

Étudier les attentes musicales de l'auditeur non-musicien : le paradigme d'amorçage musical

Barbara Tillmann* & Bénédicte Poulin-Charronnat*

RESUME : L'auditeur occidental devient sensible aux régularités du système musical tonal par simple exposition aux pièces musicales. Les connaissances implicites ainsi acquises permettent à l'auditeur de développer des attentes musicales sur les événements à venir. Ces attentes jouent un rôle dans l'expressivité musicale, mais elles influencent également le traitement des événements musicaux. Le paradigme d'amorçage musical est une méthode indirecte qui permet d'étudier les connaissances tonales de l'auditeur ainsi que l'influence des attentes musicales sur la vitesse de traitement. Des données comportementales montrent que le traitement d'un événement musical est facilité lorsqu'il est relié (et donc supposé être « attendu ») plutôt que non-relié ou moins relié au contexte musical qui le précède. Les données neurophysiologiques montrent que le traitement d'un événement moins attendu nécessite plus de ressources neuronales qu'une structure musicale plus prototypique, notamment des études d'imagerie cérébrale montrent des activations plus fortes dans le cortex frontal inférieur. Dans l'ensemble, les recherches présentées montrent que l'étude des attentes musicales contribue, avec l'exemple d'une structure acoustique complexe non-verbale, à mieux comprendre comment les connaissances que notre cerveau acquière implicitement sur notre environnement influencent notre perception.

Mots clés : connaissances implicites, attentes, amorçage, expertise musicale, apprentissage implicite, structures musicales

ABSTRACT: Investigating Musical Expectations of Non-Musician Listeners: The Musical Priming Paradigm. Western listeners become sensitive to the regularities of the Western tonal system by mere exposure to musical pieces. The implicitly acquired tonal knowledge allows listeners to develop musical expectations for future events of a musical sequence. These expectations play a role for musical expressivity and influence the processing of musical events. The musical priming paradigm is an indirect investigation method that allows studying listeners' tonal knowledge and the influence of musical expectations on processing speed of musical events. Behavioral data sets have shown that the processing of a musical event is facilitated when it is tonally related (and supposed to be "expected") in comparison to when it is unrelated or less-related to the preceding tonal context. Neurophysiological data sets have shown that the processing of a less-expected event requires more neural resources than the processing of more prototypical musical structures. For example, studies

* Université Claude Bernard - Lyon I, CNRS UMR 5020, Neurosciences et Systèmes Sensoriels, 50 Av. Tony Garnier, F-69366 Lyon Cedex 07, France. Tel : +33 (0) 4 37 28 74 93 ; Fax : +33 (0) 4 37 28 76 01. barbara.tillmann@olfac.univ-lyon1.fr

• LEAD-CNRS UMR 5022, Université de Bourgogne, Pôle AAFE, 2 Esplanade Erasme, BP 26513, 21065 Dijon cedex. Tel: +33 (0) 3 80 39 57 88, Fax: +33 (0) 3 80 39 57 67. Courriel : benedicte.poulin@u-bourgogne.fr

using functional magnetic resonance imaging have reported increased activation in the inferior frontal cortex for unexpected musical events. Studying musical expectations – as an example of processing complex, non-verbal acoustic structures – contributes to a better understanding of the processes underlying the acquisition of implicit knowledge about our auditory environment as well as about the influence of this knowledge on perception.

Keywords: implicit knowledge, expectations, priming, musical expertise, implicit learning, musical structures

La musique tonale représente un exemple de système complexe, hautement structuré avec de fortes régularités d'utilisation des éléments musicaux (fréquences d'occurrence, fréquences de co-occurrence). Par simple exposition aux pièces musicales, l'auditeur acquiert des connaissances implicites sur les régularités sous-jacentes au système tonal. Ces connaissances influencent la perception et la mémorisation des séquences musicales (Dowling & Harwood, 1986 ; Francès, 1958 ; Krumhansl, 1990). « Le 'sentiment tonal' (l'acculturation) se développe comme un système d'habitudes perceptives qui s'enchaînent les unes aux autres, sans que les termes objectifs dont dépend leur acquisition soient consciemment posés par les sujets, ceux-ci ignorent ce qu'est l'accord parfait, la tonique, la dominante, la cadence jusqu'au moment où l'éducation la leur révèle » (Francès, 1958, p. 108).

Même si les auditeurs non-musiciens sont incapables de nommer explicitement les différentes catégories et relations définies par la théorie musicale, ils ont des connaissances implicites sur les éléments qui constituent ces catégories, leurs fonctions et leurs relations. À titre métaphorique, on peut dire qu'un non-musicien serait comme un enfant qui apprend sa langue maternelle par simple exposition et qui comprend des phrases sans être capable de nommer les catégories grammaticales. Les connaissances implicites sur le langage et la musique sont acquises à travers des processus d'apprentissage implicite. Ces processus permettent l'acquisition de nouvelles connaissances sans la nécessité qu'elles soient explicitement verbalisables (Seger, 1994), et plus encore, l'acquisition d'informations hautement complexes qui ne pourraient probablement pas être acquises de façon explicite (Reber, 1989).

Des recherches dans le domaine de la cognition musicale ont mis en évidence que l'auditeur non-musicien est sensible à des manipulations fines de la structure musicale et peut être décrit comme « un expert implicite de la perception musicale » (voir Bigand & Poulin-Charronnat, 2006 ; Tillmann, Bharucha & Bigand, 2000 pour des revues). La comparaison des auditeurs musiciens et non-musiciens est importante pour l'hypothèse d'un apprentissage implicite du système tonal. Les musiciens possèdent une connaissance explicite de la théorie musicale (dispensée par les écoles de musique) et une longue pratique de la musique. Les non-musiciens sont simplement acculturés au système tonal par un contact répété avec le matériel musical. Des performances comparables pour des auditeurs de différents degrés d'expertise musicale soulignent que la simple exposition aux pièces musicales permet d'acquérir et de développer des connaissances implicites sur le système tonal et de percevoir des relations entre les événements musicaux. Le présent article présente des recherches du domaine de la cognition musicale qui ont focalisé sur les attentes musicales que l'auditeur développe grâce à ses connaissances sur la musique occidentale tonale.

1. LES ATTENTES MUSICALES

Un contexte, que ça soit un mot ou une note musicale, permet à l'auditeur de développer des attentes sur les événements à venir. Ces attentes, selon les cas, faciliteront ou retarderont le traitement du signal. La perception d'un événement attendu est plus rapide et plus correcte que la perception d'un événement non-attendu. Les attentes perceptives peuvent être basées sur des similarités physiques entre les événements, ou sur les connaissances de l'auditeur sur la structure des événements (e.g., probabilité de co-occurrence des événements). Pour la musique, les deux sources d'attentes sont souvent confondues dans des extraits musicaux réels. Afin de focaliser sur les attentes cognitives, les matériaux expérimentaux doivent contrôler les similarités acoustiques entre le contexte et l'événement à traiter. Il était raisonnable de penser que les auditeurs non-musiciens développeraient des attentes sensorielles plutôt que cognitives, cependant les résultats montrent que même les auditeurs non-musiciens ont des connaissances sur le système musical qui leur permettent de développer des attentes tonales et temporelles. Pour la musique, les attentes jouent également un rôle essentiel dans l'expressivité musicale. Le compositeur (ou l'improvisateur) jouerait avec les attentes perceptives de l'auditeur en les résolvant plus ou moins tardivement et plus ou moins partiellement. Selon Meyer (1956), ce jeu avec les attentes serait à l'origine de l'expressivité musicale communiquée par l'œuvre.

2. LE PARADIGME D'AMORÇAGE MUSICAL

Le paradigme d'amorçage est une méthode d'investigation implicite qui permet d'étudier l'influence des attentes perceptives sur la vitesse et la précision du traitement d'un événement. Il a été amplement utilisé dans des recherches psycholinguistiques (voir McNamara, 2005 ; Neely, 1991 pour des revues) et introduit pour la cognition musicale par Bharucha et Stoeckig (1986).

Dans le paradigme d'amorçage, la relation musicale entre un contexte amorce (e.g. un accord, une séquence d'accords) et un événement cible (e.g., un accord) est systématiquement manipulée. La cible est tonalement reliée ou non-reliée au contexte. L'hypothèse est que l'écoute du contexte active les connaissances musicales et permet de développer des attentes sur les événements à venir. Un accord relié est supposé être plus attendu à la fin d'une séquence qu'un accord non-relié. Afin de focaliser sur les composantes cognitives de l'amorçage musical, un amorçage sensoriel par répétition est contrôlé : le matériel est construit de telle sorte que la cible reliée n'apparaît pas dans le contexte (ou apparaît moins souvent que la cible non-reliée/moins reliée) (Bigand et al., 2003 ; Tekman & Bharucha, 1998). La spécificité du paradigme d'amorçage réside dans le fait qu'on ne demande pas aux participants de juger explicitement la relation musicale entre contexte et cible, mais d'effectuer un jugement perceptif dichotomique simple sur la cible. On leur demande, par exemple, de décider aussi rapidement et correctement que possible si l'accord cible contient ou non une note dissonante (Bharucha & Stoeckig, 1986 ; Bigand & Pineau, 1997) ou si l'accord cible est joué par un instrument A ou B (Tillmann et al., 2006). Le point critique est de mesurer comment la réalisation de cette tâche perceptives sur l'événement cible est influencée par la relation musicale de cet événement avec le contexte. En plus des attentes tonales (i.e., quel type d'événement musical est attendu), ce paradigme permet également d'étudier les attentes temporelles (quand un

événement est attendu) en manipulant le moment temporel d'apparition de l'événement cible.

3. ATTENTES TONALES ET TEMPORELLES

Dans les premières études d'amorçage musical, le contexte consistait seulement en un accord et la cible reliée était opposée à une cible non-reliée appartenant à une tonalité éloignée (Bharucha & Stoeckig, 1986, 1987). L'utilisation de contextes amorces plus longs a donné lieu à la comparaison du traitement de deux accords appartenant à la même tonalité (Bigand et al., 1999 ; Bigand & Pineau, 1997 ; Bigand et al., 2003 ; Bigand et al., 2005 ; Tillmann et al., 2003). La cible est, par exemple, fortement reliée au contexte (elle fonctionne comme un accord de tonique) ou moins reliée (elle fonctionne comme un accord de sous-dominante). Les résultats pour des auditeurs musiciens et non-musiciens montrent que le traitement de l'accord cible est facilité lorsqu'il est relié au contexte (*versus* non-relié ou moins relié). Les attentes tonales basées sur les connaissances de l'auditeur prédominent sur des attentes sensorielles basées sur la répétition d'un événement (Bigand et al., 2003 ; Bigand et al., 2005 ; Tekman et Bharucha, 1998). La comparaison avec un contexte amorce neutre qui crée une ligne de base a mis en évidence que l'effet d'amorçage combine des effets de facilitation (pour la tonique) et d'inhibition (pour la sous-dominante et un accord hors tonalité). Ce résultat indique que le traitement de la tonalité du contexte crée spécifiquement un bénéfice pour l'accord le plus important de la tonalité, la tonique (Tillmann et al., 2003 ; sous presse). Plus récemment, le paradigme d'amorçage a également été appliqué à la perception des mélodies (Marmel, Tillmann & Dowling, sous presse).

Finalement, le paradigme d'amorçage permet également d'étudier l'influence des attentes temporelles dans des séquences musicales : 1) le traitement d'un accord cible est facilité après un contexte régulier comparé à un contexte irrégulier (qui ne permet pas d'anticiper l'apparition temporelle de l'événement suivant) ; 2) le traitement d'un accord cible est facilité lorsqu'il apparaît au moment temporel attendu plutôt que trop tôt (Tillmann et Lebrun-Guillaud, 2006).

4. LES ATTENTES MUSICALES : AUTOMATIQUES ET IMPLICITES

Le paradigme d'amorçage a permis de montrer que les attentes musicales se développent de façon automatique. L'effet d'amorçage musical n'est pas (ou peu) influencé par des attentes véridiques que l'auditeur peut développer à un niveau explicite (il « sait » comment la séquence continue) (Justus et Bharucha, 2001 ; Tillmann et Bigand, 2004). Lorsque le paradigme d'amorçage est utilisé avec de la musique chantée, une tâche expérimentale portant sur le langage (identification de phonèmes, décision lexicale) devrait pouvoir être réalisée sans traiter les relations tonales. Cependant, les résultats montrent que le traitement langagier est facilité lorsqu'il est chanté sur un accord musicalement relié, ce qui indique que les relations tonales sont traitées automatiquement (Bigand et al., 2001 ; Poulin-Charronnat et al., 2005). Cette observation a été étendue au traitement d'un signal visuel en montrant que des structures musicales entendues de façon synchronisée avec un signal visuel influençaient son traitement (Escoffier et Tillmann, sous presse). L'information musicale active automatiquement les connaissances de l'auditeur sur les relations musicales. L'activation de ces connaissances et leur influence sur le traitement

des événements musicaux ont été simulées par un modèle connexionniste proposant une représentation en mémoire de l'organisation des connaissances musicales (Bharucha, 1987 ; Tillmann et al., 2000). Dans ce modèle, les connaissances sont représentées par un réseau d'unités interconnectées représentant les notes, les accords et les tonalités. Un contexte musical active cette représentation, les activations se propagent entre les unités du réseau et ensuite les niveaux d'activations des unités reflètent les relations tonales entre les événements. Comme cette représentation peut être apprise par simple exposition à un matériel musical, ce modèle connexionniste représente un modèle de l'auditeur non-musicien simulant l'apprentissage et la représentation des connaissances musicales ainsi que leurs influences sur la perception musicale (Tillmann et al., 2000).

Le paradigme d'amorçage musical est une méthode d'investigation implicite particulièrement adaptée pour étudier les connaissances musicales des auditeurs non-musiciens, des enfants et des patients amusiques (patients présentant des troubles de la perception musicale). Il permet de montrer que les connaissances musicales de ces populations sont plus élaborées que ce que des jugements explicites ou des tâches de mémoire avaient pu révéler. Des enfants possèdent des connaissances implicites sur les fonctions tonales à partir de 6 ans (Schellenberg et al., 2005) et pas seulement à partir de 10 ans comme suggéré par des méthodes explicites (Imberty, 1981). La supériorité des processus implicites est bien établie en recherche neuropsychologique pour la perception visuelle, le langage et la mémoire (e.g. Mimura, Goodglass, et Milberg, 1996 ; Schacter et Buckner, 1998 ; Weiskrantz, 1986 ; Young, Hellawell, et DeHaan, 1988). Cette supériorité a récemment été étendue à la perception musicale chez une patiente atteinte d'une amusie sévère : le paradigme d'amorçage a mis en évidence que des connaissances musicales implicites étaient épargnées par les lésions cérébrales (Tillmann et al., 2007).

5. CORRELATS NEURONAUX DES ATTENTES MUSICALES

Les corrélats neuronaux sous-tendant les attentes musicales ont été évalués par des méthodes neurophysiologiques, principalement l'électroencéphalographie (EEG) et l'imagerie cérébrale fonctionnelle par résonance magnétique (IRMf). Par souci de simplification, nous classerons les marqueurs électrophysiologiques¹ observés en trois catégories: 1) les composantes positives, 2) les composantes négatives précoces et 3) les composantes négatives tardives. En utilisant un paradigme d'amorçage avec des séquences d'accords, Regnault, Bigand et Besson (2001) ont comparé le traitement d'un accord cible fortement relié au contexte (un accord de tonique) à un accord cible moins relié au contexte (un accord de sous-dominante). Les résultats mettent en évidence une composante positive avec une amplitude plus large pour les accords moins reliés comparé aux accords reliés. Des résultats similaires ont été obtenus avec des violations musicales plus saillantes (Janata, 1995 ; Patel et al., 1998) et avec des mélodies (Besson et Faïta, 1995 ; Besson, Faïta et Requin, 1994 ; Besson et Macar, 1987). Ces composantes positives peuvent être interprétées comme reflétant la réponse cérébrale à la violation de

¹ Les marqueurs électrophysiologiques, encore appelés composantes de potentiels évoqués, se caractérisent par leur polarité (P = positivité; N = négativité), leur latence (P300 signifie une composante positive qui apparaît 300 ms après le début de la stimulation cible) et leur distribution sur le scalp.

l'attente musicale. Dans des études qui comparent des accords fortement reliés au contexte (accord de tonique) à des accords fortement non-reliés (e.g., accord napolitain), une composante précoce appelée ERAN (*Early Right Anterior Negativity*) a été observée (e.g., Koelsch et al., 2000) (pour des résultats similaires, voir Patel et al., 1998). Cette composante précoce a été interprétée comme reflétant la réponse cérébrale à la détection de la violation d'une attente musicale. Finalement, une composante négative tardive (N5) est généralement observée après l'apparition de la ERAN. Koelsch et al. (2000) ont observé une N5 dont l'amplitude était plus large pour les accords fortement non-reliés comparé aux accords fortement reliés au contexte. Poulin-Charronnat, Bigand, et Koelsch (2006) ont également observé une N5 (non précédée d'une ERAN) avec des violations d'attentes musicales plus subtiles (en comparant l'accord de tonique à l'accord de sous-dominante) et en contrôlant les influences sensorielles. La composante N5 est interprétée comme reflétant un mécanisme d'intégration : un accord musicalement attendu est plus facile à intégrer dans le contexte précédent comparé à un accord inattendu.

Bien que l'électrophysiologie présente une excellente résolution temporelle, la localisation des sources cérébrales des composantes de potentiels évoquées est rendue très difficile par la mauvaise résolution spatiale de cette technique. Des études conduites en magnétoencéphalographie (MEG) et en IRMf ont permis de mettre en évidence un réseau d'activations dans lequel le rôle du cortex frontal inférieur (l'aire de Broca et son homologue à droite) a été particulièrement souligné (Koelsch et al., 2005 ; Koelsch et al., 2002 ; Maess et al., 2001 ; Tillmann, Janata, et Bharucha, 2003 ; Tillmann et al., 2006). Comme dans les études électrophysiologiques, des séquences musicales contenant (ou non) des violations d'attentes sont présentées aux auditeurs et combinées soit avec le paradigme d'amorçage (jugements de dissonance sensorielle, de timbre et de phonèmes chantés), soit avec d'autres tâches expérimentales portant directement sur l'accord manipulé ou sur d'autres accords de la séquence. Une manipulation forte des relations musicales (ayant recours à des accords hors tonalité) montre une activation du cortex frontal inférieur plus forte pour un accord inattendu qu'un accord attendu (Koelsch et al., 2002 ; 2005 ; Tillmann et al., 2003). L'utilisation de violations d'attentes musicales relativement subtiles et le contrôle des modifications sensorielles ont permis d'écarter des explications alternatives en termes de traitement de déviance acoustique ou de répétition et de confirmer ainsi l'implication du cortex frontal inférieur (operculum frontal, insula antérieur) dans le traitement des attentes musicales (Tillmann et al., 2006). L'ensemble de ces résultats suggère que le traitement des structures musicales inclue non seulement les régions frontales inférieures, mais qu'en plus ces régions sont intégrées dans un réseau neuronal plus large comprenant des régions temporales (gyrus temporal supérieur antérieur, gyrus/sulcus temporal supérieur postérieur et gyrus temporal médium) et pariétales droites (gyrus supramarginal). Pour le traitement du langage, un réseau neuronal comparable a été décrit (Friederici, 2002 pour une revue). Le parallèle des deux systèmes neuronaux pour le traitement de la musique et du langage (Besson et Schön, 2003 ; Koelsch, 2005 ; Patel et al., 1998) peut être interprété sur la base de leurs similarités structurelles (structures hiérarchiques basées sur des organisations syntaxiques) (Lerdahl et Jackendoff, 1983 ; Patel, 2003). Le recouvrement des corrélats neuronaux pourrait refléter des processus nécessaires pour l'intégration structurelle, notamment au cours du temps.

6. CONCLUSION

L'étude des attentes musicales permet de mettre en évidence les connaissances musicales que l'auditeur non-musicien a acquis par la simple écoute de pièces musicales respectant les régularités du système tonal (couvrant une variété de styles musicaux : musique dite classique, pop, rock, folk, jazz etc.). Mettre en évidence des connaissances musicales sophistiquées, notamment chez des auditeurs non-musiciens, montre, avec un exemple écologique non-verbal, la force de la capacité cognitive d'apprentissage implicite du cerveau humain (voir Bigand et Delbé, ce volume). Les recherches sur la perception des relations musicales montrent l'avantage de traitement pour un événement attendu (en termes d'efficacité), et les structures cérébrales observées permettent de mieux comprendre le réseau neuronal impliqué non seulement dans la perception de la musique mais également dans la perception langage.

REFERENCES

- Besson, M. & Faïta, F. (1995). An Event-related Potential (ERP) Study of Musical Expectancy: Comparison of Musicians with Non-musicians. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, (6), pp. 1278-1296.
- Besson, M., Faïta, F. & Requin, J. (1994). Brain Waves Associated with Musical Incongruities Differ for Musicians and Non-musicians. *Neuroscience Letters*, 168, pp. 101-105.
- Besson, M. & Macar, F. (1987). An Event-related Potential Analysis of Incongruity in Music and other Non-linguistic Contexts. *Psychophysiology*, 24, (1), pp. 14-25.
- Besson, M. & Schön, D. (2003). Comparison between Language and Music. In I. Peretz & R.J. Zatorre (Eds.), *The Cognitive Neuroscience of Music*. Oxford: Oxford University Press, pp. 269 -293.
- Bharucha, J.J. (1987). Music Cognition and Perceptual Facilitation: A Connectionist Framework. *Music Perception*, 5, (1), pp. 1-30.
- Bharucha, J.J. & Stoeckig, K. (1986). Reaction Time and Musical Expectancy: Priming of Chords. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12, (4), pp. 403-410.
- Bharucha, J.J. & Stoeckig, K. (1987). Priming of Chords: Spreading Activation or Overlapping Frequency Spectra? *Perception & Psychophysics*, 41, (6), pp. 519-524.
- Bigand, E. & Delbé, C. (ce volume). Apprentissage implicite en musique et modélisation.
- Bigand, E., Madurell, F., Tillmann, B. & Pineau, M. (1999). Effect of Global Structure and Temporal Organization on Chord Processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, (1), pp. 184-197.
- Bigand, E. & Pineau, M. (1997). Global Context Effects on Musical Expectancy. *Perception & Psychophysics*, 59, (7), pp. 1098-1107.
- Bigand, E., Poulin, B., Tillmann, B., Madurell, F. & D'Adamo, D. A. (2003). Sensory versus Cognitive Components in Harmonic Priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, (1), pp. 159-171.
- Bigand, E. & Poulin-Charronnat, B. (2006). Are we "Experienced Listeners"? A Review of the Musical Capacities that do not Depend on Formal Musical Training. *Cognition*, 100, (1), pp. 100-130.
- Bigand, E., Tillmann, B., Poulin, B., D'Adamo, D. A. & Madurell, F. (2001). The Effect of Harmonic Context on Phoneme Monitoring in Vocal Music. *Cognition*, 81,(1), pp. B11-B20.
- Bigand, E., Tillmann, B., Poulin-Charronnat, B. & Manderlier, D. (2005). Repetition Priming: Is Music Special? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A, (8), pp. 1347-1375.

- Dowling, W.J. & Harwood, D.L. (1986). *Music Cognition*. San Diego: Academic Press.
- Escoffier, N. & Tillmann, B. (sous presse). The Tonal Function of a Task-irrelevant Chord Modulates Speed of Visual Processing. *Cognition*.
- Francès, R. (1958). *La perception de la musique*. Paris : Vrin.
- Friederici, A. (2002). Towards a Neural Basis of Auditory Sentences Processing. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 6, (2), pp. 78-84.
- Imberty, M. (1981). Acculturation tonale et structuration perceptive du temps musical chez l'enfant. Basic Musical Functions and Musical Ability. *Royal Swedish Academy of Music*, 32, pp. 81-130.
- Janata, P. (1995). ERP Measures Assay the Degree of Expectancy Violation of Harmonic Contexts in Music. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, (2), pp. 153-164.
- Justus, T.C. & Bharucha, J.J. (2001). Modularity in Musical Processing: The Automaticity of Harmonic Priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, (4), pp. 1000-1011.
- Koelsch, S. (2005). Neural Substrates of Processing Syntax and Semantics in Music. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, (2), pp. 207-212.
- Koelsch, S., Fritz, T., Schulze, K., Alsup, D. & Schlaug, G. (2005). Adults and Children Processing Music: An fMRI study. *NeuroImage*, 25, (4), pp. 1068-1076.
- Koelsch, S., Gunter, T., Friederici, A.D. & Schröger, E. (2000). Brain Indices of Music Processing: "Non-musicians" are Musical. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, (3), pp. 520-541.
- Koelsch, S., Gunter, T.C., von Cramon, D.Y., Zysset, S., Lohmann, G. & Friederici, A. D. (2002). Bach Speaks: A Cortical "Language-Network" Serves the Processing of Music. *NeuroImage*, 17, (2), pp. 956-966.
- Krumhansl, C.L. (1990). *Cognitive Foundations of Musical Pitch*. New York: Oxford University Press.
- Lerdahl, F. & Jackendoff, R. (1983). *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge: The MIT press.
- Maess, B., Koelsch, S., Gunter, T. C. & Friederici, A. D. (2001). Musical Syntax is Processed in Broca's Area: An MEG Study. *Nat Neurosci*, 4, (5), pp. 540-545.
- Marmel, F., Tillmann, B. & Dowling, W.J. (sous presse). Tonal expectations influence pitch perception. *Perception & Psychophysics*.
- McNamara, T.P. (2005). *Semantic Priming: Perspectives from Memory and Word Recognition*. New York: Psychology Press.
- Meyer, L.B. (1956). *Emotion and Meaning in Music*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Mimura, M., Goodglass, H. & Milberg, W. (1996). Preserved Semantic Priming Effect in Alexia. *Brain and Language*, 54, pp. 434-446.
- Neely, J.H. (1991). Semantic Priming Effects in Visual Word Recognition: A Selective Review of Current Findings and Theories. In D. Besner & G. W. Humphreys (Eds.), *Basic Processes in Reading: Visual Word Recognition*. Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, pp. 264-336.
- Patel, A.D. (2003). Language, Music, Syntax and the Brain. *Nature Neuroscience*, 6, (7), pp. 674-681.
- Patel, A.D., Gibson, E., Ratner, J., Besson, M. & Holcomb, P. J. (1998). Processing Syntactic Relations in Language and Music: An Event-related Potential Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, (6), pp. 717-733.
- Poulin-Charronnat, B., Bigand, E. & Koelsch, S. (2006). Processing of Musical Syntax Tonic versus Subdominant: An Event-related Potential Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, (9), pp. 1545-1554.
- Poulin-Charronnat, B., Bigand, E., Madurell, F. & Peereman, R. (2005). Musical Structure Modulates Semantic Priming in Vocal Music. *Cognition*, 94, (3), pp. B67-B78.
- Reber, A.S. (1989). Implicit Learning and Tacit Knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, (3), pp. 219-235.
- Regnault, P., Bigand, E. & Besson, M. (2001). Different Brain Mechanisms Mediate

- Sensitivity to Sensory Consonance and Harmonic Context: Evidence from Auditory Event-related Brain Potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13, (2), pp. 241-255.
- Schacter, D.L. & Buckner, R.L. (1998). Priming and the Brain. *Neuron*, 20, (2), pp. 185-195.
- Schellenberg, E.G., Bigand, E., Poulin-Charronnat, B., Garnier, C. & Stevens, C. (2005). Children's Implicit Knowledge of Harmony in Western Music. *Developmental Science*, 8, (6), pp. 551-566.
- Seger, C.A. (1994). Implicit Learning. *Psychological Bulletin*, 115, pp. 163-169.
- Tekman, H.G. & Bharucha, J.J. (1998). Implicit Knowledge versus Psychoacoustic Similarity in Priming of Chords. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, (1), pp. 252-260.
- Tillmann, B., Bharucha, J.J. & Bigand, E. (2000). Implicit Learning of Tonality: A Self-organizing Approach. *Psychological Review*, 107, (4), pp. 885-913.
- Tillmann, B. & Bigand, E. (2004). Musical Priming: Schematic Expectations Resist Repetition Priming. *Proceedings 8th International Conference of Music Perception and Cognition*, Evanston.
- Tillmann, B., Bigand, E., Escoffier, N. & Lalitte, P. (2006). Influence of Harmonic Context on Musical Timbre Processing. *European Journal of Cognitive Psychology*, 18, pp. 343-358.
- Tillmann, B., Peretz, I., Bigand, E. & Gosselin, N. (2007). Harmonic Priming in an Amusic Patient: The Power of Implicit Tasks. *Cognitive Neuropsychology*, 24, pp. 603-622.
- Tillmann, B., Janata, P. & Bharucha, J.J. (2003). Activation of the Inferior Frontal Cortex in Musical Priming. *Cognitive Brain Research*, 16, (2), pp. 145-161.
- Tillmann, B., Janata, P., Birk, J. & Bharucha, J.J. (2003). The Costs and Benefits of Tonal Centers for Chord Processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, (2), pp. 470-482.
- Tillmann, B., Janata, P., Birk, J. & Bharucha, J.J. (sous presse). Tonal Centers and Expectancy: Facilitation or Inhibition of Chords at the Top of the Harmonic Hierarchy?, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*.
- Tillmann, B., Koelsch, S., Escoffier, N., Bigand, E., Lalitte, P., Friederici, A.D. & von Cramon, D.Y. (2006). Cognitive Priming in Sung and Instrumental Music: Activation of Inferior Frontal Cortex. *NeuroImage*, 31, (4), pp. 1771-1782.
- Tillmann, B. & Lebrun-Guillaud, G. (2006). Influence of Tonal and Temporal Expectations on Chord Processing and on Completion Judgments of Chord Sequences. *Psychological Research*, 70, pp. 345-358.
- Weiskrantz, L. (1986). *Blindsight: A Case Study and Implications*. Oxford: Clarendon Press.
- Young, A.W., Hellawell, D. & DeHaan, E.H.F. (1988). Cross-domain Semantic Priming in Normal Subjects and a Prosopagnosic Patient. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, f561-580.