole dans le bruit demeure un défi. Les fabricants développent des algorithmes avancés intégrant la directivité microphonique adaptative et la réduction du bruit pour améliorer l'intelligibilité. Ces algorithmes, souvent associés à l'IA, détectent et localisent les sources sonores, ajustant dynamiquement la directivité des microphones et optimisant les réducteurs de bruit. Cependant, estimer leur efficacité reste difficile en raison des limites des méthodes d'évaluation actuelles. L'étude proposée vise à évaluer les performances des algorithmes d'amélioration de l'intelligibilité dans le bruit, en se concentrant sur la directivité adaptative combinée à la réduction du bruit.

L'évaluation des performances des traitements adaptatifs peut être réalisée par des méthodes subjectives (tests d'intelligibilité) très chronophages ou objectives (analyse des signaux en sortie d'appareil auditif). Cependant, les indicateurs psychoacoustiques objectifs actuels présentent des limites : HASPI 2.0 (2021) ne prédit pas l'intelligibilité dans des environnements spatialisés et MBSTOI (2018) ne prend pas en compte les pertes auditives. Wu Y-H et al. [1] ont proposé une méthode d'évaluation de cette directivité en utilisant un signal sonde et un bruit tournant autour de la prothèse auditive. Aubreville et al. [2] l'ont appliquée en 2015, mais la variation séquentielle du bruit peut influencer les résultats.

Objectif :

Le travail de thèse a pour objectif de développer une nouvelle méthode permettant d'obtenir des diagrammes polaires de captation sonore représentatifs du filtrage spatial opéré par les prothèses auditives récentes. Inspirée des travaux de Hagerman et Olofsson [3], cette méthode sépare l'énergie sonore provenant de différentes directions dans un environnement à 360° sans dépendre de la direction du signal interférent. Les premiers résultats obtenus sont prometteurs car ils ont permis de caractériser la directivité de divers systèmes microphoniques directionnels et de prothèses auditives utilisant la connectivité binaurale [4].

Méthode :

La première phase de ce projet consiste à étendre l'approche de Wu Y-H et al. à des scénarios acoustiques complexes avec plusieurs sources ou locuteurs. Cette approche nécessitera de reproduire chaque scénario acoustique dans des conditions de laboratoire, où chaque source peut être diffusée indépendamment afin d'appliquer la méthode de Hagerman et Olofsson [3]. Cependant, la méthode ne s'applique pas à des scénarios réels où les environnements acoustiques varient de manière imprévisible.

La deuxième étape du projet sera consacrée à l'utilisation de méthodes d'IA pour surmonter ces limitations et proposer des modèles capables d'évaluer la performance de la directivité des aides auditives dans des scénarios réels. Nous proposons de nous appuyer sur les approches existantes de filtrage spatial [5, 6] et sur des environnements acoustiques simulés [7] afin d'identifier des scénarios acoustiques canoniques à explorer lors des sessions d'enregistrement. Pour entraîner le modèle, les données enregistrées avec les aides auditives seront utilisées en complément de données simulées. Afin d'améliorer la robustesse aux scénarios du monde réel, nous explorerons soit un prétraitement par séparation de sources [5, 6], soit l'apprentissage auto-supervisé [8].

A partir des diagrammes polaires de captation obtenus, une corrélation avec les indicateurs psychoacoustiques existants sera réalisée. De plus, les indices binauraux dérivés des modèles et des mesures seront comparés avec ceux des modèles HRTF pour les personnes normo-entendantes. Enfin, cette approche pourra être validée par des tests d'écoute.

- [1] Y-H [Wu](#), R.A [Bentler](#), [Using a signal cancellation technique to assess adaptive directivity of hearing aids](#), [Journal of the Acoustical Society of America](#), vol **122**, n°1, 2007, pp 496-511
doi: 10.1121/1.2735804
- [2] M. [Aubreville](#), P. [Stefan](#), [Directionality assessment of adaptive binaural beamforming with noise suppression in hearing aids](#), [IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing](#), 2015, pp. 211-215
doi: 10.1109/ICASSP.2015.7177962
- [3] B. [Hagerman](#), Å. [Olofsson](#), [A method to measure the effect of noise reduction algorithms using simultaneous speech and noise](#), [Acta Acustica United with Acustica](#), vol 90, n°2, 2004, pp 356-361
- [4] B. [Maillou](#), J. [Ducourneau](#), [Development of an experimental technique for measuring polar diagrams of adaptive directivity implemented in hearing aids.](#), [Inter-Noise and Noise-Con Congress and Conference Proceedings](#), vol 270, n°8, pp. 3669-3680, 2024
doi: [10.3397/IN_2024_3357](#)
- [5] N. [Furnon](#), R. [Serizel](#), S. [Essid](#), and I. [Illina](#), [“Dnn-based mask estimation for distributed speech enhancement.”](#) [IEEE/ACM Trans. Audio Speech Lang. Process.](#), vol. 29, 2021, pp. 2310–2323
doi: 10.1109/TASLP.2021.3092838
- [6] Z. Q. [Wang](#) and D. [Wang](#), [All-neural multi-channel speech enhancement](#), in [Proc. Interspeech](#), 2018, pp. 3234–3238
doi: 10.21437/Interspeech.2018-1664
- [7] I. R. [Roman](#), C. [Ick](#), S. [Ding](#), A. S. [Roman](#), B. [McFee](#), and J. P. [Bello](#), [Spatial scaper: a library to simulate and augment soundscapes for sound event localization and detection in realistic rooms](#), In [Proc. International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing](#), 2024, pp. 1221-1225
doi:10.48550/arXiv.2401.12238
- [8] J. [Gui](#), T. [Chen](#), J. [Zhang](#), Q. [Cao](#), Z. [Sun](#), H. [Luo](#), D. [Tao](#), [A survey on self-supervised learning: Algorithms, applications, and future trends.](#), [IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence](#), 2024, pp 9052 - 9071
doi: 10.1109/TPAMI.2024.3415112

Mots Clés :

- Prothèses auditives
- Directivité adaptative
- Environnement sonore complexe
- Apprentissage profond
- Apprentissage auto-supervisé
- Traitement spatial du son

Compétences attendues des candidats :

Traitement du signal audio, acoustique et programmation. Des compétences en apprentissage profond et auto-supervisé dans le domaine de l'IA seraient un atout.

Lieu de la thèse :

Laboratoire Énergies & Mécanique Théorique et Appliquée de l'Université de Lorraine (LEMTA - UMR 7563)

2 Av. de la Forêt de Haye, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

Directeur/Co-directeur :

LEMTA : ER Acoustique Joël Ducourneau, Pr Email : joel.ducourneau@univ-lorraine.fr Tel : 03 72 74 73 24	LORIA : ER Multispeech Romain Serizel, MCF HDR Email : romain.serizel@loria.fr Tel : 03 54 95 84 85
--	---

Financement :
2200 €/mois brut

Contacts :

LEMTA - ER Acoustique	Joël Ducourneau, Pr Email : joel.ducourneau@univ-lorraine.fr Tel : 03 72 74 73 24	Balbine Maillou, MCF Email : balbine.maillou@univ-lorraine.fr Tel : 03 72 74 72 79	Adil Faiz, MCF HDR Email : adil.faiz@univ-lorraine.fr Tel : 03 72 74 73 14
LORIA – ER Multispeech	Romain Serizel, MCF HDR Email : romain.serizel@loria.fr Tel : 03 54 95 84 85		

Date limite de candidature : 11 avril 2025