

Gilles COMEAU
Université d'Ottawa
gcomeau@uottawa.ca

LE ROLE DE LA RECHERCHE MULTIDISCIPLINAIRE DANS LA PEDAGOGIE PIANISTIQUE

Jouer du piano est une activité complexe qui fait intervenir plusieurs dimensions dont la perception, la cognition, la motricité et l'expression. À la fois exécution technique et expression artistique, cette activité nécessite une longue période d'apprentissage. Or, nous savons peu de choses quant aux facteurs qui contribuent à la réussite des apprentissages ou à l'abandon des études musicales. La nature et les particularités liées au jeu pianistique sont peu connues. Que ce soit au niveau de la coordination de l'appareil moteur et de la perfection de la fine motricité, ou du développement du sens rythmique et de l'expression artistique, nous avons encore trop souvent recours aux catégories bien commodes de l'élève doué et non doué pour expliquer les problèmes rencontrés au cours de la formation musicale.

L'Université d'Ottawa a récemment constitué un laboratoire unique qui a pour mandat de promouvoir la recherche multidisciplinaire en pédagogie du piano. Équipé d'installations à la fine pointe des nouvelles technologies, cette infrastructure vise une meilleure compréhension des processus d'apprentissage et des processus d'enseignement du piano. Ce laboratoire rassemble des musiciens intéressés par la recherche et des scientifiques intéressés par la musique. Des chercheurs en psychologie, en neurosciences, en éducation, en sciences cognitives, en génie informatique, en génie biomécanique, en génie biomédical mettent à contribution leurs expériences afin de contribuer à fournir diverses méthodes de recherche pouvant nous amener à mieux rendre compte des composantes intervenant dans l'apprentissage du piano.

La participation de différentes disciplines nous permet d'aborder la recherche autour de six grandes problématiques : la pédagogie du piano, la motivation, la lecture de la musique, les blessures et l'échauffement, les aspects physiques du jeu pianistique et l'apprentissage assisté par la vidéo. Le fil unificateur de l'ensemble de tous ces projets de recherche est l'effort commun pour mieux établir et mieux définir les compétences propres à l'apprentissage du piano. L'intégration de différentes approches scientifiques enrichit considérablement le domaine de la pédagogie du piano en contribuant à lever un grand nombre d'incertitudes et à écarter plusieurs croyances non fondées, tout en permettant d'améliorer l'efficacité de l'apprentissage.

1. LA RECHERCHE EN PEDAGOGIE DU PIANO

La pédagogie du piano, comme activité éducative, n'est pas un phénomène récent. Toutefois, la perception de cette pédagogie, comme domaine de savoir pouvant répondre à des normes de recherche scientifiques, est une entreprise relativement inusitée. Entreprendre des recherches empiriques où certaines composantes de la pédagogie du piano sont étudiées, mesurées et analysées, demeure une voie encore marginale dans les milieux de formation à l'enseignement de la musique. Le monde musical est souvent réticent voire tout à fait méfiant face à la culture scientifique (Comeau, 2006). Le fait qu'une pratique, qui se veut d'abord artistique, soit abordée scientifiquement, suscite beaucoup d'inquiétude. L'appréhension des musiciens envers la recherche scientifique et l'absence d'une tradition de recherche en pédagogie instrumentale freinent souvent le développement de la recherche en pédagogie musicale.

À ce jour, les composantes de la pédagogie du piano, comme champ de recherche, n'ont pas encore été clairement identifiées. Établir les fondements de cette discipline, en tant que champ autonome, exige que nous puissions définir son objet d'études, délimiter l'ensemble de ses contenus et exposer l'étendue de sa pratique. Cette recherche théorique est d'autant plus essentielle que la pédagogie du piano, comme toute entreprise éducative, s'est développée à partir d'autres disciplines établies. Ses contenus sont multiples et proviennent de plusieurs sources : d'abord les disciplines musicales, l'interprétation pianistique, la musicologie, la théorie de la musique, mais aussi l'éducation, la psychologie de la perception musicale, la psychologie cognitive, la psychologie du développement, la neuroscience, la physiologie, les sciences de l'activité physique et les différentes branches de l'ingénierie. L'appartenance à un aussi grand nombre de disciplines rend difficile l'établissement d'un champ de savoir propre à la pédagogie du piano.

S'intéresser à un objet d'étude, c'est d'abord saisir l'ensemble des connaissances d'une discipline dans leur globalité. Traditionnellement, les auteurs ont surtout contribué au savoir en traitant divers aspects spécifiques : les approches techniques, le répertoire, la mémorisation, l'apprentissage du jeu pianistique, etc. Cela conduit à l'éclatement des contenus et tend à obscurcir l'objet d'étude. Nous voulons pallier cette lacune en proposant de regrouper l'ensemble des composantes de la pédagogie du piano en un modèle cohérent qui pourra assurer un degré suffisant d'unité à la discipline.

Par ailleurs, le travail entamé pour mieux définir le champ de recherche de la pédagogie du piano a immédiatement révélé une lacune importante : l'absence d'outils adéquats pour faciliter l'accès aux recherches existant dans les différentes disciplines qui s'intéressent à l'un ou l'autre aspect du jeu pianistique. En optant pour une approche multidisciplinaire, il est nécessaire d'élargir considérablement le champ d'investigation. Ne voulant plus se limiter au domaine de la musique, la recherche en pédagogie du piano doit prendre en compte les autres disciplines qui, par leurs méthodes et approches, contribuent à de nouvelles connaissances et proposent des perspectives originales pour mieux comprendre les multiples composantes intervenant dans l'apprentissage et

l'enseignement du piano. Il est donc essentiel d'étendre les sources d'information traditionnelles.

Dans un premier temps, nous avons entrepris de rassembler une importante collection d'articles et de comptes-rendus de recherche à partir desquels nous avons créé une base de données accessible à tous les chercheurs du laboratoire. Cette collection de près de 2 000 titres, rassemble des publications provenant d'une vingtaine de disciplines et donne un accès rapide à des recherches théoriques ou empiriques ayant un intérêt pour la recherche en pédagogie du piano. Dans un deuxième temps, nous avons amorcé la réalisation d'un guide de recherche et d'information en pédagogie du piano¹. Le but de cet ouvrage, à paraître chez Routledge Press, est de fournir une compilation détaillée des ressources en pédagogie du piano par le biais d'une bibliographie annotée des travaux de référence et des écrits scientifiques à la disposition des chercheurs. Le premier volet, intitulé « *Bibliographical Tools for Research in Piano Pedagogy* », englobe les catalogues, les résumés, les bibliographies, les guides de recherche et les encyclopédies. Le deuxième, intitulé « *General Works in Related Disciplines* », traitera des ouvrages à portée générale et offrira un survol des recherches dans divers domaines dont les cadres méthodologiques, la psychologie, la psychologie de la musique, l'éducation, l'éducation musicale et la musique. La troisième section, « *Topics in Piano Pedagogy Research* », présente les sources récentes dans un ensemble de domaines pertinents pour la pédagogie du piano. Les chercheurs et les élèves y trouveront une importante sélection d'écrits utiles pour leurs travaux. Le guide se veut un appui à la recherche en orientant les lecteurs vers les sources établies et contemporaines, y compris les catalogues, les bibliographies, les encyclopédies, les ouvrages, les revues savantes, les enregistrements audio et vidéo et, enfin, les ressources Internet.

2. MOTIVATION

Les élèves pianistes consacrent de longues heures à étudier leur instrument. Ces séances de travail doivent être régulières, elles peuvent s'étendre sur plusieurs années et être parfois laborieuses. Ericsson, Tesch-Römer et Krampe (1990) remarquent que les séances de travail réellement utiles à l'apprentissage de l'instrument sont celles qui sont structurées et exigent un effort soutenu. Il faut donc être très motivé pour persévérer. Le taux d'abandon du piano est élevé et nous ne comprenons pas vraiment les facteurs qui amènent les élèves à continuer ou à abandonner leurs études musicales. Sloboda et Howe (1991) affirment, sans toutefois fournir d'estimation précise, qu'un pourcentage élevé des jeunes élèves qui entreprennent l'étude du piano abandonne cette activité dans les 18 mois suivant leurs premières leçons, donc avant d'atteindre une maîtrise même modeste de leur instrument. D'autres persévèrent plus longtemps, mais une minorité seulement réussit à atteindre un niveau élevé de compétence musicale.

¹ Etudiants diplômés du Laboratoire de recherche en pédagogie du piano participant à la rédaction de cet ouvrage : Julia Brook, Mélina Dalairé, Nisreen Jardaneh, Catherine Lemay, YiFei Liu.

Au début de ces études, la motivation du jeune élève est surtout soutenue par les parents et par la nouveauté de l'activité (Davidson, Howe et Sloboda, 1995). Par la suite, l'élève devra trouver d'autres sources d'appui, dont une solide motivation personnelle, pour maintenir ses activités musicales. Dans le cours normal de l'apprentissage, la pratique d'un instrument conduit à une compétence accrue et l'expérience de cette maîtrise est valorisante. L'augmentation du niveau d'habileté est habituellement confirmée par le milieu social (professeur, examen, concerts et compétitions). Toutes ces expériences auront une influence importante, aussi bien positive que négative, sur le degré de motivation de l'élève. Nous savons également que cette motivation aura un impact sur la quantité ainsi que sur la qualité du travail effectué par l'élève. En revanche, les transformations personnelles entraînées par l'apprentissage d'un instrument de musique et les modifications du degré de motivation tout au long de la période d'apprentissage sont encore mal connues. C'est pourquoi nous avons voulu élaborer une échelle de motivation, sous forme de questionnaire, pour mesurer le niveau de motivation chez les jeunes élèves en piano.

Le développement d'une échelle de mesure² nécessitait d'abord de préciser les modalités de quantification, puis d'élaborer des énoncés sur lesquels les élèves devraient répondre. Nous avons choisi l'échelle de Likert, en sept points, afin de quantifier les états subjectifs de motivation. Mais, pour éviter le caractère abstrait d'une série de valeurs numériques, nous avons cherché un cadre plus concret en fournissant une représentation graphique de barres verticales dont la hauteur augmente avec la valeur numérique de l'échelle.

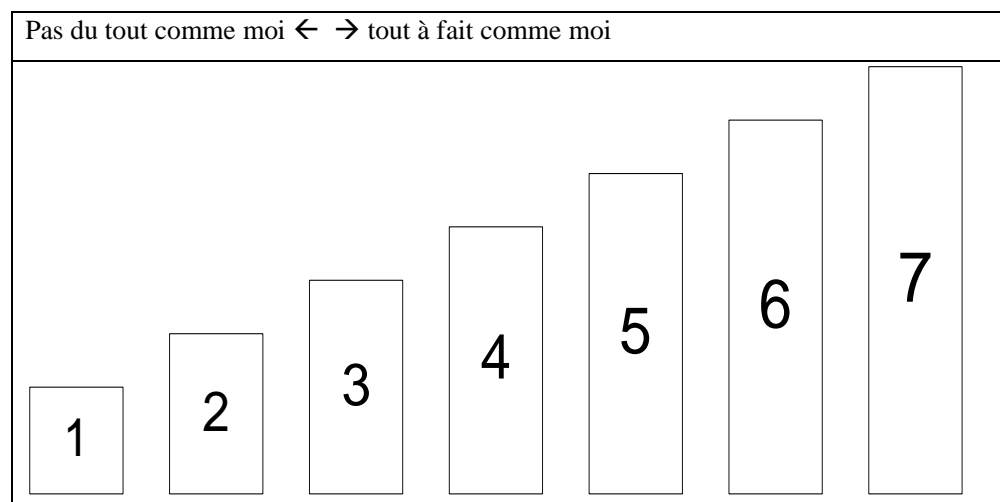


Figure 1 – Échelle en sept points à l'intention des enfants

² Alain Desrochers (psychologie, Université d'Ottawa), Isabelle Green-Demers (psychologie, Université du Québec en Outaouais), Gilles Comeau (musique, Université d'Ottawa), Nisreen Jardaneh (étudiante diplômée au Laboratoire de recherche en pédagogie du piano) ont participé à l'élaboration de cet outil de mesure.

L'élaboration des énoncés pour le questionnaire s'appuie sur le cadre théorique proposé par Deci et Ryan (1985, 2000, 2002). Selon cette théorie, les activités d'apprentissage sont soutenues par une variété de motifs qui sont dit intrinsèques lorsque l'activité en soi paraît intéressante et signifiante pour l'élève, ou extrinsèques lorsque l'élève se sent poussé à s'engager dans une activité par des pressions externes (récompenses ou punitions). Deci et Ryan ont également proposé une différenciation des mécanismes de régulation externe qui contrôlent la motivation extrinsèque et utilisent les notions d'internalisation et d'intégration pour décrire quatre types de régulation extrinsèque ordonnés sur un continuum : la régulation externe, la régulation introjectée, la régulation identifiée et la régulation intégrée.

Le terme amotivation désigne, quant à lui, l'absence de raison de s'engager dans une activité.

Type de motivation	Amotivation	Motivation extrinsèque				Motivation intrinsèque
Type de régulation	Aucune régulation	Régulation externe	Régulation introjectée	Régulation identifiée	Régulation intégrée	Régulation intrinsèque

Figure 2 – Représentation schématique des types de motivation et de régulations proposés par Deci et Ryan

Les énoncés du questionnaire gravitent tous autour de l'idée d'apprendre à jouer du piano. Deux sources d'information ont été prises en compte. D'abord, nous avons mené des entretiens auprès d'élèves en piano, de parents d'élèves et de professeurs afin de comprendre pourquoi des élèves s'inscrivent à ces leçons, ce qu'ils trouvent intéressant ou ennuyeux, ainsi que ce qui pousse certains d'entre eux à abandonner l'étude du piano. Nous avons ensuite harmonisé les observations des répondants avec les concepts issus du modèle de Deci et Ryan. Cette étape nous a conduits à formuler six groupes d'énoncés représentant chacun les six catégories identifiées par Deci et Ryan. Le questionnaire, élaboré à l'intention des enfants de 7 à 14 ans, comprend 60 énoncés, 10 pour chaque type de motivation, et ces énoncés sont présentés en un ordre aléatoire. L'échelle a ensuite été mise à l'épreuve auprès de 50 élèves en piano. Cette collecte de données avait pour but de vérifier la clarté des énoncés de motivation, le degré de difficulté, la cohérence interne des groupes d'énoncés, la relation entre ces groupes d'énoncés et les différentes formes de motivation. Les résultats de cette évaluation ont été rapportés dans Desrochers, Comeau, Jardaneh et Green-Demers (2006).

Depuis, l'échelle de motivation a été utilisée avec une centaine d'enfants nord-américains. Nous souhaitons mieux comprendre ainsi les facteurs qui influencent le niveau de motivation des jeunes élèves en piano et mieux expliquer les formes d'évolution de la motivation chez les élèves qui poursuivent des leçons pendant plusieurs années. Nous désirions connaître l'impact des méthodes d'enseignement –

Suzuki, Yamaha ou enseignement traditionnel – sur la motivation. Nous regardions également l'influence de la participation des parents et l'effet des différents types d'interventions parentales, sur les mécanismes de régulation externe qui contrôlent la motivation extrinsèque au début de l'apprentissage. Nous sommes présentement en train d'analyser la première série de données.

Nous nous intéressons aussi à la situation des élèves asiatiques qui entreprennent des études musicales et qui connaissent souvent un réel succès. La proportion d'élèves asiatiques recevant prix et médailles lors de compétitions pour les jeunes élèves est extrêmement élevée et la persévérance de ces élèves est tout aussi remarquable. Nous avons donc utilisé cette échelle de motivation afin d'entreprendre une analyse comparative des élèves issus de divers milieux culturels. Nous en sommes présentement à comparer les données obtenues auprès d'enfants nord-américains aux résultats obtenus auprès d'élèves en Chine. Nous voudrions pouvoir expliquer comment les différences importantes au niveau des mécanismes de contrôle externe, dans ces deux groupes culturels, influencent le niveau de la motivation et l'évolution vers des mécanismes de régulation interne. Nous cherchons également à mieux cerner comment chaque groupe culturel attribue à des facteurs différents (l'effort, le talent, la détermination) la cause de des succès et des échecs.

Nous savons aussi que les séances de travail au piano requièrent effort et persistance et que celles-ci influencent fortement la motivation des élèves. Nous avons donc voulu étendre notre étude afin d'explorer la façon dont les élèves perçoivent leurs séances de travail et quelle importance ils accordent aux stratégies d'apprentissage communément transmises par les professeurs de piano. Un outil de mesure³, construit sur le modèle de l'échelle de motivation, a été développé pour des enfants âgés de 7 à 12 ans. Après une revue exhaustive des techniques et stratégies de travail présentées dans la littérature en pédagogie du piano, une série d'énoncés ont été formulés et regroupés selon les catégories du modèle de Jørgenson (2004). Administré auprès d'une cinquantaine d'élèves, l'analyse préliminaire des résultats montre que les enfants n'utilisent pas ou ne prennent pas en compte la majorité des stratégies qui leur ont été présentées. Un écart important existe entre les recommandations des professeurs de piano et le travail effectué quotidiennement par les élèves.

3. LECTURE MUSICALE

La musique classique en Occident se fonde sur la lecture de la notation qui s'avère une compétence essentielle et un volet fondamental de la formation à la musique (Agay, 2004 ; Sloboda, 1988, 2005). On sait toutefois que l'apprentissage de la lecture musicale est un processus long et ardu (Anderson, 1981 ; Hahn, 1985) et que les erreurs de hauteur et de rythme sont communes aux jeunes élèves (Jaarsma et al., 1998 ; Whitlock, 2002). Ces erreurs sont le plus souvent attribuées à de faibles compétences en

³ Nisreen Jardaneh (étudiante diplômée au Laboratoire de recherche en pédagogie du piano) a été responsable de développer cet outil de mesure et elle s'occupe présentement d'analyser les résultats.

lecture musicale (Bamberger, 1999 ; Gudmundsdottir, 2003 ; Gunter et al., 2003 ; Lehmann et McArtheru, 2002) qui seraient dues, notamment, à la complexité du système de notation musicale. En effet, chaque note individuelle véhicule deux registres de lecture, la hauteur et la durée de la note. Le pianiste doit donc mener de front une lecture horizontale et verticale de la partition. De plus, la lecture de la musique exige une fine motricité lors du jeu. Une bonne orientation au clavier et un rythme exact sont donc deux contraintes incontournables de la maîtrise de la lecture musicale.

Curieusement, bien que l'on reconnaisse que la lecture musicale est une composante centrale et complexe de l'apprentissage de la musique, peu de travaux portent sur l'acquisition de cette compétence. Selon Sloboda (2005), nos connaissances dans ce domaine sont limitées du fait que l'on prend pour acquis le fait que la lecture musicale s'acquiert tout naturellement durant l'apprentissage d'un instrument. Les travaux de recherche sur cette question sont donc peu nombreux et dépourvus trop souvent de tout ancrage théorique (Hodges, 1992). Qui plus est, les principaux ouvrages en éducation de la musique et en psychologie de la musique (*The New Handbook of Research on Music Teaching and Learning*, Colwell et Richardson, 2002 ; *Handbook of Music Psychology*, Hodges, 1996) demeurent muets sur ce sujet. Nous avons donc cru bon de mener des projets de recherche sur le développement de la lecture musicale chez les élèves de piano.

Toutefois, afin de bien arrimer ces recherches, il nous a fallu déterminer comment évaluer la performance d'un élève en lecture musicale. Les chercheurs et les diverses instances qui enseignent la musique ont utilisé et implanté diverses méthodes pour mesurer les compétences des musiciens en matière de lecture. On les regroupe en trois catégories : les tests de mesure de la lecture à vue, l'évaluation des erreurs commises dans la lecture pendant la performance et l'évaluation des experts (musiciens chevronnées et membres de comités). Il existe peu d'outils pour mesurer la performance musicale et, à notre connaissance, seulement deux outils pour évaluer la lecture musicale. Il s'agit du *Belwin-Mills Singing Achievement Test* qui évalue les compétences en solfège et ne peut mesurer la performance musicale sur un instrument de musique. De plus, cette grille comporte des lacunes et ne saurait devenir exemplaire en la matière (Hodges, 1996). La seconde, soit le *Watkins-Farnum Performance Scale (WFPS)*, développée en 1942 par John Watkins comme grille d'évaluation pour le cornet, a été modifiée par Farnum en 1954 de manière à servir pour tous les instruments à vent. Cet outil, passablement fiable, est repris par bon nombre de chercheurs (Elliot, 1982a ; Elliot, 1982b ; Thompson, 1985). Il n'en demeure pas moins qu'aucune grille d'évaluation n'existe pour le pianiste. Nous sommes donc en train d'en développer une qui, fondée sur le *Watkins-Farnum Performance Scale*, servira à la performance pianistique⁴.

⁴ Catherine Lemay (étudiante diplômée au Laboratoire de recherche en pédagogie du piano) est présentement responsable du développement de cet outil de mesure.

Des études ont cherché à évaluer la lecture musicale en identifiant les erreurs commises par les musiciens lors de la lecture de la partition. L'approche privilégiée, jusqu'à une date récente, était l'écoute d'un enregistrement de la performance musicale, à laquelle on accordait une note (Elliott, 1982b). Les chercheurs utilisent désormais le système MIDI, soit un outil qui permet de capter la performance d'une partition de manière à en évaluer la qualité au niveau de la lecture et de l'interprétation (Gudmundsdottir, 2003). Les paramètres de ces études récentes, à savoir la coordination des mains, la justesse du rythme ainsi que des dynamiques, des articulations et de la hauteur sont inscrits sur des grilles informatisées puisées à même les données recueillies par MIDI lors du jeu de l'instrument. Les erreurs de performance sont alors identifiées et évaluées à la lumière du type d'erreur, de leur occurrence dans la partition et de leur fréquence. Des recherches qui se déroulent au Laboratoire de piano visent à évaluer comment cette approche peut être adaptée de manière à évaluer le progrès dans la lecture de la partition chez les jeunes élèves pianistes.

En dernier lieu, tout au long de l'apprentissage de la musique, les performances en lecture sont jugées par des spécialistes et des comités de sélection (examen ou concours). Bien qu'il n'existe présentement aucune grille d'évaluation pour le classement à l'examen de déchiffrage, il n'en demeure pas moins que le recours à des spécialistes demeure la principale forme d'évaluation en enseignement de la musique. De nombreux chercheurs (Lehmann et Ericsson, 1993 ; Gilman, 2000 ; Levy, 2001) s'appuient eux aussi sur l'évaluation par les spécialistes quand il s'agit de décrire la performance musicale. Nous souhaitons donc comparer cette approche avec les deux cadres décrits plus haut. Bien que ces trois cadres soient acceptés dans le cadre de la recherche comme dans l'enseignement, aucune comparaison n'a été menée afin de déterminer la cohérence entre ces approches. C'est ce que nous tentons de faire actuellement, au Laboratoire de piano, afin d'identifier les cadres d'évaluation mieux en mesure de capter, pour ce qui est du piano, la justesse de la lecture musicale.

L'arrivée sur le marché de nombreux logiciels de musique permettant d'évaluer la performance musicale s'avère une ressource importante pour la recherche et pour l'enseignement. Un groupe de chercheurs du laboratoire a développé un logiciel, appelé MIDIateur⁵, qui permet de représenter graphiquement des données de la performance musicale. Cet outil permet de capter l'expression artistique du jeu du jeune élève, soit son interprétation personnelle d'une pièce, et de la comparer à une performance neutre, soit un mode de jeu dépourvu de toute expression artistique. Pour ce faire, nous utilisons la version disponible grâce à MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*), le logiciel qui permet aux instruments pourvus d'une composante informatique, dont le *Disklavier* et les claviers électroniques, de communiquer avec l'ordinateur. Les données MIDI englobent tous les renseignements ayant trait aux hauteurs, au tempo, ainsi qu'à l'intensité, à la durée et à l'articulation de chaque note. Les données captées sont ensuite

⁵ Le développement de ce logiciel a été possible grâce à la participation de Shervin Shirmohammadi (informatique, Université d'Ottawa) et des élèves de l'École de génie informatique de l'Université d'Ottawa.

traduites par le logiciel sous forme de graphiques qui servent de support visuel à l'analyse de chaque variable et de son rendement lors de la performance. En mesurant les écarts de temps et d'intensité sonore entre la performance de l'élève et la partition, et en évaluant la justesse des notes jouées au clavier, ce logiciel permet de rendre compte de l'évolution de l'habileté d'exécution chez un élève débutant. Une description détaillée du fonctionnement du logiciel est présentée dans Shirmohammadi, Khanafar et Comeau (2006).

Afin de pouvoir étudier le développement des processus cognitifs dans la lecture musicale, il est essentiel de bien connaître la nature des codes utilisés. Voilà pourquoi nous menons présentement une analyse exhaustive des méthodes de piano nord-américaines et européennes. Nous allons en extraire, afin de les classer, les composantes cognitives et psychomotrices de la maîtrise du code musical. Nous avons en un premier temps dressé la liste complète des contenus et des compétences ; ces éléments seront par la suite classés dans un ordre hiérarchique qui renvoie à leur degré de complexité et à leur degré d'interrelation. Les résultats de cette analyse permettront de dégager une description détaillée des compétences mises en jeu par la lecture musicale, depuis la plus simple à la plus complexe qui, ce faisant, englobera l'ensemble du champ de la lecture musicale.

Les premières analyses montrent un écart très important entre le nombre de symboles et de concepts introduits par chacune des méthodes. Cette disparité s'établit souvent à l'insu du professeur de piano qui ne pense pas à comptabiliser les codes utilisés. Par exemple, la méthode *Music for Little Mozarts* (Barden, Kowalchuk, Lancaster, 1999) présente 62 éléments de lecture et la méthode *Music Pathways* (Olson, L.F. ; Bianchi, L., et Blickenstaff, M., 1974) 138. En revanche, la méthode *Piano Adventures* (Faber et Faber, 1996) introduit 258 éléments et la méthode *Alfred's Basic Piano Library* (Palmer, Manus, Lethco, 1995) 262, ce qui place ces deux méthodes en tête de la liste des approches les plus riches en contenus de lecture. Une analyse plus détaillée nous permettra d'analyser le rythme d'introduction et l'enchaînement des éléments, ainsi que leur fréquence d'apparition.

La lecture musicale nécessite la connaissance de la notation mais également le transfert de ce code musical au clavier par le biais de gestes minutieusement contrôlés. Afin de mettre en lumière les processus cognitifs et kinésiques incontournables, ainsi que l'étude de la coordination entre les yeux et les mains tout au long de la lecture au piano, des systèmes de caméras sophistiqués permettent de mesurer le mouvement oculaire (Goolsby, 1989, 1994a, 1994b ; Truitt et al., 1997). La majorité des recherches à jour traitent de l'évaluation des stratégies cognitives utilisées par les musiciens chevronnés (Rayner et Pollatsek, 1997 ; Gilman et Underwood, 2003 ; Furneaux et Land, 1999 ; Polanka, 1995). Le survol de la littérature nous a permis de définir des projets avec de jeunes élèves pianistes afin d'identifier les stades de l'apprentissage liés

à l'intégration et à l'exécution de la notation musicale. Des expériences⁶ ont actuellement lieu avec de jeunes élèves afin d'évaluer la portée de leur perception, soit la portée du point fixe de l'œil ainsi que du rapport entre l'œil et la main, soit la distance entre le champ du regard et le lieu précis de la performance. Enfin, nous analyserons les fixations et les saccades de l'œil afin de mieux saisir les stratégies cognitives à l'œuvre pendant la lecture musicale.

4. ASPECTS PHYSIQUES DU JEU PIANISTIQUE

Le geste pianistique sert à produire des enchaînements qui varient sur plusieurs plans : la hauteur, la durée, l'articulation et la dynamique. Pour maîtriser le jeu pianistique, l'élève doit parvenir à contrôler tous ces paramètres simultanément et à assurer ce contrôle pour des séquences de notes différentes et des rythmes variés (Hodges, 1996 ; Jänke et al., 2000 ; Rapp, 2001 ; Repp, 1994 ; Wilson, 1992 ; Wilson et Roehmann, 1992). Nous explorons actuellement l'activité de l'appareil moteur du pianiste afin de mieux comprendre comment se développe l'action motrice d'un élève novice au cours de l'apprentissage. Nous observons plus spécifiquement le développement du contrôle de la motricité fine et des trajectoires de mouvements au clavier. Nous portons attention aux difficultés dues à la maîtrise des différents paramètres du geste pianistique et à l'évolution de ce contrôle en fonction de l'apprentissage.

Bien que les connaissances soient passablement avancées pour ce qui est des erreurs de hauteur commises par les jeunes élèves en piano, la littérature demeure relativement muette sur les aspects liés au temps et au rythme. Les articles portant sur la cognition musicale traitent plutôt des capacités innées et acquises, dont l'oreille absolue, mais nous savons peu sur la façon dont le cerveau gère la temporalité de la performance pianistique. Un projet en cours⁷ au sein du Laboratoire de piano étudie le lien entre les trajectoires du mouvement corporel et les erreurs de rythme commises par l'élève afin de déterminer si ces erreurs sont liées à la motricité du contact des doigts sur le clavier. Les trajectoires et les erreurs de rythme sont enregistrées à l'aide de huit caméras numériques branchées sur le logiciel VICON qui capte les mouvements corporels.

Les renseignements recueillis permettent d'étudier l'interaction, lors de la performance, entre les données tactiles liées au frapper du clavier par les doigts et le rythme juste. Pour évaluer le rôle des propriétés de l'instrument à clavier sur l'action motrice, nous souhaitons également comparer le comportement de l'élève devant divers instruments à clavier, incluant le clavicorde, le clavecin, le pianoforte et le piano moderne, des instruments qui exigent une action musculaire différente. Les données

⁶ Ramesh Balasubramaniam (neuroscience, Université d'Ottawa), Gilles Comeau (musique, Université d'Ottawa), Catherine Lemay (étudiante diplômée au Laboratoire de recherche en pédagogie du piano) et Brian Richardson (étudiant diplômé en sciences de l'activité physique à l'Université d'Ottawa) composent l'équipe de recherche sur l'analyse des mouvements oculaires.

⁷ Ramesh Balasubramaniam (neuroscience, Université d'Ottawa), Donald Russell (génie mécanique et biomédical, Carleton University) et Gilles Comeau (musique, Université d'Ottawa) composent l'équipe de recherche sur les aspects physiologiques du jeu pianistique.

expérimentales recueillies dans le cadre de ce projet contribueront au développement de stratégies pour l'enseignement du piano.

Les percées récentes de la technologie vidéo tridimensionnelle (3D) et virtuelle permettent l'utilisation plus conviviale de ces outils et des analyses plus fines de l'interaction entre l'être humain (le sujet) et les ordinateurs. Il est désormais possible de les adapter de manière à créer des scénarios plus réalistes et de mettre à la disposition de l'utilisateur des outils parfaitement adaptés au contexte d'apprentissage. Aucune autre recherche ne s'est prêtée à l'utilisation de la vidéo tridimensionnelle pour capter l'interactivité des leçons de piano. Une équipe du Laboratoire de piano⁸ œuvre à développer des méthodes novatrices qui permettront au professeur de piano et à l'élève de bénéficier du plein potentiel de la vidéo tridimensionnelle au sein même du studio de piano. Nous nous appuyons sur les travaux antérieurs qui ont démontré les retombées positives d'un apprentissage réflexif fondé sur l'auto-observation grâce à la vidéo, ainsi que les effets positifs sur l'acquisition de compétences. L'étude des enregistrements vidéo sert assurément la compréhension des processus cognitifs. Un outil vidéo tridimensionnel, conçu spécifiquement pour le Laboratoire de piano, permet de combiner les images provenant de plusieurs caméras simultanément et de construire un modèle tridimensionnel (3D) du geste pianistique pour en faire l'analyse⁹. Cet outil est également à la disposition de l'enseignant pendant les cours de piano. Le jeu de l'élève est enregistré et, grâce au visionnement sur place, le professeur et l'élève peuvent étudier la posture et évaluer les mouvements corporels, et ce depuis divers angles, ce qui n'était guère possible auparavant.

5. BLESSURES ET ÉCHAUFFEMENT

La spécificité des problèmes médicaux des musiciens instrumentistes est largement reconnue par la communauté médicale. Les troubles musculosquelettiques liés à la pratique d'un instrument de musique affecteraient environ 43 % des musiciens professionnels et 17 % des jeunes musiciens (Zaza, 1998) ; ces chiffres pourraient même dépasser les 80 % si les douleurs légères sont prises en compte. Parmi les symptômes et les pathologies les plus communes, causés ou aggravés par la nature répétitive du travail technique au piano, on retrouve la tendinite, la dystonie focale et le syndrome du canal carpien (Bishop, 2003 ; Brandfonbrener, 2003 ; Bressler, 2000 ; Herry et Frize, 2004 ; Lederman, 2003 ; Winspur, 2003 ; Zaza, 1998). Ces troubles n'incommodent pas seulement les musiciens ; on les retrouve communément liés aux emplois nécessitant des mouvements répétitifs, comme le travail des ouvriers de chaînes de montage ou les dactylographes responsables de la saisie des données. Ce n'est en fait

⁸ WooSook Lee (génie informatique, Université d'Ottawa), Shervin Shirmohammadi (génie informatique, Université d'Ottawa), Javier Mora (étudiant diplômé en génie informatique à l'Université d'Ottawa) et Gilles Comeau (musique, Université d'Ottawa) composent l'équipe de recherche qui développe des modèles tridimensionnels.

⁹ WooSook Lee (génie informatique, Université d'Ottawa), Javier Mora (étudiant diplômé en génie informatique à l'Université d'Ottawa) et Gilles Comeau (musique, Université d'Ottawa) ont été chargés de développer le logiciel.

que depuis les années 1980 que les études ont commencé à s'intéresser aux musiciens, même si ceux-ci sont particulièrement à risque et si la douleur associée aux symptômes conduit, dans certains cas, à une intervention chirurgicale, ou encore contraint à l'arrêt temporaire ou définitif de la pratique de l'instrument. Comprendre les mécanismes et l'évolution de ces troubles chez les musiciens est primordial non seulement pour établir un diagnostic comme un traitement adéquat et précoce, mais également pour tenter de prévenir le développement de problèmes articulaires et inflammatoires.

Un autre aspect de la pratique instrumentale, encore souvent ignoré ou mal compris, est l'importance et les bienfaits de l'échauffement physique. L'échauffement avant une période d'activité intense est une pratique largement répandue dans le milieu du sport. Il consiste en une série d'exercices physiques de durée et d'intensité variées, destinés entre autres à élever la température des muscles, à augmenter l'afflux de sang vers les muscles et à élever la consommation d'oxygène. Si les preuves scientifiques de l'efficacité de tels exercices d'échauffement sur la performance athlétique sont encore peu concluantes (Bishop, 2003a ; Bishop 2003b), le rôle de l'échauffement dans la prévention des blessures est plus clair. Ainsi, l'augmentation de la température permettrait de réduire la résistance des muscles et des articulations, ce qui contribue à diminuer le risque et la fréquence des blessures. Il est intéressant de noter que l'échauffement physique est pourtant peu répandu chez les pianistes où le sujet est encore trop rarement abordé. Des exercices adaptés existent pour faire travailler différents groupes de muscles avant d'attaquer la pratique proprement dite (Grieco et al, 1989), mais ce genre d'exercices est rarement exécuté par les pianistes qui ont souvent tendance à mal comprendre ou à mal utiliser l'échauffement. La pratique fort répandue de jouer des gammes rapidement dès le début d'une session de travail pianistique a tendance à produire l'effet contraire de ce qui est recherché à travers l'échauffement. Il est pourtant légitime de penser qu'à l'exemple des sportifs, les pianistes pourraient profiter des mêmes conséquences bénéfiques en terme de prévention des blessures, si des techniques d'échauffement appropriées étaient mises en place et pratiquées de façon plus systématique. Pour cela, il faudrait mieux comprendre les mécanismes de l'échauffement, plus particulièrement dans le contexte du jeu pianistique. Il est donc important que des études scientifiques étudient l'évolution de la température des muscles et des autres tissus neuromusculaires des musiciens pendant une session de travail à l'instrument.

Différentes techniques existent pour mesurer l'activité des muscles lors de la pratique d'un instrument, mais plusieurs approches, telle l'électromyographie, peuvent sembler contraignantes pour un musicien. En revanche, l'imagerie thermique¹⁰, une technologie de vidéo infrarouge utilisée pour mesurer la température des mains, des bras, des épaules, du cou et du visage d'un pianiste en train de jouer, permet d'offrir au musicien un environnement naturel favorisant la reproduction des comportements

¹⁰ Christophe Herry (génie biomédical, Carleton University), Monique Frize (génie biomédical, Carleton University) et Gilles Comeau (musique, Université d'Ottawa) utilisent présentement la caméra thermique infrarouge.

habituels des muscles. La nature inflammatoire des troubles liés au jeu pianistique et les effets d'un échauffement physique contribuent tous deux à des variations de température au niveau des muscles et, par extension, à la surface de la peau. Ces subtils changements de température peuvent être détectés à l'aide de la thermographie infrarouge (Herry, Frize, Goubran et Comeau, 2005 ; Herry et Frize, 2004). Avec cette technique, il est possible de déduire l'évolution des températures des muscles et des autres tissus neuromusculaires.

Plusieurs centaines d'images infrarouges ont été prises pendant une séance de travail au piano auprès de deux catégories de sujets. Des élèves âgés de 6 à 18 ans, et ayant entre 2 et 14 ans d'expérience, et des pianistes adultes expérimentés, de niveau avancé. Nous avons pu observer que l'évolution de la température de surface des muscles du bras varie de façon significative entre les sujets et que des tendances très différentes émergent entre les diverses courbes de température. Herry, Frize, Goubran et Comeau (2005) donnent une présentation détaillée des courbes de température absolue des muscles lors d'une séance de travail au piano et Herry, Frize, Goubran et Comeau (2006) proposent une étude de la variation de la température des muscles. Une première analyse des résultats démontre qu'il est possible d'étudier le comportement des muscles mis en jeu lors d'une séance de travail au piano et que l'utilisation de l'imagerie thermique permet une approche prometteuse.

6. LES NOUVELLES TECHNOLOGIES

Les technologies de l'information et de la communication offrent de nouveaux outils qui viennent enrichir ce milieu d'apprentissage (Donner, 2003 ; Emond et al., 2004 ; Rudolph et al., 2002 ; Upitis, 1999 ; York, 2001). D'abord, les possibilités d'enregistrements audio, avec des pianos acoustiques intégrant des systèmes d'interface MIDI, donnent la possibilité de reproduire instantanément, et sur le même piano, l'interprétation de l'élève. Ensuite, diverses formes de technologie visuelle permettent, par l'intermédiaire de la vidéo, de revoir immédiatement sa performance. De plus en plus de professeurs ont recours à la caméra vidéo afin d'offrir une rétroaction instantanée de l'aspect physique d'une exécution musicale. Notre laboratoire¹¹ examine l'efficacité des pianos avec systèmes d'interface MIDI et des caméras vidéo utilisées comme outils d'enseignement. Nous voudrions mieux connaître l'impact véritable de cette nouvelle technologie sur l'apprentissage des élèves pianistes.

Alors que la vidéo est employée pour soutenir l'apprentissage et l'enseignement, la majorité des applications utilise peu les avantages de la vidéo numérique. Un élément fondamental associé à celle-ci est la possibilité d'annoter de manière automatique ou manuelle le contenu visuel et sonore, et d'amalgamer ces annotations à la vidéo pour

¹¹ Martin Brooks (informatique, Centre national de recherche du Canada), Bruno Emond (études cognitives, Université du Québec en Outaouais), John Spence (Centre de recherche en communication du Canada) et Gilles Comeau (musique, Université d'Ottawa) composent l'équipe de recherche portant sur les nouvelles formes de technologie visuelle.

créer de nouveaux documents multimédias. Nous avons déjà présenté des exemples d'annotations vidéo développées dans le cadre de ressources médiatiques pour la pédagogie du piano (Emond, Barfuth, Comeau et Brooks, 2006). Dernièrement, le Conseil national de recherche du Canada, en partenariat avec le Laboratoire de recherche en pédagogie du piano, a développé un fonds de leçons de piano virtuelles (FVN). Ce fonds sert au développement professionnel des enseignants de piano et leur permet de parfaire leurs connaissances depuis leur domicile en se branchant par ordinateur au serveur vidéo. Un projet de recherche¹² a été mis sur pied pour étudier les retombées de cet outil fondé sur la méthode des études de cas, car celle-ci permet d'analyser l'utilisation du FVN par les enseignants et le développement professionnel qui en découle. Les résultats de cette étude permettent de conclure que cette approche est fort pertinente, en grande partie grâce à la flexibilité de l'outil qui permet aux participants de l'adapter à leur propre style d'enseignement.

Une autre équipe de chercheurs du laboratoire¹³ travaille à développer la génération d'apprentissage médiatisé par la vidéo en mettant au point un système sophistiqué d'imagerie qui permettra d'enregistrer puis d'analyser les mouvements de l'élève au piano, sans utiliser d'outils de mesure perturbant le jeu pianistique (Payeur, Côté et Comeau, 2006). Traditionnellement, les méthodes d'évaluation du mouvement dépendent de technologies encombrantes qui exigent l'installation de marqueurs ou de câblages sur l'individu dont les mouvements doivent être évalués (Trappe et al, 1998 ; Boulic et al., 2000). Très souvent, les mesures doivent être prises dans des environnements parfaitement contrôlés, très différents des milieux familiers aux pianistes. Ces facteurs ont une influence directe sur l'attitude, les gestes et la performance du sujet, en plus de rendre la prise de mesures fastidieuse et difficilement accessible. Les technologies d'imagerie par ordinateur offrent la possibilité d'éliminer toute interférence avec le sujet et devraient, au bout du compte, permettre à un élève de compléter une performance dans son environnement de travail habituel sans devoir porter de marqueurs ou de capteurs quelconques, tout en obtenant une lecture précise de sa posture et de ses mouvements. Ces enregistrements très riches en information trouvent de nombreuses applications dans l'enseignement du piano grâce à la rétroaction assistée par l'ordinateur fourni au professeur et/ou à l'élève : mesure non subjective de l'évolution du mouvement lors de la performance ; étude approfondie de la gestuelle et de la posture dans l'analyse comparative des styles et des approches techniques ; prévention des pratiques comportant des risques pour la santé ; prévention des blessures et réadaptation.

¹² Julia Brook (étudiante diplômée au Laboratoire de recherche en pédagogie du piano) est responsable de ce projet de recherche.

¹³ Pierre Payeur (génie informatique, Université d'Ottawa), Gilles Comeau, (musique, Université d'Ottawa), Martin Côté (étudiant diplômé en génie informatique à l'Université d'Ottawa) et Silvain Beriault (étudiant diplômé en génie informatique à l'Université d'Ottawa) composent l'équipe de recherche travaillant à un nouveau système d'enregistrement visuel.

Les nouvelles technologies de l'information ont aussi permis de modifier considérablement le studio de piano traditionnel (Masum et al. 2005 ; Murphy, 2005 ; Ruippo, 2003 ; Smith, 1996). Grâce aux réseaux à large bande passante et à la vidéoconférence, il est maintenant possible de projeter à distance un environnement éducatif et de permettre la connexion et la transmission de messages MIDI entre des pianos situés dans des lieux différents. Au laboratoire, depuis trois ans, des leçons de musique utilisant la méthode Yamaha sont données chaque semaine à de jeunes Inuits de Kangiqsualujuaq, au nord du Québec. Également, un programme novateur avec la Finlande (Virtuosi Chamber Music) et les États-Unis (Indiana University) va permettre très prochainement de donner des cours de piano à de très jeunes enfants en combinant la méthode Suzuki avec la technologie de pointe. Une équipe multidisciplinaire internationale¹⁴ travaille à mettre au point des technologies de communication vidéo qui faciliteront l'étude systématique d'une vaste gamme de modalités de téléapprentissage du piano. Mais nous savons encore peu de choses de l'impact de ces innovations technologiques sur l'apprentissage. Nous avons donc entrepris une étude dans l'intention de mieux comprendre les effets de l'interaction à distance. Une approche ethnographique¹⁵ permettra d'examiner, dans des contextes d'apprentissage authentiques, le comportement des élèves et des enseignants en présence d'un enseignement entièrement donné par vidéoconférence.

CONCLUSION

À travers le développement de toutes ces nouvelles technologies pour la recherche et l'enseignement du piano, nous ne perdons pas de vue la mission éducative de notre laboratoire. Aussi cherchons-nous constamment à comprendre comment l'élève s'approprié le savoir musical médiatisé par les technologies de l'information et de la communication, en particulier les systèmes d'interface MIDI et les technologies visuelles. Nous voulons mesurer les impacts, positifs ou négatifs, de ces nouveaux outils pédagogiques. Nous voulons voir comment les avancées de la science peuvent contribuer à rendre la musique accessible à un plus grand nombre d'élèves. Nous cherchons à découvrir comment certaines difficultés, communément associées à l'élève dit « non doué », pourraient être surmontées. Nous aimerions voir s'il est possible de rendre plus agréable, par des approches pédagogiques mieux adaptées, un apprentissage exigeant et laborieux.

À travers toutes les activités de recherche du laboratoire, la performance musicale demeure le point de convergence de tous les aspects que nous venons de décrire. Un bon niveau de motivation, un contrôle efficace de la motricité, une lecture

¹⁴ Cette équipe de chercheurs est composée de Gilles Comeau (musique, Université d'Ottawa), Martin Brooks (informatique, Conseil national de recherche du Canada), John Spence (éducation, Centre de recherche en communication du Canada), Bruno Emond (études cognitives, Université du Québec en Outaouais), Philip Donner (musique et informatique, Virtuosi Finlande), William Budai (musique, Indiana University, USA).

¹⁵ Mélina Dallaire (étudiante diplômée au Laboratoire de recherche en pédagogie du piano) est responsable de l'étude ethnographique.

fluide sont des éléments importants pour que l'interprétation expressive devienne possible en musique. Notre intérêt premier est de déterminer comment ces compétences participent, de façon coordonnée, à l'interprétation expressive, et comment, une meilleure compréhension de ces compétences pourrait influencer la pédagogie du piano.

RÉFÉRENCES

- AGAY, Denes, *The art of teaching piano: The classic guide and reference book for all piano teachers*, New York, Yorktown Music Press, 1/1981, 2004.
- ANDERSON, James N., « Effects of tape-recorded aural models on sight-reading and performance skills », *Journal of Research in Music Education* (The National Association for Music Education, Reston, Virginia), 20, 1981, n° 1, p. 23-30.
- BAMBERGER, Jeanne, « Learning from the children we teach », *Bulletin of the Council for Research in Music Education* (Urbana-Champaign), 142, 1999, p. 48-74.
- BARDEN, Christine H. ; KOWALCHYK, Gayle & LANCASTER, E. L., *Music for Little Mozarts*, Van Nuys (CA), Alfred Publishing Co., 1999.
- BISHOP, D., « Warm up I: Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance », *Sports Medicine* (Auckland), 33, n° 6, p. 439-454 et 33, 2003, n° 7, p. 483-498.
- BOULIC, Ronan ; SILAGHI, Marius-Calin & THALMANN, Daniel, « Visualization of local movements for optical marker positioning », *Lecture Notes in Computer Science* (Berlin, Springer), n° 1899, 2000, p. 133-144.
- BRANDFONBRENER, Alice G., « Musculoskeletal problems of instrumental musicians », *Hand Clinics* (Philadelphia), 19, 2003, p. 213-239.
- BRESSLER, N., *Behind closed doors: A qualitative study exploring the pedagogical practices of piano teachers*, Mémoire de maîtrise inédit, McMaster University, Hamilton, Ontario, 2000.
- COLWELL, Richard J. et RICHARDSON, Carol (Dir.), *The new handbook of research on music teaching and learning: A project of the Music Educators National Conference*, New York, Oxford University Press, 2002.
- COMEAU, Gilles, « Recherche scientifique et pédagogie du piano. Actes du colloque tenu lors de l'inauguration du Laboratoire de recherche en pédagogie du piano le 14 octobre 2005 au Département de musique de l'Université d'Ottawa », *Recherche en éducation musicale* (Université Laval, Québec), 24, 2006, p. 1-11.
- DAVIDSON, Jane ; HOWE, Michael J.A. et SLOBODA, John, « The role of parents and teachers in the success and failure of instrumental learners », *Bulletin of the Council for Research in Music Education* (Urbana-Champaign), 127, 1995, p. 40-44.
- DECI, Edward L. & RYAN, Richard M., *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*, New York, Plenum, 1985.
- DECI, Edward L. & RYAN, Richard M., « The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behaviour », *Psychological Inquiry*, 11, 2000, p. 227-268.
- DECI, Edward L. & RYAN, Richard M. (Dir.), *Handbook of self-determination research*. Rochester (NY), The University of Rochester Press, 2002.
- DESROCHERS, Alain ; COMEAU, Gilles ; JARDANEH, Nisreen & GREEN-DEMERS, Isabelle, « L'élaboration d'une échelle pour mesurer la motivation chez les jeunes élèves en piano », *Recherche en éducation musicale* (Université Laval, Québec), 24, 2006, 13-33.
- DONNER, Philip (2003), *Constructing a learning environment for music education online pilot*. Communication présentée à l'International MOVE Symposium *Music Education Online* -

- Learning Environments*, consulté le 7 septembre 2005, de <http://media.virtuosi.fi/users/pdonner/kuopiosympa>
- ELLIOTT, Charles A., « The identification and classification of instrumental performance sight-reading errors », *Journal of Band Research* (Troy University Press, Alabama), 18 1982, n° 1, p. 36-42.
- ELLIOTT, Charles A., « The relationships among instrumental sight-reading ability and seven selected predictor variables », *Journal of Research in Music Education* (The National Association for Music Education, Reston, Virginia), 30, 1982, n° 1, p. 5-14.
- EMOND, Bruno ; VINSON, Norman G. ; SINGER, Janice A. et al., « Digital media player controls supporting music education », *Proceedings of the International Conference on New Media Research Networks* (Charlottetown, University of Prince Edward Island), 2004, p. 35-38.
- EMOND, Bruno ; BARFURTH, Marion A. ; COMEAU, Gilles et BROOKS, Martin, « Technologies d'annotation vidéo et leurs applications à la pédagogie du piano », *Recherche en éducation musicale* (Université Laval, Québec), 24, 2006, p. 49-60.
- ERICSSON, K.A. ; TESH-RÖMER, C. & KRAMPE, R.T., « The role of practice and motivation in the acquisition of expert-level performance in real life: An empirical evaluation of a theoretical framework », dans HOWE Michael J.A.(Dir.), *Encouraging the development of exceptional abilities and talents*, Leicester, The British Psychological Society, 1990, p. 109-130.
- FABER, Nancy & FABER, Randall, *Piano Adventures*, North Miami Beac, FJH Music Co, 1996.
- FURNEAUX, S. & LAND, M.F., « The effects of skill on the eye-hand span during musical sight-reading », *Proceedings: Biological Sciences* (London), 266, 1999, n° 1436, p. 2435-2440.
- GILMAN, Elizabeth, *Towards an eye-movement model of music sight-reading*, Ph. D., Nottingham University, 2000.
- GILMAN, Elizabeth, & UNDERWOOD, Geoffrey, « Restricting the field of view to investigate the perceptual span of pianists », *Visual Cognition* (London), 100, 2003, n° 2, p. 201-232.
- GOOLSBY, Thomas, « Computer application to eye movement research in music reading », *Psychomusicology* (Florida State University), 8, 1989, n° 2, p. 111-126.
- GOOLSBY, Thomas, « Eye movement in music reading: Effects of reading ability, notational complexity, and encounter », *Music Perception* (University of California Press), 12, 1994, n° 1, p. 77-96.
- GOOLSBY, Thomas, « Profiles of processing: Eye movements during sight-reading », *Music Perception* (University of California Press), 12, 1994, n° 1, p. 97-123.
- GRIECO, Antonio ; OCCHIPINTI, Enrico ; COLOMBINI, Daniela ; et al., « Muscular effort and musculo-skeletal disorders in piano students: Electromyographic, clinical and preventive aspects », *Ergonomics* (London), 32, 1989, n° 7, p. 697-716.
- GUDMUNSDOTTIR, Helga Ruth, *Music reading errors of young piano students*, Ph. D., McGill University, 2003 ; *Dissertation Abstract International*, 65, 2003 (02), AAT NQ88481.
- GUNTER, Thomas ; SCHMIDT, Björn-Helmer & BESSON, Mireille, « Let's face the music: A behavioural and electrophysiological exploration of score reading », *Psychophysiology*, (Blackwell, Oxford), 40, 2003, p. 742-751.
- HAHN, L.B., *Correlations between reading music and reading language, with implications for music instruction (notation)*, Ph. D., The University of Arizona, 1985 ; *Dissertation Abstract International*, 46, 1985 (09), AAT 8525597.
- HERRY, Christophe, et FRIZE, Monique, « Quantitative assessment of pain-related thermal dysfunction through clinical digital infrared thermal imaging », *Biomedical Engineering Online* (BioMed Central, GB), 3, 2004, n° 1, p. 19.
- HERRY, Christophe ; FRIZE, Monique ; GOUBRAN, Rafik A. & COMEAU, Gilles, « Evaluation of the surface temperature of pianists' arm muscles using infrared

- thermography », *Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, Shanghai (China), septembre 2005, p. 1687-1690.
- HERRY, Christophe ; FRIZE, Monique ; GOUBRAN, Rafik A. et COMEAU, Gilles, « Étude thermographique de pianistes lors d'une séance de travail : Évolution de la température superficielle des muscles et premières interprétations », *Recherche en éducation musicale*, (Université Laval, Québec), 24, 2006, p. 89-104.
- HODGES, Donald A., « The acquisition of music reading skills », dans COLWELL R. (Dir.), *Handbook of research in music reading and learning*, New York, Schirmer Books, 1992, p. 466-471.
- HODGES, Donald A. (Dir.), *Handbook of music psychology*, St. Louis (MO), MMB Music, 2/1996.
- JAARSMA, Birgitt S. ; RUIJSSENAARS, Aloysius & Van Den Broek, Willem, « Dyslexia and learning and musical notation: A pilot study », *Annals of Dyslexia* (Orton Dyslexia Society, Baltimore), 48, 1998, p. 137-154.
- JÄNKE, L. ; SHAH, N. J. & PETERS, N. J., « Cortical activations in primary and secondary motor areas for complex bimanual movements in professional pianists », *Brain and Cognition* (Academic Press, Amsterdam), 10, 2000, p. 177-183.
- JØRGENSEN, Harald, « Strategies for individual practiceans », dans WILLIAMON, Aaron (Éd.), *Musical excellence: Strategies and techniques to enhance performance*, New York, Oxford University Press, 2004, p. 86-103.
- LEDERMAN, Richard J., « Neuromuscular and musculoskeletal problems in instrumental musicians », *Muscle and Nerve* (Wiley, New York), 27, 2003, p. 549-561.
- LEHMANN, A.C. et ERICSSON, K.A., « Sight-Reading ability of expert pianists in the context of piano accompanying », *Psychomusicology* (Florida State University), 12, 199, p. 182-195.
- LEHMANN, A. et McARTHUR, V., « Sight-Reading », dans PARNCUTT Richard et MCPHERSON Gary E. (Dir.), *The Science and Psychology of Music Performance*, New York, Oxford University Press, 2002, p. 135-150.
- LEVY, K.L.M., *Music readers and notation: Investigation of an interactive model of rhythm reading*, Ph. D., University of Iowa, 2001 ; *Dissertation Abstract International*, 62, 2001 (12), AAT 3034122.
- MASUM, Hassan ; BROOKS, Martin & SPENCE, John, « MusicGrid: A case study in broadband video collaboration », *First Monday*, 10, n° 5, May 2005, sur le site www.firstmonday.org/issues/issue10_5
- MURPHY, Elizabeth, « Issues in the adoption of broadband-enabled learning », *British Journal of Educational Technology* (Blackwell, Oxford), 36, 2005, n° 3, p. 525-536.
- OLSON, Lynne F. ; BIANCHI, Louise & BLICKENSTAFF, Marvin, *Music Pathways*, New York, Carl Fischer Inc., 1974.
- PALMER, Willard A. ; MANUS, Morton & LETHCO, Amanda Vick, *Alfred's Basic Piano Library*, Van Nuys (CA), Alfred Publishing Co., 1995.
- PAYEUR, Pierre ; COTE, Martin & COMEAU, Gilles, « Les technologies de l'imagerie au service de l'analyse du mouvement en pédagogie du piano », *Recherche en éducation musicale* (Université Laval, Québec), 24, 2006, p. 61-87.
- POLANKA, Mark, « Research note: Factors affecting eye movements during the reading of short melodies », *Psychology of Music* (Sage, London), 23, 1995, p. 177-183.
- RAPP, Brenda (Ed.), *The handbook of cognitive neuropsychology*, Sussex, Hove, Psychology Press, 2001.
- RAYNER, Keith & POLLATSEK, Alexander, « Eye movements, the eye-hand span and the perceptual span during sight-reading of music », *Current Directions in Psychological Science* (Blackwell, Oxford), 6, 1997, p. 49-53.
- REPP, Bruno H., « Musical motion: Some historical and contemporary perspectives », dans FRIBERG Anders, IWARSSON Jenny, JANSSEN Erik & SUNDBERG, Johan (Ed.),

- Proceedings of the Stockholm Music Acoustics Conference, July 1993*, Stockholm, Publications issued by the Royal Swedish Academy of Music, n° 79, 1994, p. 128-135.
- RUDOLPH, Thomas E. ; RICHMOND, Floyd ; MASH, David, & WILLIAMS, David, *Technology strategies for music education*, Wyncote (PA), TIME Publications, 2002.
- RUIPPO, Matti, « Distance learning in music » (2003), *Music Education Online*, 1-8., consulté le 7 septembre 2005, sur le site <http://www2.siba.fi/aluekehityshanke/tiedostot/raportit/musiceducationonline>
- SHERIMOHAMMADI, Shervin ; COMEAU, Gilles & KHANAFAR, Ali, « MIDIator: A tool for analysing students' piano performance », *Recherche en éducation musicale* (Université Laval, Québec), 24, 2006, p. 35-48.
- SLOBODA, John A., *L'esprit musicien : La psychologie cognitive de la musique*, Bruxelles, Mardaga, 1988.
- SLOBODA, John A. et HOWE, Michael J.A., « Biographical precursors of musical excellence: An interview study », *Psychology of Music* (Sage, London), 19, 1991, p. 3-21.
- SLOBODA, John A., *Exploring the musical mind: Cognition, emotion, ability, function*, New York, Oxford University Press, 2005.
- SMITH, K., « Virtual teaching », *The Strad* (London), 107, n° 1 277, September 1996, p. 912-915.
- THOMPSON, W.B., *Sources of individual differences in music sight-reading skills*, Ph. D., University of Missouri, 1985 ; *Dissertation Abstract International*, 47 (02), ATT 8607243.
- TRAPPE, W. ; PARLITZ, D. ; KATZENBERGER, U. et ALTENMÜLLER, E., *3-D measurements of cyclic motion patterns in drummers with different skills*, Institute for Music Physiology and Performing Arts Medicine, University for Music and Theatre Hannover, 1998.
- TRUITT, Frances E. ; CLIFTON, Charles Jr. ; POLLATSEK, Aleksander et RAYNER, Keith, « The perceptual span and the eye-hand span in sight reading music », *Visual Cognition* (London), 4, 1997, n° 2, 143-161.
- UPITIS, Rena, « Teaching with technology », dans USZLER, Marianne ; GORDON, Stewart ; & MCBRIDE-SMITH, SCOTT (Éd.), *The well-tempered keyboard teacher*, New York, Schirmer Books, 2/1999, p. 197-225.
- WHITLOCK, M.N., *The application of music learning theory concepts to a notation-based piano method*, Ph. D., University of South Carolina, 2002 ; *Dissertation Abstracts International*, 63 (07), AAT 3059482.
- WILSON, Frank R., « Digitizing digital dexterity: A novel application for MIDI recordings of keyboard performance », *Psychomusicology* (Florida State University), 11, 1992, p. 79-95.
- WILSON, Frank R. & ROEHMANN, Franz L., « The study of biomechanical and physiological processes in relation to musical performance », dans COLWELL, Richard (Ed.), *Handbook of research on music teaching and learning*, New York, Schirmer, 1992, p. 509-524.
- WINSPUR, Ian, « Advances in objective assessment of hand function and outcome: Assessment of the musician's hand », *Hand Clinics* (Philadelphia), 19, 2003, p. 483-493.
- YORK, D., « Technology and music education », dans CHOKSY, Lois ; ABRAMSON, Robert ; GILLESPIE, Avon E. ; WOODS, David & F. YORK, Frank (Ed.), *Teaching music in the twenty-first century*, Upper Saddle River (NJ), Prentice Hall, 2/200, p. 24-39.
- ZAZA, Christine, « Playing-related musculoskeletal disorders in musicians: A systematic review of incidence and prevalence », *Canadian Medical Association Journal* (Canadian Medical Association), 158, 1998, n° 8, p. 1019-1025.