

Le cerveau humain qui perçoit les sons lors du jeu à l'instrument : la réponse d'adoption de fréquence et la mémoire de travail auditive

(1) Université McGill, (2) Dawson College, (3) l'Hôpital Neurologique de Montréal

Emily Issa et Nayemur Rahman (2)
Dre Hélène Nadeau et Dre Sylvia Cox (2)

Superviseure candidate au PhD: Isabelle Arseneau-Bruneau (1, 3)
Chercheur principal: Dr. Robert J. Zatorre (1, 3)

Introduction

À l'été 2023, nous avons participé à une étude examinant une réponse neuronale de la perception auditive de sons complexes, comme la musique. Ce projet de recherche visait à déterminer comment la forme des ondes électriques produites par le cerveau reproduit celles des ondes sonores entendues. Ce phénomène avait déjà été observé en écoute passive (Skoe et Kraus, 2010). L'originalité de notre projet fut d'employer une méthode active (avec laquelle les personnes testées génèrent les stimuli auditifs en jouant sur un orgue digital) et d'examiner la réponse d'adoption de fréquence en lien avec des mesures de perception auditive comportementales.

Concepts essentiels et terminologie

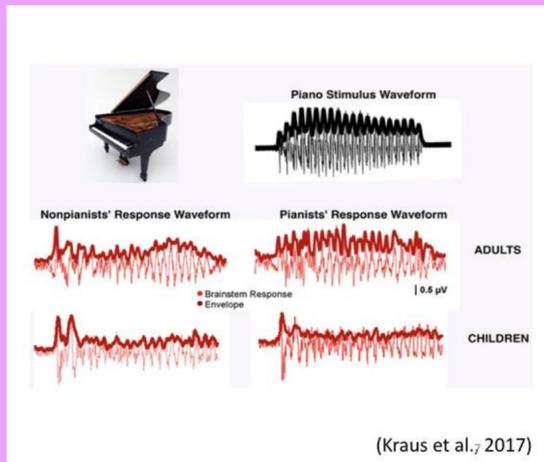
La Réponse d'Adoption de Fréquence (RAF) est:

- Un signal électrique mesuré en électroencéphalographie (EEG) (Fig.1).
- Bio-marqueur de la qualité de la perception auditive.
- Un signal neuronal capturant les caractéristiques clés des sons complexes (fig. 2, Kraus et al).
- Ressemble à l'onde acoustique du stimulus auditif (fréquences fondamentales, harmoniques)

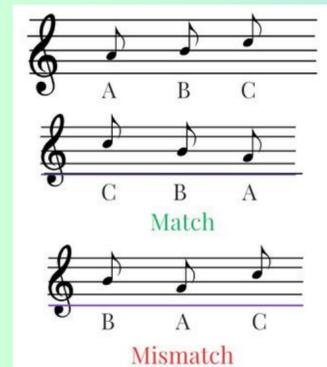
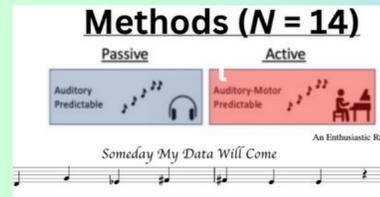
Auditivo-moteur: défini comme étant un son associé au mouvement, par exemple joué au piano par l'auditeur ou auditrice.

Processus descendants:

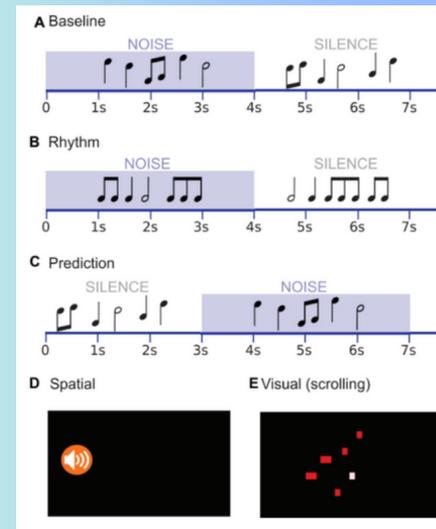
- Envoi d'informations du cerveau vers le bas jusqu'au niveau inférieur de traitement ou aux membres.
- Impliqués dans la discrimination des flux auditifs tels qu'évaluées par les tâches MINT (Music-in-Noise Task) et MAT (Mémoire de Travail Auditif).



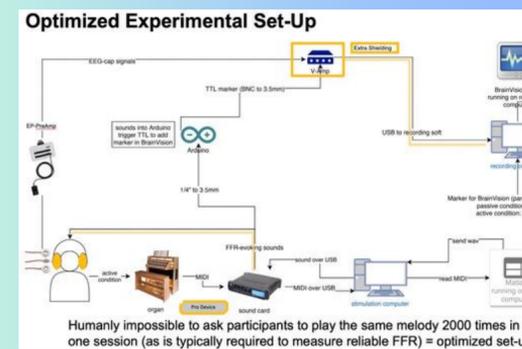
Méthodologie



Tâche Mémoire de Travail Auditif (MTA)



Music In Noise (MINT) Tâche



Humanly impossible to ask participants to play the same melody 2000 times in one session (as is typically required to measure reliable FFR) = optimized set-up!

Analyses

- Les amplitudes des RAF seront utilisées comme variable dépendante pour observer les effets de l'intégration audiomotrice sur les RAF et pour calculer les différences entre les RAF actives et passives.
- Des corrélations de Spearman ont été utilisées afin de comparer les différences de RAF passive-active et les performances des participants dans chacune des tâches comportementales.

Résultats et Conclusion

- Les RAF semblent être modulées par le couplage moteur, avec des amplitudes moins élevées pour la condition active.

→ Influences inhibitrices descendantes sur les processus sensoriels en provenance des régions motrices.

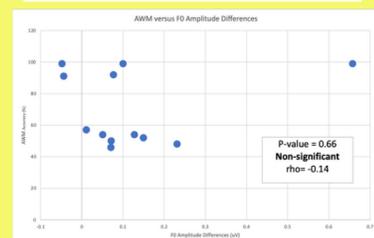
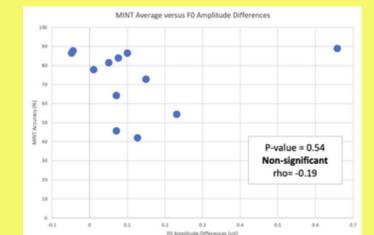
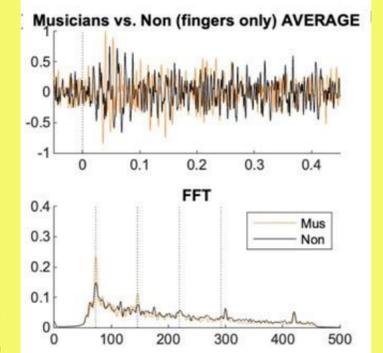
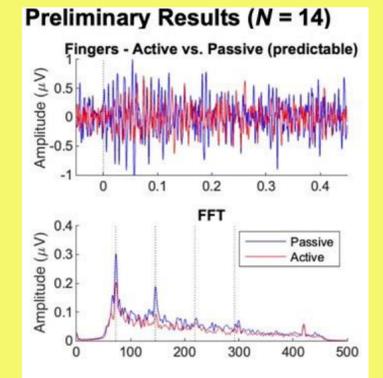
- Des amplitudes plus élevées ont été observées chez les musiciens.

→ Apprentissage à long terme pourrait renforcer le couplage audio-moteur.

- Les corrélations entre les différences d'amplitude de la fréquence fondamentale (FO) et les performances dans chacune des tâches comportementales n'étaient pas significatives. Cependant, les résultats peuvent avoir été limités par la petite taille de l'échantillon (n=12) et la présence de valeurs aberrantes.

Dans le futur:

- Extraction de la hauteur et de la latence de la RAF
- Comparer les musiciens et non-musiciens sur les mêmes caractéristiques.



Objectif de l'étude et hypothèse

- Lors d'une étude précédente, Arseneau-Bruneau et al., ont exploré comment l'intégration audiomotrice modifie les RAF lorsque les participants produisent des sons par rapport aux RAF produites par une écoute passive.
- L'objectif de notre étude est d'examiner les relations entre une tâche de musique-dans-le-bruit (MINT), une tâche de mémoire de travail auditive (MTA), et les modifications de la RAF lors du traitement audiomoteur.
- Hypothèse: Puisque la modification de la RAF, la tâche de MINT, et la tâche de MTA utilisent toutes les trois des processus descendants qui peuvent affiner la perception des sons, nous prédisons que les participants présentant des différences de RAF plus importantes entre les conditions actives et passives auront de meilleurs résultats aux tâches MINT et MTA.

Remerciements

Remerciements spéciaux à Isabelle Arseneau-Bruneau, Dre Hélène Nadeau, Dre Sylvia Cox, Dr. Robert Zatorre, ainsi qu'aux membres du laboratoire Zatorre à l'Hôpital Neurologique de Montréal.

Références

Arseneau-Bruneau, I., Fankhauser, M., Cox, L., Liu, C., Chen, E., Issa, E., Rahman, N., Payman, A., Kelle, S., Liu, M., Bernier, P., Lacroix, F., Coffey, E. B. J. and Zatorre, R. J. (2023). Influence of Sensory-Motor and Predictive Mechanisms on the Frequency Following Response. *2023 Organization for Human Brain Mapping, Montreal, Quebec, Canada*.
Behroozmand, R., Qiu, H., Nourkhalil, K. V., Kawachi, H., Larson, C. R., Brugge, J. E., Howard, M. A., & Greenlee, J. D. W. (2020). Neural Correlates of Vocal Production and Motor Control in Human Health's Signus. *Journal of Neuroscience*, 40(7), 2300-2315. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3353-19.2020>
Coffey, B. J., Arseneau-Bruneau, I., Zhang, X., and Zatorre, R. J. (2023). The Music-in-Noise Task (MINT): A Tool for Dissociating Complex Auditory Perception. *Front. Neurosci.* 17:1158. doi: 10.3389/fnins.2023.1158
Ficker, N. E., and Zatorre, R. J. (2020). A role for the intraparietal sulcus in transforming task-related information. *Cereb. Cortex* 30, 1350-1359. doi: 10.1093/cercor/bhaa099
Kraus, N., Anderson, S., White-Schwandt, T., & Richard, F. G. R. (2020). Frequency-Following Response: A Window into Human Communication. In: N. Popper, Ed. *Handbook of Auditory Research*. Springer.
Skoe, E. A., and Kraus, N. (2010). Auditory brainstem response to complex sounds: a tutorial. *Ear and hearing* 31, 302-334. doi: 10.1097/AUD.0b013e31819332b2
Zatorre, R. J., Chen, J. L., & Pikebue, V. B. (2002). When the brain plays music: motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(4), 547-558. <https://doi.org/10.1038/nrn0752>

