

LES INTERACTIONS ENTRE LES TRAITEMENTS DE LA MUSIQUE ET DU LANGAGE

BÉNÉDICTE POULIN-CHARRONNAT & PIERRE PERRUCHET (LEAD - CNRS UMR5022, Univ. Bourgogne Franche-Comté, Dijon)

Alors même que la musique et le langage sont deux systèmes qui présentent de prime abord des différences évidentes, ils possèdent, au-delà de ces différences, des similitudes importantes. La musique comme le langage, est un système complexe spécifique à l'être humain, dans lequel des éléments discrets organisés temporellement conduisent à l'émergence de régularités qui peuvent être apprises implicitement par le système cognitif.

Ces similitudes ont conduit la recherche en cognition musicale à s'intéresser aux relations entre les traitements de la musique et du langage, et à étudier si ces deux systèmes partageaient des processus cognitifs et neuronaux communs. Ce champ d'étude a été marqué principalement par l'opposition entre une vision modulaire, qui supposait des modules de traitement distincts pour la musique et le langage, avec une perspective théorique postulant que les traitements de la musique et du langage présentaient un large chevauchement tant au niveau cognitif que neuronal.

Musique et langage : des modules de traitement distincts

Dès les années 70, les données issues de la neuropsychologie ont alimenté l'idée d'une indépendance fonctionnelle entre les traitements de la musique et du langage (1). Des doubles dissociations ont été rapportées, dans lesquelles certains patients présentaient des troubles du langage sans trouble de la musique, alors que d'autres patients

présentaient des troubles de la musique sans trouble du langage. Dans le cas de l'agnosie auditive, par exemple, les patients ne parviennent pas à reconnaître des chansons qui leur sont connues à partir de la musique seule, alors qu'ils parviennent à reconnaître ces mêmes chansons à partir des paroles présentées sans musique. La configuration inverse a été observée chez des patients souffrant d'agnosie verbale, chez qui la reconnaissance des chansons connues à partir de la musique seule est préservée, alors qu'ils ne reconnaissent pas ces chansons à partir des paroles seules. Ces doubles dissociations neuropsychologiques ont conduit à penser que les traitements de la musique et du langage présentaient une indépendance fonctionnelle et neuronale. Ainsi, Peretz et Coltheart (2003) ont proposé une vision modulaire du traitement de la musique restée très influente (Figure 1). Cependant les techniques récentes de neuroimagerie ont apporté un éclairage nouveau sur les relations entre les différentes formes de traitement.

Musique et langage : Des ressources neurales partagées

Contrairement au tableau dépeint par les données neuropsychologiques, à la fin des années 90, des études électroencéphalographiques (EEG) et magnétoencéphalographiques (MEG), puis d'Imagerie Fonctionnelle par Résonance Magnétique (fMRI) dans les années 2000, ont montré un large chevauchement des réseaux neuronaux impliqués dans les traitements de la musique et du langage, remettant

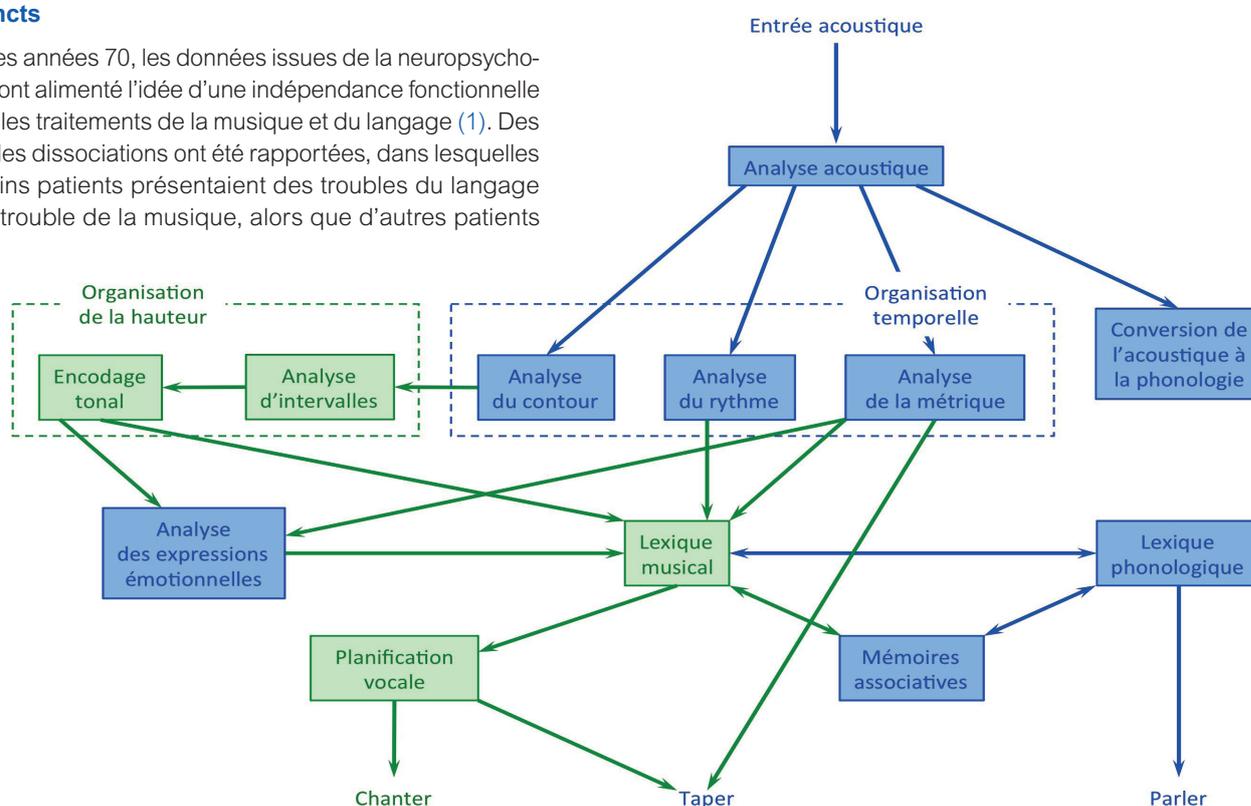


Figure 1 - Un modèle modulaire du traitement de la musique adapté d'après Peretz et Coltheart (2003). En vert, les modules de traitement spécifiques à la musique.

ainsi en question la vision modulaire de ces traitements. D'une part, les marqueurs neurophysiologiques, principalement les potentiels évoqués observés lors du traitement de la syntaxe musicale sont apparus très similaires à ceux observés quelques années plus tôt pour le traitement de la syntaxe linguistique, et d'autre part l'activation d'aires cérébrales connues pour être impliquées dans le traitement du langage, comme le gyrus frontal inférieur et plus particulièrement l'aire de Broca, a également été observée lors du traitement de la musique.

Dans une étude en EEG, Patel et al. (1998) (2) ont évalué la spécificité linguistique de la composante P600 (une réponse cérébrale électrique positive apparaissant 600 ms après la violation syntaxique), évoquée par des mots difficiles à intégrer syntaxiquement à l'intérieur d'une phrase. Les auteurs comparaient les marqueurs neuronaux évoqués par des incongruités syntaxiques (phrase grammaticale versus phrase grammaticalement complexe ou non-grammaticale) à ceux évoqués par des incongruités de la syntaxe musicale (un élément musical appartenant à la tonalité d'origine *versus* un élément musical appartenant à une tonalité proche ou éloignée de la tonalité d'origine). Les résultats ont montré que les deux types d'incongruités (linguistiques et musicales) évoquaient des composantes P600 extrêmement similaires, tant au niveau de leur latence, de leur amplitude que de leur distribution sur le scalp, ce qui suggère que les mêmes marqueurs neuronaux sont impliqués dans les traitements syntaxiques de la musique et du langage.

Concernant les aires cérébrales impliquées, Maess et al. (2001) (3) ont conduit une étude en MEG, qui comparait le traitement syntaxique d'un élément musical relié (un accord de tonique) à celui d'un élément musical non-relié (un accord napolitain). Ces auteurs ont réalisé une analyse de localisation de sources pour spécifier la (ou les) aire(s) cérébrale(s) impliquées dans ce traitement de la syntaxe musicale. Ils ont obtenu une composante mERAN (une réponse cérébrale négative précoce apparaissant environ 250 ms après la violation de la syntaxe musicale), évoquée par les éléments musicaux non-reliés, et présente dans les deux hémisphères à l'intérieur de la partie inférieure du *pars opercularis* (au niveau du gyrus frontal inférieur, à l'intérieur de l'aire de Brodmann BA44). Dans l'hémisphère gauche, cette région correspond à l'aire de Broca, qui a longtemps été considérée comme étant spécifiquement dédiée au traitement du langage. Les résultats de cette étude suggèrent ainsi que l'aire de Broca est également impliquée dans le traitement de la musique, et que son implication n'est pas uniquement associée au traitement du langage comme initialement pensé.

Des études ultérieures, conduites en IRMf, ont corroboré ces résultats. Tillmann, et al. (2003) (4), par exemple, ont observé une activation du gyrus frontal inférieur, de l'operculum frontal et de l'insula nettement plus prononcée pour des éléments musicaux non-reliés comparés à des éléments musicaux reliés.

Pour réconcilier les données provenant de la neuroimagerie avec les données issues de la neuropsychologie, Patel (2008) (5) a proposé l'hypothèse de ressources partagées

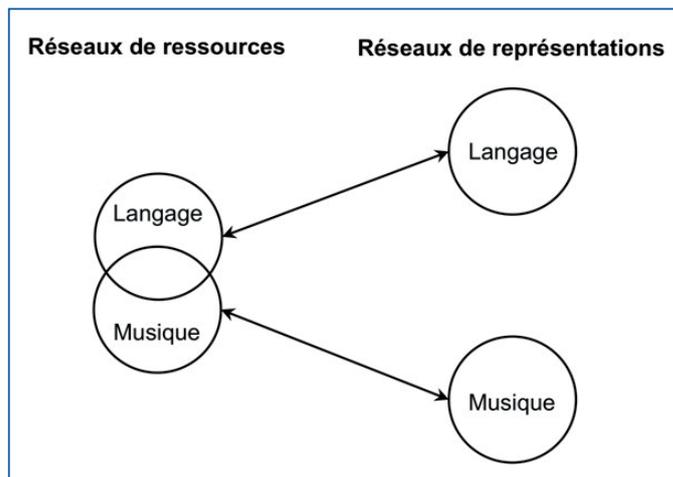


Figure 2 - Représentation schématique de la Shared Syntactic Integration Resource Hypothesis (SSIRH) adaptée de Patel (2008).

pour l'intégration syntaxique (*Shared Syntactic Integration Resource Hypothesis, SSIRH*).

L'hypothèse de ressources partagées pour l'intégration syntaxique

Les déficits spécifiques observés en neuropsychologie seraient dus à des dommages portant sur les représentations, supposées indépendantes pour la musique et le langage, et non sur les mécanismes d'intégration syntaxique, supposés en partie communs (Figure 2).

La SSIRH permet de faire des prédictions qui peuvent être testées expérimentalement en présentant simultanément des stimulations musicales et linguistiques contenant (ou non) des violations syntaxiques. La SSIRH prédit des effets additifs des violations des syntaxes linguistiques et musicales. Lorsque les deux types de violations sont présentés simultanément, leur traitement devrait être d'autant plus perturbé.

Slevc et al. (2009) (6) ont manipulé les traitements des syntaxes linguistique et musicale. Les participants réalisaient une tâche de lecture autogérée, dans laquelle ils commandaient l'apparition de phrases segment par segment, chaque segment étant synchronisé avec l'écoute d'un élément musical. La manipulation de la syntaxe linguistique consistait en une phrase en *garden path*. Dans une phrase en *garden path*, le début de la phrase conduit à une interprétation, qui se révèle ensuite être fautive, contraignant à reprendre l'analyse à son début. Par exemple, dans la phrase en anglais, « *The attorney advised the defendant was guilty* », le lecteur analysera initialement *the defendant* comme étant l'objet direct de *advised*, et non pas comme étant le sujet de *was guilty*. Cette mauvaise analyse initiale ralentit les temps de lecture sur le mot *was* comparé à une phrase sans *garden path* comme « *The attorney advised that the defendant was guilty* », où l'ajout du mot *that* enlève l'ambiguïté de l'analyse syntaxique.

La manipulation de la syntaxe musicale, quant à elle, était l'appartenance (relié) ou non (non-relié) d'un élément musical à la tonalité de la séquence musicale.

La SSIRH prédit que la perturbation créée par le *garden path* devrait être d'autant plus importante qu'elle est associée à un élément musical non-relié, ce qui a été confirmé. La question reste, cependant, de savoir si l'effet observé est

spécifiquement lié à la nature syntaxique des traitements, tel que formulé dans la SSIRH. Pour répondre à cette question. Slevc et al. ont également combiné une manipulation linguistique d'ordre sémantique avec la même manipulation de syntaxe musicale. Un des mots de la phrase était soit sémantiquement relié, soit sémantiquement non-relié au contexte de la phrase. Par exemple, la phrase « *The boss warned the mailman to watch for angry dogs when delivering the mail* » était opposée à la phrase « *The boss warned the mailman to watch for angry pigs when delivering the mail* ». D'après la SSIRH, la différence de traitement entre ces deux phrases ne devrait pas être influencée par les manipulations de la syntaxe musicale, ce qui a été de nouveau observé. Les auteurs ont alors conclu à l'existence d'un processeur syntaxique commun et spécifique au traitement de la musique et du langage.

Musique et langage : des ressources cognitives générales

Que les traitements de la musique et du langage reposent sur un processeur commun spécifique à la syntaxe a été remis en cause par Perruchet et Poulin-Charronnat (2013) (7). Ces auteurs ont repris exactement la méthodologie de Slevc et al. [2009 (6)], mais en introduisant un *garden path* de nature sémantique, plus proche en coût de traitement du *garden path* syntaxique que l'incongruité sémantique initialement exploitée par Slevc et al. Un exemple de *garden path* sémantique en français est la phrase « Repasse-moi cette *chemise*, j'aimerais la ranger avec les autres documents du dossier qui nous intéressent », comparé à la phrase « Repasse-moi cette *lettre*, j'aimerais la ranger avec les autres documents du dossier qui nous intéressent ». Les résultats ont montré un effet *garden path* sémantique qui était, comme le *garden path* syntaxique, considérablement plus large lorsque couplé à l'élément musical non-relié comparé à l'élément musical relié. Contrairement à la prédiction de la SSIRH, des interactions peuvent donc être observées sans qu'un hypothétique intégrateur syntaxique soit impliqué. Perruchet et Poulin-Charronnat (7) ont proposé que des ressources cognitives plus générales, soient impliquées dans les interactions observées entre les traitements de la musique et du langage, notamment des ressources attentionnelles. Lorsque les ressources attentionnelles sont sollicitées par un traitement complexe de la musique ou du langage, le traitement simultané de l'autre système est impacté puisqu'il reste moins de ressources attentionnelles pour l'effectuer. Par ailleurs, cela pourrait signifier que les interactions observées entre les traitements de la musique et du langage ne sont pas spécifiques à ces deux systèmes. Les ressources cognitives impliquées dans les traitements du langage et de la musique, notamment attentionnelles, le sont aussi dans nombre d'autres traitements cognitifs. Il est ainsi raisonnable de penser que des interactions similaires puissent être observées avec d'autres systèmes (e.g., Hoch & Tillmann, 2012 (8), pour des interactions observées entre le traitement de la musique et des mathématiques).

Conclusion

Comme proposé par la SSIRH, il existe des interactions entre les traitements de la musique et du langage. Cependant, contrairement à ce que prédit la SSIRH qui postule l'existence d'un processeur spécifique au traitement de la syntaxe en musique et en langage, ces interactions ne se limitent pas aux seuls traitements syntaxiques. Des mécanismes cognitifs généraux impliqués dans les traitements de la musique et du langage, et d'autres activités cognitives de haut niveau, seraient responsables des interactions observées.

Cette implication de mécanismes cognitifs généraux dans les interactions entre les traitements de la musique et du langage, n'est pas opposée à toute approche modulaire. Des modules de traitement spécifiques de la musique ou du langage pourraient requérir des mécanismes généraux comme l'attention (ce qui conduirait à des interactions), alors qu'une atteinte de ces modules engendrerait des dissociations neuropsychologiques. Par ailleurs, Peretz et al. (2015) (9) soulignent qu'observer un chevauchement neural n'implique pas nécessairement un partage des circuits neuronaux. Les traitements de la musique et du langage pourraient activer des réseaux de neurones distincts dans une même aire cérébrale.

La question des interactions entre les traitements du langage et de la musique est une question importante car elle alimente le débat sur l'évolution de la cognition humaine. Si des circuits neuronaux sont réellement partagés entre les traitements de la musique et du langage, est-ce parce que l'un de ces circuits a été recyclé au cours de l'évolution, et si oui lequel est antérieur ? Finalement, ces interactions sont également importantes pour répondre à des objectifs cliniques et éducatifs, au travers des effets de transfert qui pourraient être observés entre ces deux systèmes, et qui feront l'objet de l'article de Mireille Besson et Mylène Barbaroux « Cerveau, musique et langage : Transfert d'apprentissage » dans ce dossier.

benedicte.poulin@u-bourgogne.fr
pierre.perruchet@u-bourgogne.fr

RÉFÉRENCES

- (1) Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). *Nature Neuroscience*, 6 (7), 688-691. doi:10.1038/nn1083
- (2) Patel, A. D. et al. (1998). *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10 (6), 717-733. doi:10.1162/089892998563121
- (3) Maess, B. et al. (2001). *Nature Neuroscience*, 4 (5), 540-545. doi:10.1038/87502
- (4) Tillmann, B. et al. (2003). *Cognitive Brain Research*, 16 (2), 145-161. doi:10.1016/S0926-6410(02)00245-8
- (5) Patel, A. D. (2008). *Music, language, and the brain*. New York: Oxford University Press.
- (6) Slevc, L. R. et al. (2009). *Psychonomic Bulletin & Review*, 16 (2), 374-381. doi: 10.3758/16.2.374
- (7) Perruchet, P., & Poulin-Charronnat, B. (2013). *Psychonomic Bulletin & Review*, 20 (2), 310-317. doi: 10.3758/s13423-012-0344-5
- (8) Hoch, L., & Tillmann, B. (2012). *Acta Psychologica*, 140 (3), 230-235. doi:10.1016/j.actpsy.2012.03.008
- (9) Peretz, I. et al. (2015). *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 370 (1664), 68-75. doi: 10.1098/rstb.2014.0090