

L'EFFET DE L'APTITUDE MUSICALE DANS LA DÉTECTION DE LA DÉSYNCHRONISATION AUDIOVISUELLE : L'ŒIL MUSICAL OU LE SYNDROME DE LUDWIG VAN BEETHOVEN

François Joliat

François Joliat est musicien, formateur et chercheur. Titulaire d'un doctorat au Département de psychologie de l'Université de Fribourg (Suisse), ses travaux portent sur la fonction du geste dans la construction de l'image musicale. Professeur en éducation musicale et en méthodologie de la recherche pour la plateforme préscolaire et primaire de la HEP-BEJUNE, il est aussi membre de l'équipe de recherche en éducation musicale.

Résumé

Malgré sa complète surdité, Beethoven participa activement aux répétitions de son 12^e quatuor. Exposé à la scène visuelle de la synchronisation des mouvements des musiciens, il fut capable de se « syntoniser » (Leman, 2008) à leur discours musical pour corriger les moindres fluctuations de tempo ou de rythme (Buchet, 1966/1995).

Notre recherche a tenté de savoir si la discrimination de légères désynchronisations entre deux mêmes exécutions instrumentales, telles que les a détectées « l'œil musical » de Beethoven, pouvait être un indicateur de la connaissance musicale spécialisée, définie en tant qu'aptitude musicale et pratique délibérée (Mayer, 2003).

Cent musiciens, amateurs ($n = 50$) et experts ($n = 50$), ont été soumis à un test audiovisuel expérimental de désynchronisation acoustico-gestuelle (T-SAG) qui expose simultanément deux clips du même jeu d'exécution d'une séquence rythmique ou mélodique neutre. Les images de l'un des deux clips, qu'il s'agissait d'identifier, ont subi de légers retards sur la bande sonore.

Les scores des deux groupes au T-SAG ont été comparés puis corrélés avec le test d'aptitude auditive AMMA de Gordon (1989) et la quantité de pratique délibérée (Ericsson et Charness, 1994). Seul un indice psychométrique de décalage image/son, calibré à [- 80 ms], significatif de la connaissance musicale spécialisée, a été mis en évidence. Les autres résultats renforcent l'hypothèse formulée par Ericsson, Kremen et Tesch-Römer (1993) au sujet de la liaison entre le déclenchement de l'image opérative experte (Bastien, 1997) et le niveau de complexité des contenus musicaux des items.

INTRODUCTION

La modalité auditive a été le champ d'investigation principal des recherches en cognition musicale (Deutsch, 1982/1999 ; Lerdahl et Jackendoff, 1983/1999 ; Pineau et Tillmann, 2001 ; Temperley, 2001). Les 24 tests d'aptitude musicale répertoriés par Shuter-Dyson et Gabriel (1981) en témoignent. Plusieurs raisons peuvent étayer cet état de fait :

- 1) la perception auditive a figuré dans la définition de la musique savante occidentale du XIX^e siècle, « un art de combiner les sons d'une manière agréable à l'oreille » (Combarieux, 1917, p. 33), et de la musique moderne : « le matériel de la musique est le son [qui] agit avant tout sur l'oreille » (Schönberg, cité par Willems, 1936/1987, p. 33) ;
- 2) les musiciens ont considéré que la finesse de l'oreille déterminait le talent musical (Joliat, 2009), en référence à l'extraordinaire sensibilité auditive de Mozart et à son rôle dans l'accomplissement de son œuvre (Lechevalier, 2003) ;
- 3) pour les pédagogues et les psychologues, éduquer la voix a signifié éduquer l'oreille d'abord. Assujettis aux théories associationnistes (De la Motte-Haber, 1994 ; Piaget, 1970), ils en ont déduit que chanter faux était la conséquence d'une oreille musicale mal formée à la discrimination des sons (Martin, 1945 ; Willems, 1936/1987), ce qui aurait engendré une représentation mentale auditive quasi inexistante (Teplov, 1966) ;
- 4) dès les années 1950, *l'idéologie de l'œuvre* (Leroy, 2003, 2005) a dominé la musicologie. S'adressant exclusivement à l'oreille, seule l'œuvre d'art a été prise en compte. La dimension spatio-temporelle du vécu musical et l'activité du sujet ont été déniés. Ce vécu, intermodal, participe de la dynamique corporelle, engagée dans la perception, l'expression et la communication musicale, selon l'étymologie grecque qui signifie *se mouvoir* et *ressentir avec* (Trevarthen, 2004).

Dans ce contexte, la recherche a examiné la production musicale en tant que *produit* culturel pour l'oreille, au détriment du *processus*, médiatisé par le corps et la mise en scène du corps (Baily, 1985 ; Kululuka, 2001).

LA MODALITÉ VISUELLE ET MOTRICE DANS LA PERFORMANCE MUSICALE

L'hégémonie des nouveaux supports médiatiques de la musique pourrait changer l'ordre des choses (Cook, 1998/2006). Alors que la génération des années 1960-70 s'est appropriée la culture musicale par l'écoute de disques microsillons, la génération montante, acculturée aux clips télévisuels, aux jeux vidéos et aux Raves Parties réinvente l'intermodalité de l'expérience musicale : désormais, les jeunes écoutent la musique *avec*

les yeux (Stiegler, 2003). Les mises en scène des musiques actuelles, basées sur le mouvement et le geste dans leur dimension anthropologique (Feyereisen et de Lannoy, 1985), rehaussées d'effets produits par la technologie informatique, projettent le son et l'œuvre dans l'espace (Bayle, 1989). Ces procédés créatifs rendent la musique toujours plus signifiante visuellement au détriment de son intérêt exclusivement auditif (Rousseaux et Bonardi, 2003).

Les recherches dans le domaine de la performance musicale (Altenmüller, Wiesendanger, Kesselring, 2006 ; Davidson et Correia, 2002 ; Vines, Wanderley, Nuzzo et Levitin, 2004) produisent des travaux toujours plus nombreux, mettant l'accent sur le rôle de la modalité visuo-motrice dans la perception et la représentation musicale (Desain et Windsor, 2000 ; Godøy et Jørgensen, 2001 ; Gritten et King, 2006). Les avancées en neurosciences au sujet des propriétés des neurones miroirs (Rizzolatti et Sinigaglia, 2008) et l'évolution rapide des technologies informatiques du traitement de l'image/son, permettent de concevoir des protocoles expérimentaux innovants pour étudier les processus d'émergence, de fixation et d'évocation de l'image musicale.

La théorie sensorimotrice

Pour la théorie sensorimotrice, si l'image musicale est constituée de percepts, des connaissances de structure discrète, instantanée ou synoptique, acquises durant la fréquentation de l'exposition, alors elle reste du ressort d'un niveau de traitement sensoriel hallucinatoire (Janata, 2001), sans attentes perceptives (Piaget et Inhelder, 1966/1986). Le flux perceptuel, de forme analogique, n'exprime rien d'autre que la continuité temporelle de son immédiateté (Reybrouck, 2001). Dans ces conditions, seule la vocalisation peut être mobilisée (Zurcher, 1993). Or, si l'image musicale est constituée de concepts, des connaissances acquises et mobilisables indépendamment de la stimulation sensorielle, celle-ci est capable d'isoler, de transformer et de recomposer les propriétés de l'objet musical, digitalisé sous forme de matrice, par les mécanismes de l'accommodation (Piaget, 1936/1977) et régulés par l'opérativité (Reybrouck). Dans ce second cas, les contenus de l'image musicale peuvent alors s'opérationnaliser à travers l'activité rythmo-motrice (Zurcher).

La théorie idéomotrice

Hormis des hauteurs de sons agencés en mélodie, en accords et en tonalité (Dowling, 1989), la musique recèle, dans sa structure même, des rythmes, des mouvements et de l'expression (Danhauser, 1950/1994). Ce que Francès (1958/1984) nomme des « schèmes cinétiques de mouvements ou de repos corporel » (p. 314). Comme le développe la théorie

idéomotrice¹, la perception de ces gestes en actes (Francès) suffit à stimuler des synchronisations d'induction motrice : des actions corporelles involontaires (taper du pied) et des actions volontaires (danser) (Fraisie, 1974). Or, dans le cas de la synchronisation volontaire d'un mouvement, acquise dès sept ans, « le signal de la réponse [taper du pied] n'est plus le stimulus sonore, mais l'intervalle temporel entre les signaux successifs » (p. 63). Sloboda (1985/1988) considère que la synchronisation du jeu d'un instrumentiste sur celui du groupe sollicite une expertise musicale élevée. La mobilisation de connaissances implicites (Meulemans, 1998 ; Tafuri, 2004) et explicites (de type *top-down*), stockées sous forme d'informations dans la mémoire à long terme (Baddeley, 1990/1993), alliées au traitement de l'information sensorielle (de type *bottom-up*) en provenance du milieu, génèrent du sens au contenu musical. L'émergence du sens musical permet d'échafauder mentalement la suite possible du discours, pendant et après l'exposition à la musique (Janata, 2001).

La théorie idéomotrice montre également que les neurones miroirs ont la particularité de s'activer à la fois lorsqu'un sujet exécute une action intentionnelle et lorsqu'il observe la même action, exécutée par une tierce personne, pour autant que l'action observée soit d'un niveau de complexité égal à l'action que le sujet pourrait réaliser lui-même. Les effets fonctionnels de l'apprentissage se mesurent par un déclenchement des neurones miroirs de plus grande amplitude (Rizzolatti, Camarda, Fogassi, Gentilucci, Luppino et Matelli, 1988).

La simulation de l'action observée, *via* les neurones miroirs, est un mécanisme de cognition sociale de bas niveau, de niveau de conscience non intentionnelle, dont le traitement s'opère de manière rapide, afin de permettre *l'empathie* (Jeannerod, 2002). L'évocation de l'action, un mécanisme du niveau de conscience intentionnel, génère des programmes moteurs efférents — *des images motrices* — (Jeannerod) qui déclenchent des influx nerveux d'intensité égale à la commande de mouvements que le sujet est réellement capable d'exécuter. Un pianiste ne peut pas évoquer clairement le jeu d'un passage technique à une vitesse plus élevée que celle qu'il peut réellement maîtriser.

Le système moteur dans la perception de la performance musicale

Dans le domaine de la cognition musicale, Leman (2008) suggère que la biomécanique des mouvements musicaux soit interprétée en relation directe avec l'étude des formes sonores

1 La théorie idéomotrice trouve son origine dans *La théorie motrice des représentations auditives*, formulée pour la première fois par Lotze en 1852 déjà (cité par Rizzolatti et Sinigaglia, 2008, p. 153 ; cité par Teplov, 1966, p. 313). Elle fait explicitement référence à l'activation laryngienne engendrée par la stimulation auditive. L'intensité et la précision de l'excitation nerveuse laryngienne déclenchée par l'écoute de la voix, correspondrait au degré de compétence vocale réelle à produire le phénomène entendu. Cette idée sera vérifiée plus d'un siècle plus tard par la théorie motrice de la perception de la parole (Liberman et Mattingly, 1985).

en mouvement que l'individu appréhenderait par une sorte « d'absorption corporelle » (Hanslick, 1893/2004, p. 91). Reprenant l'idée que « la représentation du rythme, image reflétée de l'acte rythmique, vit dans tous nos muscles » (Jaques-Dalcroze, 1907/1965), Leman met l'accent sur une particularité essentielle du système moteur : la perception des changements d'énergie physique pourrait être reflétée (en anglais : *mirrored*) en tant que résonance corporelle et interprétée en tant que valeurs biologiques². À ce sujet, l'auteur opère deux distinctions :

- 1) *la synchronisation* (en anglais : *synchronisation*) des mouvements corporels à la musique. En adéquation avec la théorie idéomotrice de la perception de la musique (Frasse, 1974), la synchronisation n'entraîne pas de système émotionnel et répond à une perception de la musique selon un traitement de l'information de type idéomoteur de bas niveau ;
- 2) *la syntonisation* ou l'accordage (en anglais : *attuning*). Au contraire de la synchronisation, la syntonisation fait référence à une action volontaire du sujet dans le processus de mise en harmonie corporelle avec la musique. La qualité de la syntonisation est en fonction de ce que l'individu est capable de reproduire lui-même. Plus l'identification à la musique est forte, plus grande est la syntonisation. Ce processus engage un traitement de l'information de plus haut niveau, notamment avec la sollicitation de processus intentionnels et d'attentes perceptives.

Pour Leman (2008), ces deux niveaux expriment, selon un continuum, la *corporéité* (Gallagher, 2005) de la perception de la biomécanique des mouvements musicaux.

L'APTITUDE ET L'EXPERTISE MUSICALE

Deux positions se démarquent dans la littérature au sujet de l'aptitude musicale (De la Motte-Haber, 1994). La première, fonctionnaliste, fonde l'aptitude musicale sur *le potentiel* à apprendre la musique, ce qui se traduit par un score élevé aux tests de perception auditive de stimuli compatibles avec la musique (Davies, 1978 ; Dowling, 1989). Ce potentiel serait relativement insensible aux apports de l'environnement et à l'apprentissage (Bentley, 1966/1983 ; Gordon, 1989, 1990)³. La seconde position, constructiviste et interactionniste, fonde l'aptitude musicale sur *l'expertise*, acquise par une formation instrumentale formelle

-
- 2 Cette idée a cependant déjà été développée de manière exhaustive par Leroy en 2003 et 2005. Le *processus postural* fait référence à la posture (Wallon, 1942/1970), en tant que mouvement intégré à une manière d'être, en rapport avec un contexte donné, agissant sous la forme d'un *modèle opérant*.
 - 3 Des résultats complémentaires à notre étude (Joliat, 2008) indiquent que 14% des scores du groupe *Amateurs* ($n = 50$) au test AMMA de Gordon (1986) s'expliquent néanmoins par la pratique délibérée. Pour le groupe *Experts* ($n = 50$), à partir d'un certain nombre d'heures de pratique délibérée, les heures supplémentaires n'ont plus d'influence sur les scores (effet de seuil).

(Sloboda, 1996). La quantification du nombre d'heures de *pratique délibérée* consacrée à l'étude d'un instrument constitue l'indicateur le plus fiable (Ericsson, Krampe et Tesch-Römer, 1993). La pratique délibérée des experts s'inscrit dès le début dans un *projet Conservatoire* (François, 2004) et vise la rentabilité d'un investissement financier, tandis que celle des amateurs favorise le développement personnel et l'autonomie (Joliat, 2000). Ericsson *et al.* comptabilisent 26.71 heures/semaine de travail à l'instrument pour des pianistes experts. Les pianistes amateurs n'y passent que 1.88 heures/semaine. Au total, plus de 10 000 heures cumulées de pratique délibérée sont mises au compte des premiers à l'âge de vingt ans, contre moins de 2 000 heures pour les seconds. Une enquête de Wernli (2005) présente des chiffres plus élevés. Les experts ($n = 114$) travaillent leur instrument 39.94 heures/semaine, ce qui représente 2 083 heures par année.

La quantité d'entraînement, associée à des différences d'encodage, d'organisation des connaissances et de représentation, des *chunks* — des unités d'informations pertinentes, dont la taille dépend du degré d'expertise (Grigorenko, 2003) — distingue l'expert du novice. Grâce à ces transformations cognitives, l'expert accélère à la fois le traitement de l'information, sa prise de décision et son action, ce qui accroît sa compétence dans son domaine de prédilection.

La définition de l'expertise d'Ackerman et Beir (2003) tient compte à la fois de la dimension fonctionnaliste et de la dimension interactionniste de l'aptitude musicale. L'interaction entre des caractéristiques individuelles (aptitudes, personnalité, intérêts, estime de soi, etc.) et l'environnement influence le développement de l'expertise. Pour Mayer (2003), les *connaissances spécialisées* sont constituées d'aptitudes (potentiel pour acquérir des connaissances qui aboutissent à une performance cognitive) et d'expériences (pratique délibérée).

MÉTHODE

Pour savoir si la détection de la désynchronisation pouvait être favorisée par *les connaissances spécialisées* (aptitude musicale + pratique musicale délibérée) (Mayer, 2003), nous avons constitué un groupe *Amateurs* ($n = 50$; $mAge = 21.16$) de la Haute école pédagogique BEJUNE (HEP) et un groupe *Experts* ($n = 50$; $mAge = 22.76$) des Hautes écoles de musique de Genève et de Lausanne (HEM). Ces deux groupes ont été soumis aux épreuves suivantes :

- 1) une épreuve de désynchronisation audiovisuelle : le Test de synchronisation acoustico-gestuelle (T-SAG A et B), réalisé à l'aide du logiciel *Incite* ;
- 2) une épreuve auditive d'aptitude musicale : le test *Advanced Measures of Music Audiation* (AMMA) de Gordon (1989) ;

- 3) une épreuve papier/crayon de quantification de la pratique délibérée : un questionnaire sur la pratique musicale (d'après Ericsson *et al.*, 1993).

Une première étape, *comparative*, a comparé les scores des deux groupes au T-SAG A et B. Une seconde étape, *corrélative* (Venon et Lautrey, 1994), a corrélié ces résultats, l'AMMA de Gordon (1989) et la quantité de pratique musicale.

Les partitions des items du T-SAG⁴

Pour construire un test d'aptitude, la psychologie différentielle (Dias, 1991/1995 ; Piéron, 1949 ; Reuchlin, 1990) a recommandé que les items soient indépendants de la culture, de manière à ne pas avantager les experts face aux novices. Pour Davies (1978) cependant, un musicien expert, même exposé à des contenus auditifs neutres, obtiendrait des scores toujours plus élevés qu'un novice, puisqu'il posséderait une sensibilité perceptive de type « bottom-up » supérieure à celle d'un musicien amateur. « Tout ce que fait le constructeur [en construisant des items neutres], c'est d'éviter de donner une longueur d'avance aux musiciens [experts] pour une course qu'ils devraient gagner de toute façon » (p. 120).

Conformément à ces recommandations méthodologiques, nous avons construit les contenus auditifs du T-SAG, sans référence explicite à la culture, selon la définition du *musical* de Leroy (2003, 2005) : un système organisationnel qui repose sur la dynamique du symbole, en tant que support capable d'évoquer une dynamique.

La première partition de base du T-SAG a été construite avec six formules rythmiques tirées de la notation mesurée (Bosseur, 2005 ; Grout et Paliscia, 1960/1988 ; Zurcher, 1996). La seconde partition de base a été construite avec huit *glissandi* (Danhauser, 1950/1994) tirés du jeu du piston d'une flûte à coulisse, gradué en zone basse (*mi-la*), médiane (*la-ré*) et aiguë (*ré-sol*). Tous les items du T-SAG ont été obtenus à partir de la permutation des éléments respectifs de ces deux partitions de base, afin de tendre à l'équivalence des charges cognitives (Chanquoy, Tricot et Sweller, 2007).

4 Le choix des petits instruments et le calibrage des effets du T-SAG A et B ont été arrêtés sur la base des conclusions d'un prétest (Joliat, 2003).

Le contenu visuel des items expose la biomécanique d'actions d'exécution (Shaffer, 1989) et le contenu auditif diffuse la sonorisation de la biomécanique de ces actions, à savoir :

- 1) le jeu de deux mains qui percutent des bâtonnets,
- 2) le jeu de deux petits souliers actionnés par des baguettes qui frappent alternativement la peau d'un djembe⁵ et,
- 3) le jeu d'une main qui actionne un piston de flûte à coulisse.

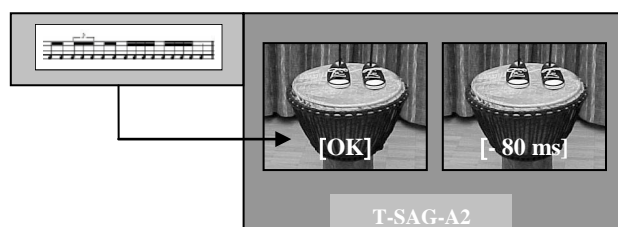


FIGURE 1. Exemple d'un item Souliers du T-SAG A, exposant la scène audiovisuelle de la biomécanique de la frappe de petits souliers sur un djembe. Le défilement des images du clip de gauche est parfaitement synchronisé avec celui de la bande son. Le défilement des images du clip de droite accuse un retard constant de [- 80 ms]

Scénarios des deux sous-tests T-SAG

Le T-SAG A est constitué d'une succession de six paires de clips de brève durée (6, 8 et 10 secondes). Les images de l'un des deux clips sont parfaitement synchronisées avec la bande son, tandis que les images de l'autre clip (qu'il faut discriminer) ont subi un léger retard de [- 80 ms] sur la bande son (1 *frame* = 40 ms) (voir figure 1). Le principe du T-SAG B repose sur le même mécanisme. Il procède cependant par balayage de quatre effets différents : retards de l'image de [- 160 ms] et [- 80 ms] et avances de l'image de [+ 120 ms] et [+ 160 ms].

⁵ Ce procédé s'inspire du film *La ruée vers l'or* (1925). Charlot mime les pas de danse d'un personnage avec une paire de petits souliers actionnés par deux fourchettes piquées dans des petits pains (Robinson, 1995).

L'AMMA de Gordon (1989) et le questionnaire de pratique délibérée

L'AMMA de Gordon (1989, 1998, 2004) est composé d'une courte séquence mélodique (la question), à laquelle il faut comparer une autre séquence mélodique (la réponse), dont le nombre de notes est strictement identique à la première. Le sujet doit décider si les deux séquences sont semblables, si elles diffèrent du point de vue du rythme ou de la mélodie.

La pratique instrumentale délibérée du groupe *Experts* a été quantifiée depuis l'âge de sept ans, jusqu'à l'année d'étude en cours en HEM, et, pour le groupe *Amateurs*, jusqu'à l'année d'étude en cours en HEP.

RÉSULTATS

Les scores rythmo-mélodiques AMMA

Conformément aux attentes (Gordon, 1989), les scores rythmo-mélodiques AMMA discriminent très bien les deux groupes : ($mHEP = 82.50\%$; $MdHEP = 71.88$) et ($mHEM = 72.13\%$ et $MdHEM = 82.50$) (voir figure 2).

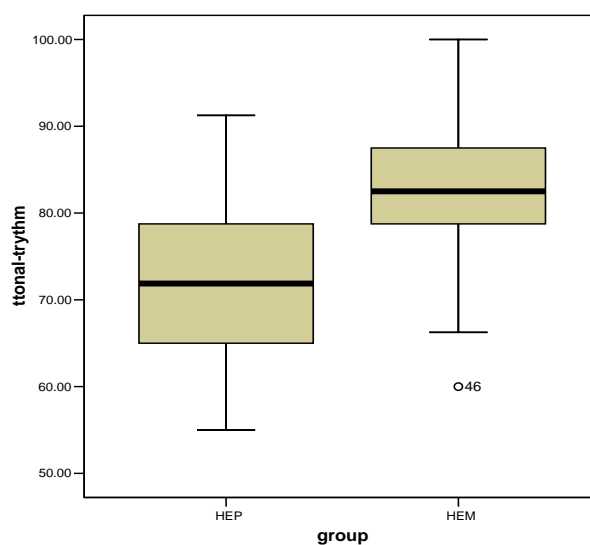


FIGURE 2. Comparaison des scores rythmo-mélodiques AMMA (médiane et quartiles)

L'ANOVA entre les deux groupes pour le score rythmo-mélodique AMMA de Gordon (1989) est très fortement significative ($F_{(1,98)} = 23.04$, $p < .01$).

Les scores pour la pratique délibérée

La quantification de la pratique délibérée (voir figure 3) indique un écart des moyennes (m) extrêmement important entre les deux groupes ($m_{HEM} = 10\,481.12$ heures) - ($m_{HEP} = 908.40$ heures) = $9\,572.72$ heures. Ce chiffre n'est que partiellement confirmé par la comparaison des médianes ($Md_{HEM} = 9\,328$ heures) - ($Md_{HEP} = 900$ heures) = $8\,428$ heures, ce qui indique de grandes variations individuelles de pratique délibérée pour les deux groupes ($Min_{HEM} = 2\,976$ heures ; $Max_{HEM} = 30\,688$) et ($Min_{HEP} = 120$ heures ; $Max_{HEP} = 2\,160$ heures). L'ANOVA entre les deux groupes pour les scores de la pratique délibérée est extrêmement significative.

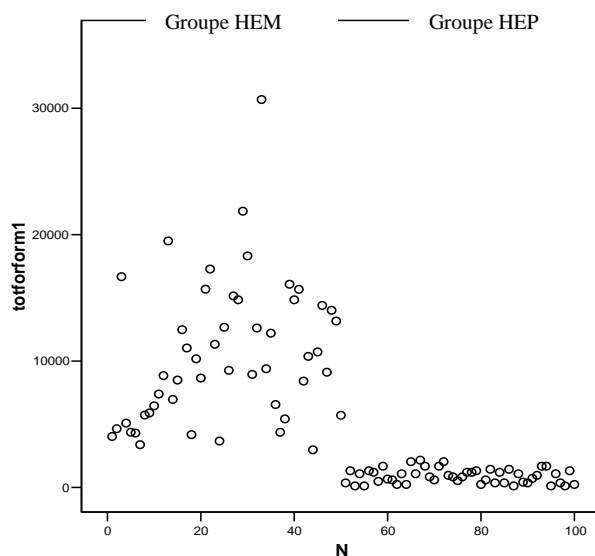


FIGURE 3. Dispersion des scores de pratique délibérée

Nos résultats pour la pratique délibérée (tous instruments confondus) corroborent ceux d'Ericsson *et al.* (1993) qui indiquent 10 000 heures de pratique délibérée cumulée pour les pianistes experts contre moins de 2 000 heures pour les pianistes amateurs. Par contre, ils sont sensiblement plus élevés (3 219.28 heures/année) (Joliat, 2008) que ceux de (Wernli, 2005) qui comptabilise 2 083 heures/année.

Les scores au T-SAG A

Les six clips du sous-test T-SAG A, basés sur le principe d'un retard constant de l'image de [-2 fr.] d'un des deux clips, ne permettent pas de discriminer les deux groupes de manière plus significative que la comparaison des moyennes (voir figure 4). Seul le résultat

à l'ANOVA pour l'item [3soulm2tsa] entre les deux groupes ($mHEM = 80\%$; $mHEP = 58\%$) est significatif ($F_{(1,98)} = 5.88, p < .05$).

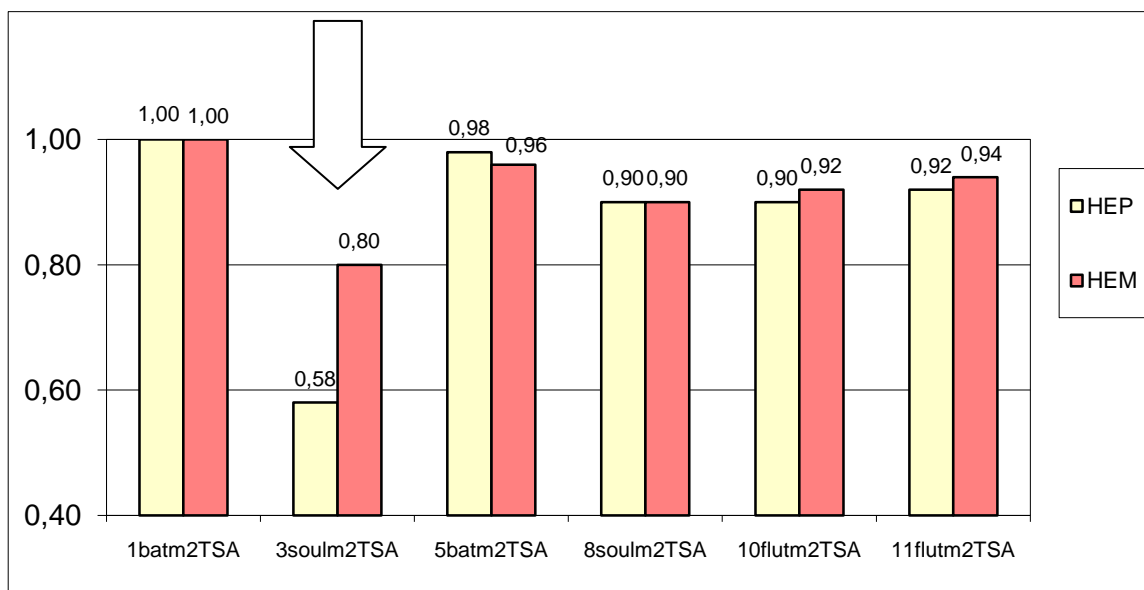


FIGURE 4. Scores à [-2 fr.] au sous-test T-SAG A

Le coefficient de corrélation (.231)⁶ est significatif de la liaison entre la pratique délibérée et l'item [3soulm2tsa]. Par contre, il n'y a pas de corrélation significative entre cet item et le test AMMA de Gordon (1989). Par conséquent, la détection de la désynchronisation n'est pas une aptitude musicale sur l'ensemble du test.

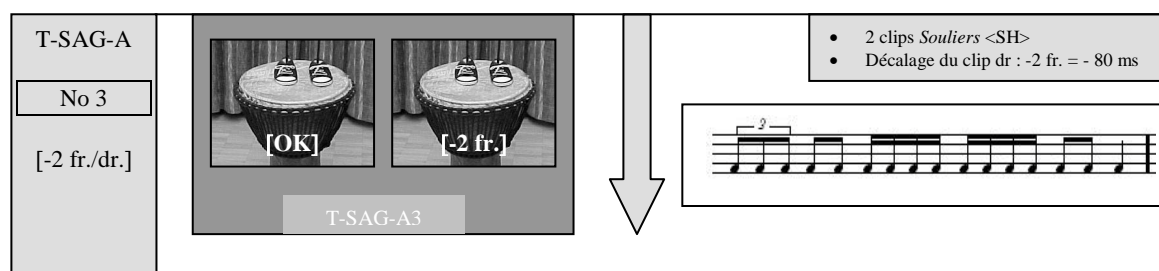


FIGURE 5. Typologie de l'item [3soulm2tsa] qui discrimine significativement le groupe *Expert* et *Amateur*

⁶ La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

Cependant, l'item [3soulm2tsa] (voir figure 5) discrimine significativement le groupe *Experts* du groupe *Amateurs* et est significativement corrélé à la pratique délibérée. Cet item est un indice de *syntonisation* (Leman, 2008) en tant qu'aptitude musicale.

Les scores au T-SAG B

Pour les douze items du sous-test T-SAG B, la perception de la désynchronisation par effet de retard de l'image est beaucoup plus facilement identifiable que la désynchronisation par effet d'avance de même réglage de *frames* (voir figure 6). Dans le cas d'une avance de l'image [+ 3 fr.] et [+ 4 fr.], la scène cinématique de l'image muette est en avance par rapport à l'exposition du clip synchronisé image/son. Le système perceptif ne peut pas créer d'anticipation (Fraisse, 1974 ; Gordon, 1989 ; Zanetti, 1973), facilitant la détection de l'effet. Cette particularité pourrait s'expliquer à la lumière des mécanismes de fonctionnement des neurones miroirs (Rizzolatti *et al.*) dans l'activation du système moteur, responsable de la perception de l'action. L'aire prémotrice *F5* ne coderait pas d'affordances visuelles particulières, mais les « actes moteurs qui leur sont congruents » (Rizzolatti et Singigaglia, 2008, p. 20). Dans le cas présent, l'absence de congruence entre les actes moteurs de l'image synchronisée avec le son et les *affordances* de l'image en avance ne permettrait pas au système perceptif de décoder ces dernières correctement.

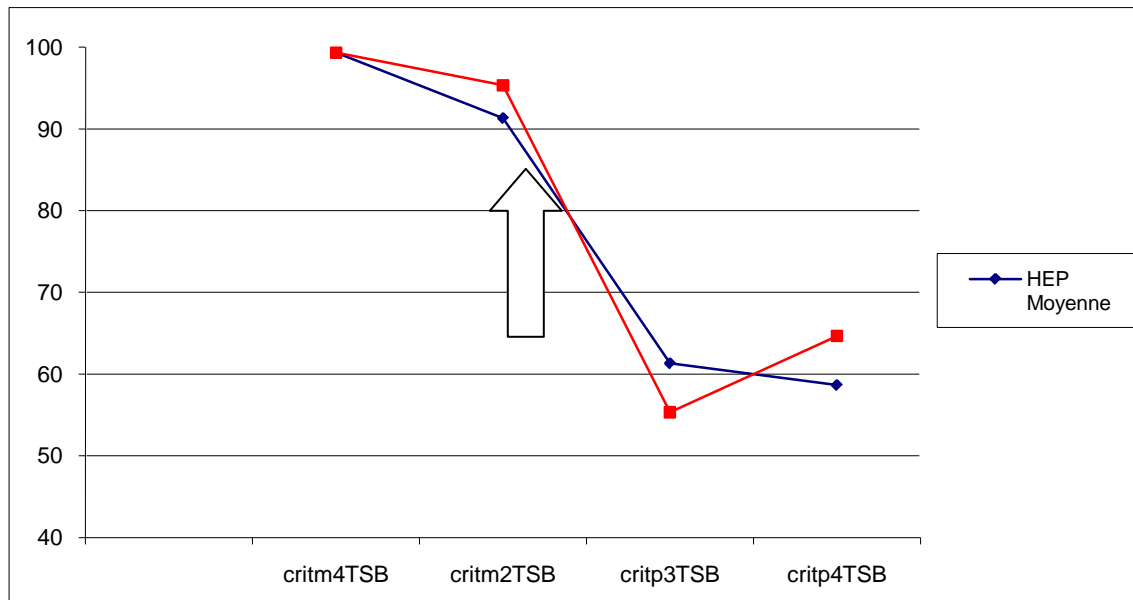


FIGURE 6. Comparaison des scores à la sensibilité aux frames du T-SAG B calibrée à [- 4 fr.], [- 2 fr.], [+ 3 fr.] et [+ 4 fr.]

Concernant le décalage de l'image de [- 2 fr. = - 80 ms] par rapport au son, la moyenne des scores pour le groupe HEM ($m = 95.33\%$) est légèrement plus élevée [+ 4%] que pour le groupe HEP ($m = 91.33\%$). L'analyse de l'ANOVA ne fournit pas de significativité entre les moyennes des scores des deux groupes pour deux de ces trois items.

Cependant, pour le troisième item [9soulm2] ($m_{HEM} = 96\%$; $m_{HEP} = 80\%$), le résultat à l'ANOVA est significatif ($F_{(1,98)} = 6.32$, $p < .05$) de la discrimination des deux groupes. Le coefficient de corrélation (.206)⁷ est significatif de la liaison entre la pratique délibérée (voir figure 3) et l'item [9soulm2tsb]. Mais il n'y a pas de corrélation entre le test de Gordon (1989) et l'item [9soulm2tsb]. Par conséquent, la détection de la désynchronisation n'est pas une aptitude musicale sur l'ensemble du test, à l'exception partielle de l'item [9soulm2tsb] qui discrimine significativement le groupe *Experts* du groupe *Novices* et qui est significativement corrélé au degré d'expertise musicale mesuré par la quantité de pratique délibérée. Cet item est un indice de *syntonisation* (Leman, 2008) en tant qu'aptitude musicale.

La typologie de l'item [9soulm2tsb] du T-SAG B est identique à la typologie de l'item [3soulm2tsa] du T-SAG A (voir figure 5). Cet item ayant permis de départager les deux groupes HEP et HEM de manière significative à deux reprises, sa *fidélité* est ainsi démontrée par la méthode test-retest (Reuchlin, 1990).

CONCLUSION

Le T-SAG, construit sur la désynchronisation de stimuli audiovisuels, sans référence à la culture, n'a pas véritablement permis de discriminer de manière significative les groupes *Amateurs* et *Experts*. Cela remet en question l'idée que, même sans contenus musicaux, c'est-à-dire, sans l'effet « longueur d'avance » (Davies, 1978, p. 120), les experts gagneraient de toute façon la course, en tous cas avec des items audiovisuels. Beethoven n'aurait probablement pas réussi à se « *syntoniser* » (Leman, 2008) aux scènes audiovisuelles du T-SAG, faute de contenus de complexité comparable à la partition de son 12^e quatuor. Les images musicales induites par l'exposition aux items du T-SAG ont été traitées au même bas niveau cognitif par les deux groupes, à l'exception notoire de l'item *Souliers*, calibré à [- 80 ms] de décalage image/son. Une étude ultérieure pourra exploiter le potentiel psychométrique de celui-ci pour tenter de valider le fait que la syntonisation soit une aptitude musicale.

A contrario, nos résultats pourraient corroborer l'hypothèse d'Ericsson *et al.* (1993) : plus la complexité de la tâche augmente et plus la performance des experts croît. Les contenus neutres des stimuli du T-SAG proposés aux experts auraient été traités en tant que percepts,

7 La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

sans attentes cognitives particulières. Ils n'auraient pas été décodés par l'image motrice (Jeannerod, 2002) et intégrés en tant que concepts, régulés par l'opérativité (Reybrouck, 2001), selon un processus de type « *top down* ».

Comment, désormais, spécifier les conditions de déclenchement de l'image opérative experte ainsi que son degré d'influence sur la discrimination de la désynchronisation acoustico-gestuelle ? Selon un procédé de traitement de l'image/son analogue au T-SAG, un groupe de pianistes experts pourrait être exposé aux items d'un nouveau test de cinématique d'actions d'exécution d'une œuvre de complexité élevée, sur deux instruments à percussion différents (piano, xylophone). Leur score pourra peut-être nous renseigner sur la capacité de l'image musicale opérative des pianistes à détecter une plus petite désynchronisation audiovisuelle du jeu musical à leur propre instrument, plutôt qu'au xylophone. Intéressante musique d'avenir.

Références bibliographiques

- Ackerman, P. et Beier, M. (2003). Traits complexes, cognitive investment, and domain knowledge. Dans R. J. Sternberg et L. Grigorenko, (dir.), *The Psychology of Abilities, Competencies, and Expertise*, (p. 1-30).
- Altenmüller, E., Wiesendanger, M. et Kesselring, J. (2006). *Music, Motor Control and the Brain*. Oxford : Oxford University Press.
- Advanced measures of music audiation (AMMA) (1989). Test created by E. E. Gordon. © Copyright 1990. GIA Publications, Inc. 7404 Ave., Chicago, IL 60638.
- Baddeley, A. (1993). *La mémoire humaine : théorie et pratique* (S. Hollard, trad.). Grenoble : PUG. (Original publié en 1990)
- Baily, J. (1985). Music structure and human movement. Dans P. Howell, I. Cross et R. West (dir.), *Musical Structure and Cognition* (p. 237-258). London : Academic Press.
- Bastien, C. (1997). *Les connaissances de l'enfant à l'adulte*. Paris : Armand Colin.
- Bayle, F. (1989). L'image de son, ou i-son. Métaphore/Métaforme. Dans S. McAdams et I. Deliège (dir.), *La musique et les sciences cognitives* (p. 235-242) Liège/Bruxelles : Mardaga.
- Berthoz, A. (1997). *Le sens du mouvement*. Paris : Odile Jacob.
- Bentley, A. (1983). *Musikalische Begabung bei Kindern und ihre Messbarkeit* (R. Jakoby, trad.). Berlin : Verlag Moritz Diesterweg. (Original publié en 1966)

- Bosseur, J.-Y. (2005). *Du son au signe : histoire de la notation musicale*. Paris : Alternatives.
- Buchet, E. (1995). *Beethoven : légendes et vérité* (2^e éd.). Paris : Buchet/Chastel. (Original publié en 1966)
- Chanquoy, L., Tricot A. et Sweller, J. (2007). *La charge cognitive : théorie et applications*. Paris : Armand Colin.
- Combarieux, J. (1917). *La musique : ses lois, son évolution*. Paris : Flammarion.
- Cook, N. (2006). *Musique, une très brève introduction* (N. Gentili, trad.). Paris : Allila. (Original publié en 1998)
- Danhauser, A. (1994). *Théorie de la musique* (éd. rév. et aug.). Paris : Henri Lemoine. (Original publié en 1950)
- Davidson, J. W. et Correia, J. S. (2002). Body movement. Dans R. Parncutt et G. E. McPherson (dir.), *The Science and Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning* (p. 237-250). Oxford : Oxford University Press.
- Davies, J. B. (1978). *The Psychology of Music*. Stanford : Stanford University Press.
- De la Motte-Haber, H. (1994). Principales théories scientifiques en psychologie de la musique : les paradigmes. Dans A. Zenatti (dir.), *Psychologie de la musique* (E. Chevrel, trad., p. 27-53). Paris : PUF.
- Desain, P. et Windsor, L. (dir.) (2000). *Rhythm Perception and Production*. Lisse : Swets et Zeitlinger.
- Deutsch, D. (dir.) (1999). *The Psychology of Music* (2^e éd.). London : Academic Press. (Original publié en 1982)
- Dias, B. (1995). *De l'évaluation psychométrique à l'évaluation du potentiel d'apprentissage* (préface de R. Feuerstein et Y. Rand). Lucerne : SZH/SPC. (Original publié en 1991)
- Dowling, W. J. (1989). Simplicité et complexité en musique et en cognition. Dans S. McAdams et I. Deliège (dir.), *La musique et les sciences cognitives* (P. Drienne, trad., p. 351-360). Liège/Bruxelles : Mardaga.
- Ericsson, K. A. et Charness, N. (1994). Expert performance: Its structure and acquisition. *American Psychologist*, 49 (8), 725-747.

- Ericsson, K. A., Krampe, R. Th. et Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100 (3), 363-406.
- Feyereisen, P. et de Lannoy, J.-D. (1985). *Psychologie du geste*. Bruxelles : Mardaga.
- Francès, R. (1984). *La perception de la musique* (2^e éd.). Paris : Vrin. (Original publié en 1958)
- François, P. (2004). Professionnels et amateurs. Dans J.-J. Nattiez (dir.), *Musiques : une encyclopédie pour le XXI^e siècle* (Vol. 2, p. 585-607). Paris : Actes sud/Cité de la musique.
- Fraisse, P. (1974). *Psychologie du rythme*. Paris : PUF.
- Gallagher, S. (2005). *How Body Shapes the Mind*. Oxford : Oxford University Press.
- Godøy, R. I. et Jørgensen, H. (dir.) (2001). *Musical Imagery*. Lisse : Swets et Zeitlinger.
- Gordon, E. E. (1989). *Manual for the Advanced Measures of Music Audiation*. Chicago : GIA Publications.
- Gordon, E. E. (1990). *Predictive Validity Study of AMMA: A One-Year Longitudinal Predictive Validity Study of the Advanced Measures of Music Audiation*. Chicago : GIA Publications.
- Gordon, E. E. (1998). *Introduction to Research and the Psychology of Music*. Chicago : GIA Publications.
- Gordon, E. E. (2004). *Continuing Studies in Music Aptitudes*. Chicago : GIA Publications.
- Grigorenko, E. L. (2003). Expertise and mental disabilities: Bridging the unbridgeable? Dans R. J. Sternberg et E. L. Grigorenko (dir.), *The Psychology of Abilities, Competencies, and Expertise* (p. 156-185). New York : Cambridge University Press.
- Gritten, A. et King, E. (dir.) (2006). *Music and Gesture*. Hampshire : Ashgate.
- Grout, D. J. et Palisca, C. V. (1988). *A History of Western Music* (4^e éd.). New York : Norton. (Original publié en 1960)
- Hanslick, E. (2004). *Du beau dans la musique : essai de réforme de l'esthétique musicale* (C. Bannelier, trad.). Paris : Phénix. (Original publié en 1893)
- Incite Editor. (2003). V. 3.0.0. Logiciel audiovisuel. 4, Ch. du Tir au canon, 1127 Carouge : Avexco SA.

- Janata, P. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying auditory image formation in music. Dans R. I. Godøy et H. Jørgensen, (dir.), *Musical Imagery* (p. 27-42). Lisse : Swets et Zeitlinger.
- Jaques-Dalcroze, E. (1965). *Le rythme, la musique et l'éducation*. Lausanne : Foetisch. (Original publié en 1907/1920)
- Jeannerod, M. (2002). *La nature de l'esprit*. Paris : Odile Jacob.
- Joliat, F. (2000). La formation musicale des futurs enseignants. *Revue musicale suisse*, 5, 17-20.
- Joliat, F. (2003, août). Preliminary aptitude test for discrimination of acoustico-gestual synchronisation between two clips (PATDAGS). Poster présenté à l'International conference « music and gesture », University of East Anglia, Norwich.
- Joliat, F. (2008), *L'effet de l'aptitude musicale dans la détection de la désynchronisation audiovisuelle : l'œil musical ou le syndrome de Ludwig van Beethoven* (Impression partielle). Thèse de doctorat en Lettres, Université de Fribourg. [<http://ethesis.unifr.ch/theses/index.php>]
- Joliat, F. (2009). La genèse et le développement de l'éducation musicale à l'école : entre l'enseignement de l'art et l'éducation par l'art en Suisse romande. Dans M. Mellouki et A. Akkari (dir.), *La recherche au service de la formation des enseignants* (Actes de la recherche, Vol. 7, p. 195-217). Porrentruy : HEP-BEJUNE.
- Kululuka, A. A. (2001). Du fait gestuel à l'empreinte sonore. *Cahiers de musiques traditionnelles*, 14, 221-236.
- Lechevalier, B. (2003). *Le cerveau de Mozart*. Paris : Odile Jacob.
- Leman, M. (2008). *Embodied Music Cognition and Mediation Technology*. Cambridge : MIT.
- Lerdahl, J.-L. et Jackendoff, R. (1999). *A Generative Theory of Tonal Music* (2^e éd.). Cambridge : MIT. (Original publiée en 1983)
- Leroy, J.-L. (2003). *Vers une épistémologie des savoirs musicaux*. Paris : L'Harmattan.
- Leroy, J.-L. (2005). *Le vivant et le musical*. Paris : L'Harmattan.
- Liberman, A. M. et Mattingly, I. G. (1985). The motor theory of speech perception revised. *Cognition*, 21, 1-36.

- Lotze, H. (1852). *Medizinische Psychologie oder Physiologie der Seele*. Leipzig : Weidmannsche Buchhandlung.
- Martin, F. (dir.). (1945). *Congrès de l'enseignement élémentaire de la musique*. La Chaux-de-Fonds, 5 et 6 mai 1945.
- Mayer, R. E. (2003). What causes individual differences in cognitive performance ? Dans R. J. Sternberg et L. Grigorenko, (dir.), *The Psychology of Abilities, Competencies, and Expertise*, (p. 263-273). Cambridge : Cambridge University Press.
- Meulemans, T. (1998). *L'apprentissage implicite : une approche cognitive neuropsychologique et développementale*. Paris : Solal.
- Piaget, J. et Inhelder, B. (1986). *La psychologie de l'enfant*. Paris : PUF. (Original publié en 1966)
- Piaget, J. (1970). *Epistémologie des sciences de l'homme*. Paris : Gallimard.
- Piaget, J. (1977). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé. (Original publié en 1936)
- Piéron, H. (1949). *La psychologie différentielle*. Paris : PUF.
- Pineau, M. et Tillmann, B. (2001) *Percevoir la musique*. Paris : L'Harmattan.
- Reuchlin, M. (1990). L'aptitude. *Encyclopaedia universalis* (vol 2, p. 681-685). Paris : Encyclopaedia universalis.
- Reybrouck, M. (2001). Musical imagery between sensory processing and ideomotor simulation. Dans R. I. Godøy et H. Jørgensen (dir.), *Musical Imagery* (p. 117-135). Lisse : Swets et Zeitlinger.
- Rizzolatti, G., Camarda, R., Fogassi, L., Gentilucci, M., Luppino, G. et Matelli, M. (1988). Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. *Experimental Brain Research*, 71, 491-507.
- Rizzolatti, G. et Sinigaglia, C. (2008). *Les neurones miroirs* (M. Raiola, trad.). Paris : Odile Jacob.
- Robinson, D. (1995). *Charlot : entre rire et larmes*. Paris : Gallimard.
- Rousseaux, F. et Bonardi, A. (2003). *Comprendre des pratiques qui provoquent la musicologie : le « music-ripping »*. Publication n° 041C, CD-ROM des actes de la conférence internationale ICHIM 03, Paris, École du Louvre, 10-12 septembre 2003.

- Shaffer, H. L. (1989). Cognition et affect dans l'interprétation musicale. Dans S. McAdams et I. Deliège (dir.), *La musique et les sciences cognitives* (p. 537-550). Paris : Mardaga.
- Shuter-Dyson, R. et Gabriel, C. (1981). *The Psychology of Musical Ability* (2^e éd. rév. et aug.). London : Methuen.
- Sloboda J. A. (1988). *L'esprit musicien : la psychologie cognitive de la musique* (M.-I. Collart, trad.). Liège/Bruxelles : Mardaga. (Original publié en 1985)
- Sloboda, J. A. (1996). The acquisition of musical performance expertise : Deconstructing the "talent" account of individual differences in musical expressivity. Dans K. A. Ericsson (dir.), *The Road to Excellence: The Acquisition of Expert Performance in Arts and Sciences and Games* (p. 10-126). Mahwah : Lawrence Erlbaum Associates.
- Sloboda, J. A. (2005). Musical expertise. Dans J. A. Sloboda, (dir.), *Exploring the Musical Mind: Cognition, Emotion, Ability, Function* (p. 243-263). Oxford : Oxford University Press.
- Stiegler, B. (2003). Bouillonnements organologiques et enseignement musical. *Les dossiers de l'ingénierie éducative*, 43, 11-15.
- Tafari, J. (2004). Dons musicaux et problèmes pédagogiques. Dans J.-J. Nattiez (dir.), *Musiques : une encyclopédie pour le XXI^e siècle* (Vol. 2) (p. 561-584). Paris : Acte sud/Cité de la musique.
- Temperley, D. (2001). *The Cognition of Basic Musical Structures*. New York : MIT.
- Teplov, B. M. (1966). *Psychologie des aptitudes musicales* (J. Deprun, trad.). Paris : PUF.
- Tillmann, B., Madurell, F., Lalitte, P., Bigand, E. (2005). Apprendre la musique : perspectives sur l'apprentissage implicite de la musique et ses implications pédagogiques. *Revue française de pédagogie*, 152, 63-77.
- Trevarthen, C. (2004). Learning about ourselves, from children: why a growing human brain needs interesting companions? *Annual Report – Hokkaido University Research and Clinical Center for Child Development*, 26, 9-44.
- Venon, Y et Lautrey, J. (1994). Relations entre imitation gestuelle, image mentale et opérations logiques au cours du développement : comparaison d'enfants normaux et retardé scolaires, *Enfance*, 4, 323-343.
- Vines, B., Wanderley, M. M., Nuzzo et R., Levitin, D. (2004). Performance gestures of musicians: what structural and emotional information do they convey? *Gesture-Based*

- Communication in Human-Computer Interaction* (Vol. 2915, p. 468-478). Heidelberg : Springer Verlag.
- Wallon, H. (1970). *De l'acte à la pensée : essai de psychologie comparée*. Paris : Flammarion. (Original publié en 1942)
- Wernli, A. (2005). Wie viel Musikstudierende arbeiten : Aus einer Umfrage zur Arbeitsleistung von Hochschulstudierenden an der Musik-Akademie der Stadt Basel. *Schweizer Musikzeitung*, 6, 7-9.
- Willems, E. (1987). *Les bases psychologiques de l'éducation musicale* (4^e éd. rév. et préfacée par J. Chapuis). Fribourg : Pro Musica. (Original publié en 1936)
- Zenatti, A. (1973). Étude de l'acculturation musicale chez l'enfant dans une épreuve d'identification mélodique. *Journal de psychologie normale et pathologique*, 4, 453-464.
- Zurcher, P. (1993). Musique de voix et musique de doigts. Dans J.F. Perret (dir.), *Musique vécue, musique apprise* (p. 107-121). Fribourg : Delval.
- Zurcher, P. (1996). Mythologies de la musique : ce que nous pensons de la musique et la réalité des faits, *Cahiers suisses de pédagogie musicale*, 1-3, 1-10.