

# L'ÉCOUTE DICHOTIQUE CHEZ UN SUJET IMPLANTÉ COCHLÉAIRE PEUT AMÉLIORER LA PERCEPTION DE LA CLARTÉ DE LA MUSIQUE

VANNSON NICOLAS, INNES-BROWN HAMISH ET MAROZEAU JEREMY

## Résumé

*Chez un implanté cochléaire, le plaisir d'écouter de la musique est très souvent jugé non-satisfaisant. C'est pourquoi dans cette étude, nous avons tenté une nouvelle approche afin d'améliorer ce plaisir en présentant à chaque oreille séparément et simultanément la mélodie (les graves) et l'harmonie (les aigus) du même extrait de morceau de piano. La présentation simultanée d'un son à chaque oreille se nomme écoute dichotique. Nous avons ainsi fait l'hypothèse que l'augmentation artificielle de la distance entre les graves et les aigus permettrait d'obtenir une plus grande clarté sonore et probablement un plus grand plaisir d'écoute musical. Nous avons également fait l'hypothèse que la perception de l'émotion véhiculée dans chaque extrait sonore ainsi que le plaisir global d'écoute serait plus important en écoute dichotique (graves et aigus séparés), qu'en monaural (graves et aigus présentés dans une seule et même oreille) ou en diotique (graves et aigus présentés simultanément aux deux oreilles). Pour cette étude, nous avons utilisés 28 extraits de piano composés spécialement pour générer une émotion particulière (joie ou tristesse). Nous avons recruté 30 sujets adultes à qui nous avons demandé de juger chaque extrait sonore à l'aide d'un écran tactile. Nos résultats démontrent que comparée au monaural ou au diotique, l'augmentation artificielle de la distance entre graves et aigus en écoute dichotique améliore significativement la clarté sonore. Néanmoins, nos résultats restent plutôt limités puisque nous ne retrouvons pas d'amélioration de l'émotion véhiculée ni d'augmentation du plaisir d'écoute lorsque nous comparons les écoutes dichotique et diotique. Ces résultats sont issus de l'étude "Dichotic Listening Can Improve Perceived Clarity of Music in Cochlear Implant Users" de Vannson, Innes-Brown et Marozeau, publiée en anglais en 2015 dans la revue Trends in Hearing.*

## INTRODUCTION

La musique fait partie de notre environnement quotidien et elle est essentielle à une bonne qualité de vie tant chez le normo-entendant (deux oreilles saines) que chez l'implanté cochléaire (Middlebrooks & Onsan, 2012; Schulz & Kerber, 1994).

Cependant, la perception de la musique chez un implanté cochléaire est extrêmement dégradée et elle est également jugée non-satisfaisante (Limb & Rubinstein, 2012). En effet, bien que l'implant cochléaire soit capable de restaurer presque parfaitement la compréhension de la parole dans le calme, celui-ci souffre de limitations techniques lorsque le signal ou l'environnement sonore devient plus complexe (Zeng, 2004). Dans un environnement complexe dit "scène auditive" (Bregman, 1990), un sujet normo-entendant se base sur trois indices acoustiques fins (la hauteur, le timbre et la localisation) afin d'analyser les sons de cette scène auditive, c'est-à-dire arriver à discerner les différentes sources sonores qui la compose. Dans le cadre d'un morceau de musique classique par exemple, l'analyse de la scène auditive va permettre à un locuteur de distinguer tous les instruments de musique. Toutefois, chez un implanté, la perception de ces indices acoustiques est souvent dégradée, entraînant ainsi une diminution du plaisir d'écoute de la musique (McDermott, 2011, Kong, Mullangi, & Marozeau, 2012; Kong, Mullangi, Marozeau, & Epstein, 2011; Seeber, Baumann, & Fastl, 2004).

Lorsque l'on écoute de la musique au casque, la perception de l'emplacement de chaque source sonore peut varier et se retrouver soit entre les deux oreilles, soit totalement du côté de l'oreille droite ou bien totalement du côté de l'oreille gauche du locuteur. Cette sensation de latéralisation se réalise en faisant varier les indices acoustiques de l'audition binaurale (manière naturelle d'écouter avec deux oreilles saines) : le niveau sonore et le temps d'arrivée du son (Blauert, 1997). Cet effet est extrêmement utilisé en musique afin de créer une image stéréophonique d'un instrument. Ainsi, lorsque chaque instrument est

perçu à un emplacement différent, la musique jouée par chaque instrument est plus facile à ségréger, à percevoir séparément. Si on prend l'exemple de deux guitares et un mixage extrême, 100 % de la guitare 1 sera jouée dans l'oreille droite et 100 % de l'autre guitare sera perçue dans l'oreille gauche (comme la chanson *Eleonor Rigsby* des *Beatles*).

La déficience auditive dégrade l'audition binaurale et réduit la capacité d'un sujet à localiser les sons dans l'espace (Noble, Byrne, & Lepage, 1994, Florentine, 1976). A l'heure actuelle, les critères d'implantations cochléaires deviennent plus souples (Gifford, 2011 ; Gifford, Dorman, Shallop, & Sydlowski, 2010), permettant à un nombre croissant de personnes de bénéficier du système bimodal (une prothèse auditive sur une oreille et un implant sur l'autre). Malheureusement, ces deux systèmes sont totalement indépendants et ne permettent donc pas une bonne intégration de l'information auditive. Un simple mixage sonore n'aurait donc que peu d'effet (Francart, Brokx, & Wouters, 2008, 2009), c'est-à-dire jouer uniquement la musique sur la prothèse ou uniquement sur l'implant. Une étude récente (Marozeau, Innes-Brown, & Blamey, 2013a, 2013b) a démontré qu'un sujet implanté a besoin d'une grande différence physique (ou fréquentielle) afin de percevoir deux sons séparément. En se basant sur ces récents travaux, on pourrait dès lors proposer un nouveau type de mixage sonore qui séparerait totalement les différentes sources sonores.

Nous faisons donc la première hypothèse qu'un implanté aura potentiellement un meilleur accès à l'information acoustique contenue dans un morceau de musique en jouant les graves dans une oreille et les aigus dans l'autre.

L'information auditive ainsi simplifiée pourrait donner aux sujets implantés un meilleur accès au rythme, au mode (majeur ou mineur) ou bien au contenu émotionnel. Chez les NHL (normo-entendant), la joie et la tristesse sont dépendantes du tempo (vitesse de la musique mesurée en battements par minute, BPM) et du mode : un mode majeur avec un tempo rapide produira une émotion de joie. A l'inverse, un tempo

lent et un mode mineur évoquera la tristesse (Hevner, 1935 ; Peretz, Gagnon, & Bouchard, 1998). Bien que les implantés soient capables de percevoir un rythme monophonique aussi bien que les NHL (Kong, Cruz, Jones, & Zeng, 2004), ceux-ci présentent toujours des difficultés à identifier les émotions correctement. Hopyan, Gordon, and Papsin (2011) ont demandé à des enfants (implantés et contrôles) d'écouter de courts extraits sonores puis de pointer vers un visage triste ou joyeux.

Les enfants contrôles présentaient un taux d'identification presque parfait de 97.3 % alors que le taux des implantés était beaucoup plus faible (77.5 %), mais restait bien au-dessus du niveau de la chance. Volkova Trehub, Schellenberg, Papsin, and Gordon (2013) ont examiné le niveau d'identification de l'émotion chez des enfants sourds prélingaux (avant l'apparition du langage) et implantés bilatéralement (un implant sur chaque oreille) dans un contexte de parole et de musique. Ces enfants ont été capables d'identifier correctement la joie et la tristesse dans les deux contextes mais présentaient des niveaux d'identification inférieurs par rapport à leurs congénères normo-entendants.

La revue de la littérature a démontré que les sujets implantés ont une bonne discrimination du rythme d'un morceau monophonique simple. Cependant leur perception du tempo d'un morceau polyphonique est moins connue. D'après Bregman (1990), le rythme pourrait influencer la manière de percevoir différentes informations auditives. Par exemple, un tempo lent pourrait influencer défavorablement la perception des sons d'un implanté. Notre deuxième hypothèse indique que notre simplification de l'information auditive favoriserait la perception du rythme et améliorerait le niveau d'identification de l'émotion.

Enfin notre troisième et dernière hypothèse reposant sur la séparation des graves et des aigus engendrerait un plus grand plaisir d'écoute. En effet, les jugements de la musique augmentent quand cette dernière est jouée sur plusieurs canaux plutôt qu'un seul en monaural (Choisel & Wickelmaier, 2007). Par ailleurs, l'émotion véhiculée par un morceau de musique est la

première motivation à écouter de la musique (Balkwill & Thompson, 1999; Panksepp, 1995). Plusieurs études ont en effet démontré un lien étroit entre préférence et émotion ressentie (North & Hargreaves, 1997 ; Ritossa & Rickard, 2004 ; Schubert, 2007). Il serait donc intéressant de vérifier si l'amélioration de la perception des émotions peut augmenter le plaisir d'écoute de la musique chez un sujet implanté.

L'objectif de cette étude a consisté à présenter simultanément et séparément à chaque oreille la mélodie (graves) et l'harmonie (aigus) d'un même morceau de musique. En se basant sur cette stratégie, nous avons fait trois hypothèses qui permettrait d'obtenir : **1)** une plus grande clarté sonore (jugement clair/Pas clair), **2)** une meilleure identification de l'émotion (jugement joie/tristesse) et enfin, **3)** un plus grand plaisir d'écoute (j'aime/je n'aime pas).

Nous avons testé ces hypothèses chez les implantés bimodaux (BM) et les implantés bilatéralement (BL).

## MATÉRIELS ET MÉTHODE

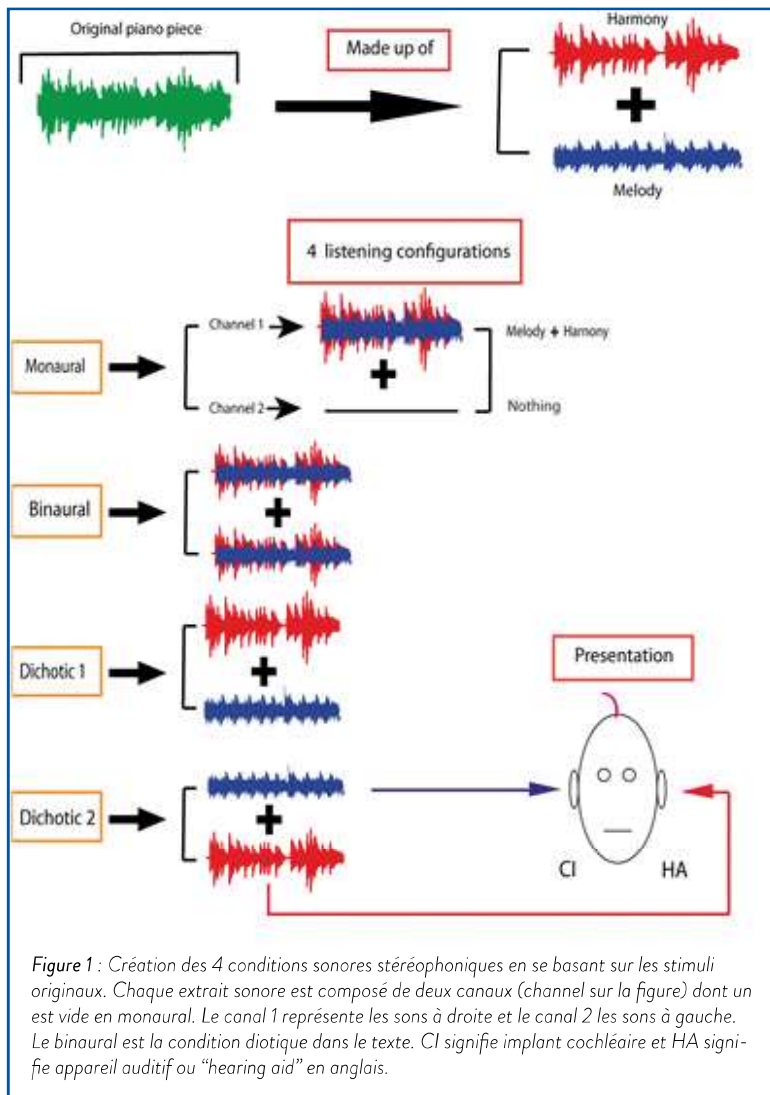
### PARTICIPANTS

Nous avons recruté 30 sujets (16 femmes et âge variant entre 19 et 77 ans) : 11 étaient normo-entendants (NHL, deux oreilles saines), 11 sujets bimodaux (BM), c'est-à-dire qu'ils étaient implantés d'un côté et portaient un appareil auditif sur l'autre oreille et 8 implantés bilatéralement (BL, deux implants). Tous les implantés avaient une expérience d'au moins un an avec leur implant et ont été recrutés par the Cochlear implant Clinic du Royal Victorian Eye and Ear Hospital. Les NHL ont répondu à une annonce locale. En outre, tous les sujets étaient non-musiciens et ont donné leur consentement par écrit.

### STIMULI

28 morceaux de musique classique (sans parole) joués au piano ont été sélectionnés parmi un jeu de stimuli sonores écrits afin d'induire une émotion particulière (Vieillard et al. 2008). 14 étaient joyeux et 14 étaient tristes. Chaque morceau dure entre 10 et

15 secondes et peut être téléchargé sur [http://www.brams.umontreal.ca/plab/downloads/Emotional\\_Clips.zip](http://www.brams.umontreal.ca/plab/downloads/Emotional_Clips.zip).



En se basant sur les extraits originaux (figure 1) qui sont composés d'une mélodie et d'une harmonie, nous avons créé quatre conditions et un total de 112 stimuli stéréophoniques:

- 1) Monaural : mélodie et harmonie envoyées uniquement à l'oreille implantée,
- 2) Diotique : mélodie et harmonie présentées simultanément dans les deux oreilles,
- 3) Dichotique : harmonie à droite et mélodie à gauche,
- 4) Dichotique 2 : dichotique 1 inversée.

L'expérience était contrôlée par le logiciel MAX/MSP (Cycling '74). Pour les NHL, les sons étaient joués aux casques (AKG K601) tandis que pour les implantés les stimuli ont été envoyés directement dans l'implant (mode "Direct Input") et par haut-parleur (GENELEC 8020B) situé à 1,2 m du locuteur pour la prothèse. Au début de l'expérience et afin d'établir un niveau sonore similaire entre chaque oreille, chaque locuteur a écouté dans chaque oreille séparément le même morceau de musique. A l'aide d'un petit écran tactile, il a ensuite ajusté lui-même le niveau sonore (l'intensité).

## PROCÉDURE

Comme les sujets étaient non-musiciens, il a fallu commencer par apprendre à tous les sujets que la mélodie (grave) d'un morceau de piano était généralement jouée par la main gauche et l'harmonie (aiguë) par la main droite. Après une session d'entraînements où les sujets se sont entraînés à écouter la différence entre la mélodie et l'harmonie, l'expérience a ensuite commencé. Les stimuli utilisés durant la session d'entraînement n'ont pas été réutilisés lors de l'expérience. Après avoir écouté un extrait (joué aléatoirement), le sujet à l'aide d'un écran tactile (figure 2, page ci-après), réalise trois jugements et passe à l'extrait suivant en cliquant sur le bouton "Next". Le premier jugement est émotionnel ( curseur du haut : *Comment jugerez-vous l'émotion de cet extrait ? Joyeux ou triste*), le deuxième concerne le plaisir d'écoute ( curseur du milieu : *Comment appréciez-vous : J'aime ou J'aime pas*) et le troisième est relatif à la clarté sonore, c'est-à-dire la capacité à distinguer clairement la mélodie de l'harmonie ( curseur du bas : *Comment arrivez-vous à distinguer les deux parties de cet extrait ? Clairement ou Non clairement*). La durée de l'expérience varie entre chaque sujet puisque celui-ci pouvait effectuer une pause à tout moment.



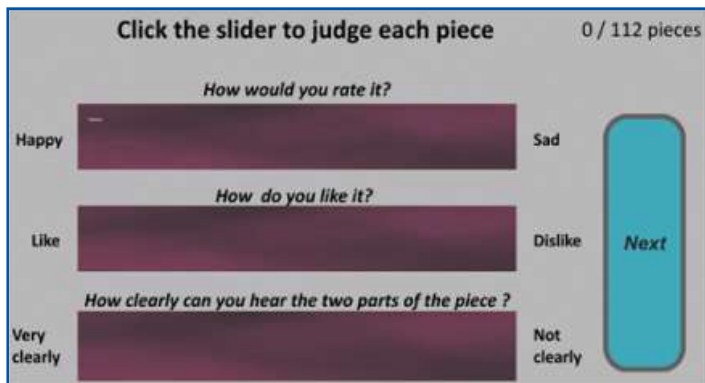


Figure 2. Ecran tactile utilisé par le sujet pour effectuer ces trois jugements. Curseur du haut : Comment jugerez-vous l'émotion de cet extrait ? Joyeux ou triste. Curseur au milieu : Comment l'appréciez-vous : J'aime ou J'aime pas. Curseur du bas : Comment arrivez-vous à distinguer les deux parties de cet extrait ? Clairement ou Non clairement. Pour valider et passer au morceau suivant le sujet appuie sur le bouton "Next" (Source : Image issue du mémoire de fin d'étude de Vannson N.)

## ANALYSE STATISTIQUE

Chaque curseur a été encodé de 1 (Joie, J'aime, Clair) à 100 (Tristesse, Je n'aime pas, Pas clair). Les sujets implantés ont une bonne perception du rythme puisque le tempo influence les réponses émotionnelles (les morceaux joyeux ont généralement un tempo plus rapide que celui des tristes) les stimuli sonores ont donc été analysés en fonction de leur tempo. Par ailleurs, l'objet de cette étude étant l'évaluation de l'effet de la condition de présentation des stimuli, nous avons donc analysé les données des normo-entendants séparément. Pour plus de précision sur la méthode statistique employée, nous invitons le lecteur à se référer à l'article original.

## RÉSULTATS

### LES NORMO-ENTENDANTS

La figure 3 décrit les jugements réalisés par les normo-entendants dans chacune des conditions. Pour plus de clarté, le tempo est exprimé en beats per minute (BPM) et a été classé en 5 catégories de la manière suivante : (a) *lento* < 73 BPM, (b) *andante*

74–98 BPM, (c) *allegretto* 99–132 BPM, (d) *vivace* 133–168 BPM, and (e) *presto* >169 BPM. Par ailleurs, les résultats des deux conditions dichotiques n'étant pas significativement différentes elles ont été regroupées en une seule condition dichotique.

D'après l'analyse statistique, la condition dichotique présente un faible effet significatif uniquement dans le jugement de clarté (figure 3, panneau de gauche). Cela signifie que la condition dichotique présente plus de clarté que les deux autres. Par ailleurs, lorsque l'on s'intéresse à l'effet du tempo, on observe un effet important de ce dernier dans le jugement joie/tristesse mais pas d'effet significatif par les deux autres jugements. Par ailleurs en se référant à la table 1, les NHL en moyenne ont jugé les morceaux joyeux à 97% comme étant joyeux et à 94% les morceaux tristes comme étant tristes.

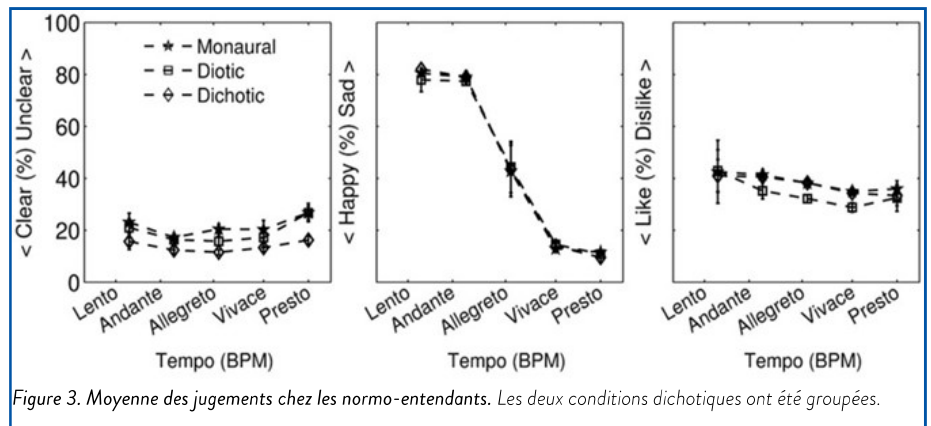


Figure 3. Moyenne des jugements chez les normo-entendants. Les deux conditions dichotiques ont été groupées.

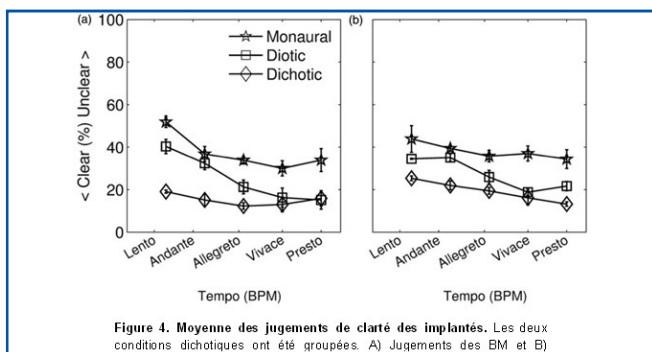
Condition	Emotion	Pourcentage de stimuli correctement identifiés en joie ou tristesse		
		NHL	BM	BL
Monaural	Joie	100	97	87
	Tristesse	95	81	78
Diotique	Joie	99	99	96
	Tristesse	92	79	81
Dichotique 1	Joie	100	99	98
	Tristesse	98	70	75
Dichotique 2	Joie	100	97	95
	Tristesse	92	77	71
Moyenne	Joie	97	97	93
	tristesse	94	77	76

Table 1. Pourcentage de stimuli correctement identifiés pour chaque condition de présentation

## LES SUJETS IMPLANTÉS

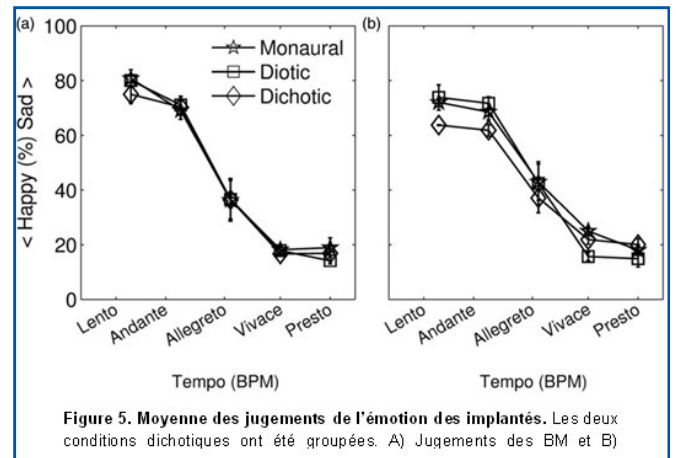
### Jugement de Clarté sonore

La figure 4 démontre la moyenne des jugements de clarté des sujets implantés (BM, panneau de gauche et BL panneau de droite) en fonction de la condition d'écoute/présentation et du tempo. Il ressort, d'après l'analyse statistique, que la situation dichotique est significativement jugée plus claire que les deux autres conditions et pour les deux groupes d'implantés. Par ailleurs, plus le tempo est rapide, plus l'extrait sonore est jugé clair. Enfin, la situation diotique, dans les deux groupes d'implantés est jugée significativement plus claire que la situation monaurale. Ce résultat démontre donc que notre hypothèse est avérée.



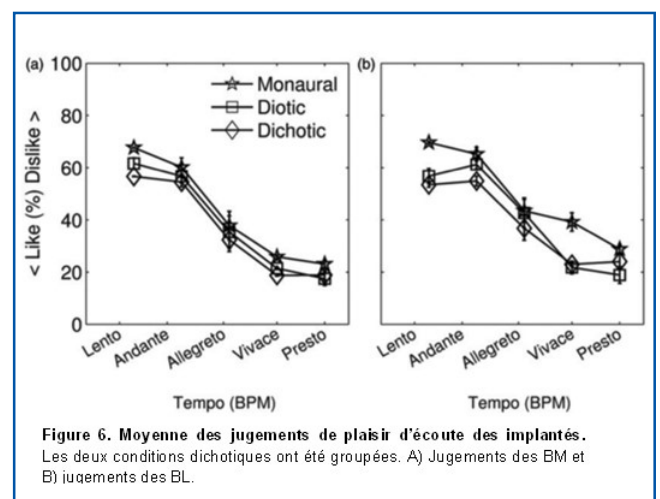
### Jugement de l'émotion : Joie/tristesse

La figure 5 représente la moyenne des jugements d'émotions des sujets implantés en fonction de la condition d'écoute/présentation et du tempo. La table 1 indique quant à elle le pourcentage de précision du jugement. Les deux groupes jugent plutôt correctement les émotions comme en atteste la table 1. En effet, les extraits joyeux sont identifiés comme étant joyeux en moyenne entre 87 et 99 % et les extraits tristes sont jugés tristes en moyenne entre 70 et 81 %. Lorsque l'on s'intéresse à l'effet de la condition, il n'y a pas de différence significative entre chacune d'entre elles. Le seul effet significatif retrouvé est celui du tempo, c'est-à-dire qu'un extrait avec un tempo rapide est jugé plus joyeux qu'un extrait possédant un tempo lent. Puisque nous ne retrouvons pas d'effet significatif de la condition d'écoute, notre seconde hypothèse n'est donc pas confirmée.



### Jugement du plaisir d'écoute

La moyenne des jugements du plaisir d'écoute des sujets implantés est représentée par la figure 6. Nous retrouvons ici un effet significatif de la condition d'écoute. En effet, les deux groupes d'implantés préfèrent la condition diotique ou dichotique à la condition monaurale. Toutefois, l'analyse statistique ne démontre pas de différence significative entre la condition dichotique et la condition diotique. Par ailleurs, lorsque le tempo est *Presto*, les BM et le BL préfèrent davantage ces extraits que lorsque ceux-ci sont *Lento*. Enfin, puisque nous ne retrouvons pas de différence significative en faveur de la condition dichotique, notre dernière hypothèse n'est pas confirmée.



## DISCUSSION

L'objectif de cette étude consistait à améliorer le plaisir d'écoute de la musique des sujets adultes porteurs d'un ou deux implant(s) cochléaire(s). Pour ce faire, nous avons artificiellement augmenté la distance en séparant la mélodie de l'harmonie ainsi qu'en les présentant séparément à chaque oreille d'un sujet. Nous avons évalué l'effet de quatre situations d'écoutes (monaural, dichotique 1, dichotique 2 et diotique) sur trois jugements : joie/tristesse, clair/pas clair, j'aime/je n'aime pas. Ces jugements ont été réalisés chez des BM (un implant et une prothèse auditive) et des BL (deux implants). Les NHL ont servi de groupe témoins.

### **HYPOTHÈSE 1 : AMÉLIORATION DE LA CLARTÉ MUSICALE**

Notre première hypothèse est confirmée. Cette confirmation est vraie pour les NHL comme pour les deux groupes de sujets porteurs d'implants qui préfèrent sensiblement la condition dichotique aux conditions monaurales ou diotiques. Il existe une différence moyenne de 20 points chez les implantés entre la condition monaurale et la condition dichotique, ce qui explique que les implantés ont bien une meilleure perception de l'indice de la latéralisation en condition d'écoute dichotique. Néanmoins, il est surprenant de ne pas retrouver de différence entre les conditions dichotique 1 et 2 chez les BM. En effet, une meilleure perception de la mélodie (graves) aurait pu être attendue du côté de la prothèse plus que du côté de l'implant, qui souffre de limitations techniques dans les basses fréquences.

### **HYPOTHÈSE 2 : AMÉLIORATION DE L'IDENTIFICATION DE L'ÉMOTION VÉHICULÉE PAR UN EXTRAIT MUSICAL**

Notre deuxième hypothèse n'est pas confirmée. En effet, la simplification d'un extrait musical ne permet pas d'améliorer l'identification de l'émotion par les implantés. Ceux-ci ont déjà une identification très élevée dans chacune des conditions de présentation. Par ailleurs, notre étude pourrait souffrir d'un effet

plafond lié au tempo. Il serait dès lors intéressant de reproduire notre expérience avec des stimuli possédant le même tempo afin d'éviter un possible biais.

### **HYPOTHÈSE 3 : AUGMENTATION DU PLAISIR D'ÉCOUTE**

Notre dernière et troisième hypothèse n'est pas confirmée bien que notre analyse statistique ait démontré une préférence pour les conditions d'écoute diotiques et dichotiques comparées à la condition monaurale. Néanmoins, présenter la mélodie et l'harmonie séparément à chaque oreille n'a pas permis d'augmenter le plaisir d'écoute lorsque l'on compare les conditions diotique et dichotique. Ce résultat suggère donc qu'une présentation binaurale permettrait déjà d'améliorer le plaisir d'écoute. Un résultat similaire a été reporté par Veekmans et al (2009). En effet, ces auteurs ont démontré que l'appréciation d'un morceau de piano était plus élevée lorsqu'un sujet porteur des deux implants (BL) écoutait ce morceau avec deux implants plutôt qu'un seul.

En outre, la figure 6 démontre un large effet inattendu du tempo sur le jugement comparé à un faible effet de la condition d'écoute. Une étude de Schellenberg and von Scheve (2012) démontre que le normoentendant ne présente pas de préférence de la musique lorsque les chansons ont un tempo rapide. Ces auteurs ont ainsi comparé 200 chansons du top 40 entre 2005 et 2009. La moitié des chansons appréciées possédaient un tempo moyen entre *andante* et *vivace* et avaient un mode mineur. Il y aurait donc plusieurs explications sur l'effet du tempo chez les implantés. Premièrement, plus le tempo est rapide, plus le niveau d'information musicale est transmis. Cela pourrait expliquer une plus grande appréciation de la musique. Deuxièmement, un tempo rapide pourrait avoir un complexe rythmique plus important.

En effet, les porteurs d'implant présentent un niveau de perception rythmique quasi intact. Ils devraient probablement plus apprécier les morceaux rapides.

Enfin, les implantés ont une perception dégradée de l'indice de hauteur et ont donc des difficultés à dis-

tinguer différentes harmonies. Le tempo serait alors considéré comme la première manière de percevoir la musique et le niveau d'appréciation varierait en fonction de ce critère, contrairement aux normoentendants qui se basent sur d'autres dimensions telles que le mode (mineur, majeur) par exemple.

## CONCLUSION

Dans cette étude nous avons proposé une stratégie afin d'augmenter le plaisir d'écoute de la musique chez l'adulte porteur d'un implant cochléaire. Cette stratégie se base sur la présentation de la mélodie et de l'harmonie d'un même morceau de piano à chaque oreille et simultanément. Ce type de présentation se nomme écoute dichotique. Nous avons ainsi fait trois hypothèses en faveur de l'écoute dichotique qui permettrait :

- i) une amélioration de la clarté sonore,
- ii) une amélioration de l'identification de l'émotion véhiculée par un morceau de musique et,
- iii) une augmentation du plaisir d'écoute.

Les résultats de cette étude démontrent que l'écoute dichotique permet une amélioration de la clarté sonore mais ne permet pas d'améliorer le niveau d'identification de l'émotion ni du plaisir d'écoute.

Cependant, notre étude démontre un effet du tempo très important. En effet, plus la musique possède un tempo rapide, plus celle-ci est appréciée des sujets implantés cochléaires.

Enfin, pour plus de détails concernant cette étude, nous invitons le lecteur ou la lectrice à se référer à l'article original en anglais "[Dichotic Listening Can Improve Perceived Clarity of Music in Cochlear Implant Users](#)" de Vannson, Innes-Brown et Marozeau publiée en anglais en 2015 dans la revue *Trends in Hearing*.

Traduction de M. Nicolas VANNSON, PhD

## Bibliographie

1. Balkwill, L.-L., & Thompson, W. F. (1999). A cross-cultural investigation of the perception of emotion in music: Psychophysical and cultural cues. *Music Perception*, 17, 43–64.
2. Blauert, J. (1997). *Spatial hearing: The psychophysics of human sound localization*. Cambridge, MA: The MIT Press.
3. Bregman, A. S. (1990). *Auditory scene analysis: The perceptual organization of sound*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Carlyon, R. P. (2004). How the brain separates sounds. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(10), 465–471.
4. Chatterjee, M., Sarampalis, A., & Oba, S. I. (2006). Auditory stream segregation with cochlear implants: A preliminary report. *Hearing Research*, 222(1–2), 100–107.
5. Choisel, S., & Wickelmaier, F. (2007). Evaluation of multi-channel reproduced sound: Scaling auditory attributes underlying listener preference. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121(1), 388–400.
6. ?Cooper, H. R., & Roberts, B. (2009). Auditory stream segregation in cochlear implant listeners: Measures based on temporal discrimination and interleaved melody recognition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 126(4), 975–1987. doi:10.1121/1.3203210
7. Faulkner, K. F., & Pisoni, D. B. (2013). Some observations about cochlear implants: Challenges and future directions. *Neuroscience Discovery*, 1(1), 9.
8. Florentine, M. (1976). Relation between lateralization and loudness in asymmetrical hearing losses. *Journal of the Acoustical Society of America*, 60(6), 243–251.
9. Francart, T., Brox, J., & Wouters, J. (2008). Sensitivity to interaural level difference and loudness growth with bilateral bimodal stimulation. *Audiology and Neurotology*, 13(5), 309–319.
10. Francart, T., Brox, J., & Wouters, J. (2009). Sensitivity to interaural time differences with combined cochlear implant and acoustic stimulation. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 10(1), 131–141.
11. Gfeller, K., Christ, A., Knutson, J., Witt, S., & Mehr, M. (2003). The effects of familiarity and complexity on appraisal of complex songs by cochlear implant recipients and normal hearing adults. *Journal of Music Therapy*, 40(2), 78.
12. Gifford, R. H. (2011). Who is a cochlear implant candidate? *The Hearing Journal*, 64(6), 16–18.



13. Gifford, R. H., Dorman, M. F., Shallop, J. K., & Sydlowski, S. A. (2010). Evidence for the expansion of adult cochlear implant candidacy. *Ear and Hearing, 31*(2), 186–194.
14. Hevner, K. (1935). The affective character of the major and minor modes in music. *The American Journal of Psychology, 47*(1), 103–118.
15. Hong, R. S., & Turner, C. W. (2009). Sequential stream segregation using temporal periodicity cues in cochlear implant recipients. *Journal of the Acoustical Society of America, 126*(1), 291–299. doi:10.1121/1.3140592
16. Hopyan, T., Gordon, K., & Papsin, B. (2011). Identifying emotions in music through electrical hearing in deaf children using cochlear implants. *Cochlear Implants International, 12*(1), 21–26.
17. Kong, Y.-Y., Cruz, R., Jones, J. A., & Zeng, F.-G. (2004). Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing. *Ear and Hearing, 25*(2), 173–185.
18. Kong, Y.-Y., Mullangi, A., & Marozeau, J. (2012). Timbre and speech perception in bimodal and bilateral cochlear-implant listeners. *Ear and Hearing, 33*(5), 645–659. doi:10.1097/AUD.0b013e318252caae.
19. Kong, Y.-Y., Mullangi, A., Marozeau, J., & Epstein, M. (2011). Temporal and spectral cues for musical timbre perception in electric hearing. *Journal of Speech Language and Hearing Research, 54*, 981–994. doi:10.1092-4388\_2010\_10-0196
20. Limb, C. J., & Rubinstein, J. T. (2012). Current research on music perception in cochlear implant users. *Otolaryngologic Clinics of North America, 45*(1), 129–140.
21. Looi, V., McDermott, H., McKay, C., & Hickson, L. (2008). The effect of cochlear implantation on music perception by adults with usable pre-operative acoustic hearing. *International Journal of Audiology, 47*(5), 257–268. doi:10.1080/14992020801955237
22. Marozeau, J., Innes-Brown, H., & Blamey, P. J. (2013a). The acoustic and perceptual cues in melody segregation for listeners with a cochlear implant. *Frontiers in Psychology, 4*, 790.
23. Marozeau, J., Innes-Brown, H., & Blamey, P. J. (2013b). The effect of timbre and loudness on melody segregation. *Music Perception, 30*(3), 259–274.
24. McDermott, H. (2011). Music perception. In A. N. P. Fan-Gang Zeng, & R. F. Richard (Eds.), *Auditory prostheses: New horizons* (pp. 305–339). New York, NY: Springer.
25. Middlebrooks, J. C., & Onsan, Z. A. (2012). Stream segregation with high spatial acuity. *The Journal of the Acoustical Society of America, 132*(6), 3896–3911.
26. Noble, W., Byrne, D., & Lepage, B. (1994). Effects on sound localization of configuration and type of hearing impairment. *The Journal of the Acoustical Society of America, 95*(2), 992–1005.
27. North, A. C., & Hargreaves, D. J. (1997). Liking, arousal potential, and the emotions expressed by music. *Scandinavian Journal of Psychology, 38*(1), 45–53.
28. Oxenham, A. J. (2008). Pitch perception and auditory stream segregation: Implications for hearing loss and cochlear implants. *Trends in Amplification, 12*(4), 316–331.
29. Panksepp, J. (1995). The emotional sources of “chills” induced by music. *Music Perception, 13*, 171–207.
30. Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: Perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition, 68*(2), 111–141.
31. Ritossa, D. A., & Rickard, N. S. (2004). The relative utility of ‘pleasantness’ and ‘liking’ dimensions in predicting the emotions expressed by music. *Psychology of Music, 32*(1), 5–22.
32. Schellenberg, E. G., & von Scheve, C. (2012). Emotional cues in American popular music: Five decades of the top 40. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts, 6*(3), 196–203.
33. Schubert, E. (2007). The influence of emotion, locus of emotion and familiarity upon preference in music. *Psychology of Music, 35*(3), 499–515.
34. Schulz, E., & Kerber, M. (1994). Music perception with the MED-EL implants. *Advances in Cochlear Implants, 326–332*.
35. Seeber, B. U., Baumann, U., & Fastl, H. (2004). Localization ability with bimodal hearing aids and bilateral cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America, 116*(3), 1698–1709.
36. Veekmans, K., Ressel, L., Mueller, J., Vischer, M., & Brockmeier, S. J. (2009). Comparison of music perception in bilateral and unilateral cochlear implant users and normal-hearing subjects. *Audiology and Neurootology, 14*(5), 315–326. doi:000212111
37. Vieillard, S., Peretz, I., Gosselin, N., Khalfa, S., Gagnon, L., Bouchard, B. (2008). Happy, sad, scary and peaceful musical excerpts for research on emotions. *Cognition & Emotion, 22*(4), 720–752.
38. Volkova, A., Trehub, S. E., Schellenberg, E. G., Papsin, B. C., & Gordon, K. A. (2013). Children with bilateral cochlear implants identify emotion in speech and music. *Cochlear Implants International, 14*(2), 80–91.
39. Zeng, F. G. (2004). Trends in cochlear implants. *Trends in Amplification, 8*(1), 1–34.