

Des mécanismes cognitifs individuels aux comportements collectifs. Étude des effets du projet DEMOS sur la disposition des enfants à l'interaction sociale.

Projet porté par le laboratoire “Sciences et Technologies de la Musique et du Son”
(IRCAM-CNRS-UPMC)

Résumé de l'étude

Si les effets de la musique sur le développement cognitif individuel sont relativement bien connus, on sait encore bien peu de choses sur la manière dont la pratique musicale peut moduler notre cognition sociale et, plus généralement, notre disposition à l'interaction sociale. Il s'agit pourtant là d'un enjeu de société majeur, qui est au cœur même du projet DEMOS.

Notre étude, portée par une équipe pluridisciplinaire de 3 permanents CNRS (cognition musicale, musicologie et psychologie du développement) et de 2 post-doctorants, proposera d'examiner précisément cette question à travers la réalisation de trois objectifs :

1. mettre en évidence les effets du projet DEMOS sur les aptitudes sociales des enfants y participant, en s'intéressant tout particulièrement aux *compétences qui jouent un rôle crucial dans l'interaction sociale* ;
2. déceler les transferts potentiels qui peuvent s'opérer entre les situations d'interaction musicale et des situations extra-musicales, en s'intéressant à la manière dont les enfants *mobilisent effectivement les dispositions à l'interaction acquises dans la pratique musicale dans un ensemble de situations sociales variées* ;
3. comprendre comment l'impact du projet DEMOS peut s'étendre au-delà du cercle des enfants participant, en testant s'il existe des *effets de contagion* entre les enfants DEMOS et les autres au niveau de leurs aptitudes à l'interaction sociale.

En nous appuyant sur une série de tests portant tout autant sur les mécanismes cognitifs individuels des enfants que sur leurs comportements collectifs (coordination, coopération, communication), et en constituant des groupes contrôle qui nous permettront de comprendre ce que *fait* l'apprentissage musical dans DEMOS, mais aussi ce qu'il *fait de différent* par rapport d'autres formes d'apprentissage, nous serons à même, au terme de cette étude, d'éclairer sous un jour nouveau le mystérieux pouvoir qu'a la musique de nous faire *être avec l'autre*.

Présentation des objectifs spécifiques de l'étude

“Le cerveau est bien plus qu'un assemblage de modules autonomes qui seraient chacun incontournables pour une fonction mentale spécifique : chacune de ces aires fonctionnellement spécialisées doit interagir avec des dizaines ou des centaines d'autres, leur intégration totale créant une sorte d'orchestre de la plus haute complexité - un orchestre, réunissant des centaines d'instruments différents, qui se dirige tout seul, bien que la partition et le répertoire changent en permanence”.

Oliver Sachs, L'Oeil de l'esprit

Les mystérieux « pouvoirs » de la musique fascinent les chercheurs depuis longtemps, et de nombreuses études ont en particulier déjà établi l'impact positif que pouvait avoir la pratique musicale sur le développement, tant du point de vue neuro-anatomique (accroissement du volume du corpus callosum, par exemple) que du point de vue fonctionnel (attention, traitement de l'information sensorielle, etc. - voir Hallam 2015 pour une synthèse). Ces résultats sont évidemment à mettre en regard de la diversité des modalités sensorielles concurremment sollicitées par la musique (vue, ouïe, toucher) et de la multiplicité des capacités, compétences et aptitudes qu'elle met en oeuvre (coordination motrice, concentration soutenue, mémorisation, persévérance, expression émotionnelle, etc.).

Les travaux ont pour l'instant essentiellement porté sur les effets de la musique sur les performances cognitives *individuelles*, suivant en cela la représentation dominante de l'enseignement musical comme apprentissage centré sur une pratique personnelle construite autour du cours d'instrument hebdomadaire. À l'exception de quelques expériences notables (comme Kirshner et Tomasello 2010 ou Rabinowitch, Cross et Burnard 2012), les effets de la musique sur la cognition sociale ou sur les dispositions effectives à l'interaction n'ont guère été étudiés, ce qui est d'autant plus paradoxal si l'on considère la dimension profondément *collective* des pratiques musicales, souvent associées à des moments décisifs de la vie en communauté (Cross 2014). À cet égard, le projet DEMOS, ancré sur la pratique collective de la musique, nous invite à opérer un déplacement essentiel. D'une part il s'agit là d'un contexte privilégié pour poser la question des effets de l'apprentissage musical sur les capacités sociales, justement parce que la dimension sociale est placée au coeur des enseignements proposés et des discours auxquels ils s'articulent. D'autre part, ce projet nous interroge sur les effets *spécifiques* d'un apprentissage musical fondé essentiellement sur la pratique collective de la musique. Plus particulièrement, plutôt que de considérer les musiciens comme un groupe homogène – en opposition à un groupe de non-musiciens – le projet DEMOS soulève la question de la diversité et de la pluralité des pratiques et des modes d'apprentissages qui caractérisent le monde musical, et de l'impact que ces différents modes d'apprentissage pourraient avoir sur le développement.

L'étude que nous proposons de conduire partira donc de ce qui fait la spécificité du projet DEMOS, en poursuivant trois objectifs :

OBJECTIF 1 : Mettre en évidence les effets du projet DEMOS sur les aptitudes sociales des enfants y participant, en s'intéressant tout particulièrement aux *compétences qui jouent un rôle crucial dans l'interaction sociale* (empathie émotionnelle, prise de perspective, entraînement, etc.) ;

OBJECTIF 2 : Déceler les transferts potentiels qui peuvent s'opérer entre les situations d'interaction musicale et des situations extra-musicales, en s'intéressant à la manière dont les enfants *mobilisent*

effectivement les dispositions à l'interaction acquises dans la pratique musicale dans un ensemble de situations sociales variées (coordination motrice dans l'exécution d'une tâche collective, coopération malgré la présence d'intérêts divergents, communication dans la résolution d'un problème en groupe, etc.) ;

OBJECTIF 3 : Comprendre comment l'impact du projet DEMOS peut s'étendre au-delà du cercle des enfants participant, en testant s'il existe des *effets de contagion* entre les enfants DEMOS et les autres au niveau de leurs aptitudes à l'interaction sociale.

Plusieurs facteurs pourraient expliquer que les enfants participant au projet DEMOS présentent une amélioration de leurs aptitudes sociales. Tout d'abord, comme nous l'avons déjà noté, les enfants participant au projet sont engagés dans un projet collectif et collaboratif, mieux à même d'entraîner leurs compétences sociales que l'apprentissage individuel d'un instrument. Par ailleurs, il se peut même que la pratique collective de la musique se démarque, du point de vue de ses effets sur la cognition sociale, d'autres pratiques interactives fortement socialisantes comme les sports d'équipe ou le théâtre. Répondre à cette interrogation n'implique évidemment pas d'opposer les pratiques les unes aux autres, avec l'objectif sans doute illusoire d'exhiber quelle serait la pratique collective la plus « efficace » pour la cognition sociale ; il s'agit plutôt d'essayer de comprendre comment les spécificités des pratiques collectives considérées peuvent venir moduler le poids respectif des divers aspects de la cognition sociale effectivement mobilisés par ces pratiques. Dans cette perspective, la musique semble présenter un assemblage de caractéristiques particulièrement intéressant du point de vue de la cognition sociale :

1. Comme le sport en équipe, la pratique collective de la musique repose sur des actions (souvent) simultanées et densément interactives (l'ajustement réciproque des hauteurs, la coordination rythmique, etc.) qui sont précisément le support des processus cognitifs de bas niveau impliqués dans la cognition sociale, et se déploient sur une échelle temporelle qui leur est analogue.
2. Comme le théâtre, la pratique collective de la musique repose sur un médium qui, s'il est loin de posséder la détermination sémantique des langues naturelles, n'en est pas moins riche de signification, que ce soit par le jeu des résonances culturelles ou par le contenu émotionnel qu'on est susceptible de lui attribuer. Au-delà de la fonction pragmatique que revêtent les échanges sonores au cours de l'interaction musicale, ceux-ci sont également plus largement le support d'une communication *expressive*, à la fois entre les musiciens eux-mêmes et entre les musiciens et le public.

En vertu du tissage serré entre interactions sensori-motrices et communication expressive qu'autorise la pratique musicale collective, le projet DEMOS devrait avoir une série d'effets *singuliers* sur la cognition sociale des enfants. De fait, la question de la *spécificité* du projet DEMOS peut s'entendre à deux niveaux : nous nous demanderons d'une part s'il existe des effets spécifiques de l'apprentissage collectif de la musique, par rapport à un apprentissage musical individuel ; et nous tenterons d'autre part de cerner ce qui peut faire la spécificité de la pratique collective de la musique par rapport à d'autres types de pratiques collectives.

Afin d'étudier les questions ci-dessus, nous mettrons en place les moyens suivants :

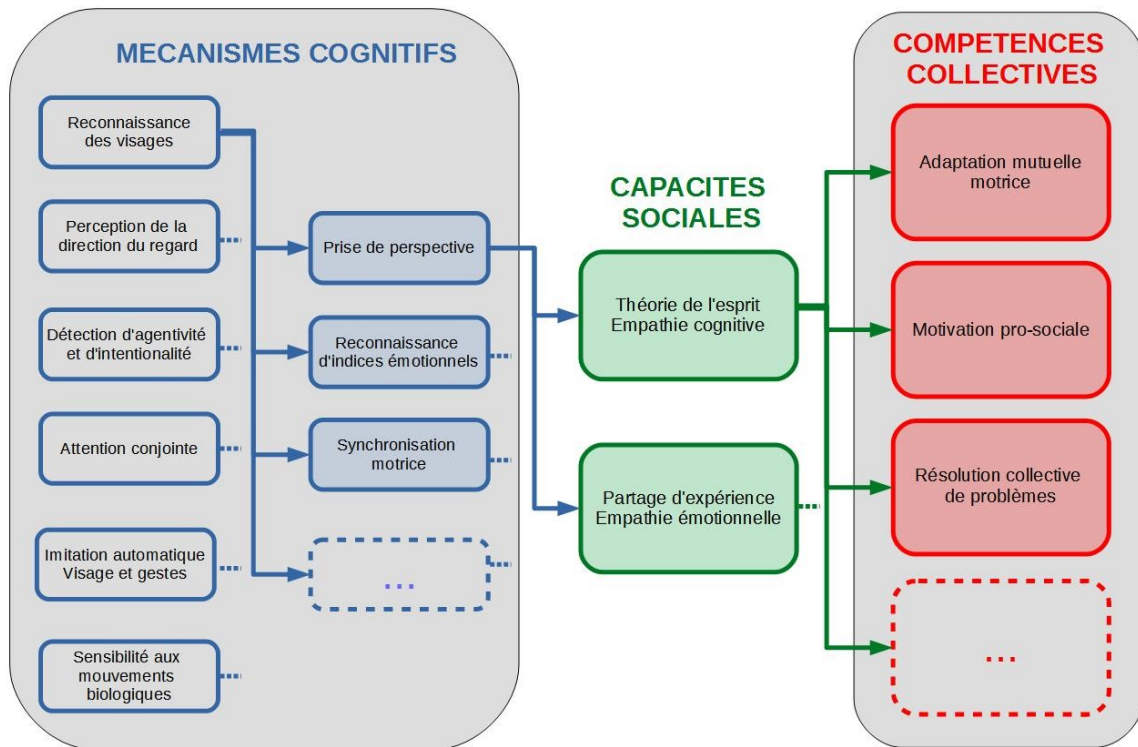
- Nous sélectionnerons une batterie de tests validés dans la littérature scientifique pour évaluer les aspects sociaux de la cognition chez l'enfant. Ces tests porteront à la fois sur des aptitudes individuelles fondamentales, telle que l'empathie, la prise de perspective ; ou sur des

situations complexes et interactives mettant en œuvre ces compétences directement ou indirectement.

- Nous constituerons des groupes contrôles destinés à étudier la spécificité de l'enseignement DEMOS. En comparant les performances des enfants enrôlés dans le projet DEMOS à celles des enfants des groupes contrôles, nous pourrons alors isoler ce qui, dans l'évolution des capacités des enfants, peut être attribué spécifiquement à l'apprentissage de la musique dans un cadre collectif (comme le propose DEMOS), par rapport aux méthodes individuelles d'apprentissage de la musique, ou par rapport à d'autres activités mettant en œuvre des pratiques collectives.
- Nous proposerons aux enfants des tests où ils seront amenés à interagir soit avec d'autres enfants du même groupe (DEMOS, groupes contrôles), soit avec des enfants de groupes différents. Ainsi nous pourrons étudier les possibles phénomènes de contagion entre les enfants, ou comment des enfants qui n'auraient pas pu participer au projet DEMOS pourraient néanmoins profiter de l'initiative via leurs interactions avec les enfants participants.
- Nous avons constitué au service de ce projet une équipe pluridisciplinaire, alliant les compétences de deux laboratoires parisiens: Jean-Julien Aucouturier, Clément Canonne, Louise Goupil et Emmanuel Ponsot qui travaillent ensemble au sein du laboratoire "Sciences et Technologies de la Musique et du Son" (IRCAM-CNRS-UPMC) autour d'un projet de recherche sur la cognition sociale des interactions musicales, et Véronique Izard, chercheuse en psychologie du développement au Laboratoire Psychologie de la Perception (CNRS & Université Paris Descartes - équipe "Perception-Action et développement cognitif"). Le présent projet s'articulera notamment au projet Européen "CREAM" (Cracking the Emotional Code of Music), piloté par Jean-Julien Aucouturier. <http://www.cnrs.fr/ins2i/spip.php?article531>

Exposé du cadre théorique et des hypothèses

1. Mécanismes cognitifs, capacités sociales et compétences collectives



L'étude de la cognition sociale concerne de nombreux phénomènes cognitifs, allant du plus bas-niveau (l'orientation automatique du regard d'un nouveau-né vers le visage du parent) au plus complexe (la résolution créative d'un problème par un groupe de designers). Les liens entre ces différents phénomènes, ainsi que l'élucidation de leur caractère spécifiquement social (par opposition, par exemple, à des mécanismes généraux d'attention, perception ou mémoire), font l'objet de débat dans la communauté. Le fait que certains de ces mécanismes, au fil de leur caractérisation expérimentale, ont reçu une multitude de définition subtilement différentes (par ex., la capacité de lire les intentions et les émotions d'autrui, qui selon les auteurs est appelée théorie de l'esprit, mentalizing, mind-reading, empathie cognitive, etc.) n'aide pas à la clarté théorique de l'édifice. Pour structurer notre proposition, nous présentons donc ici un modèle de travail, inspiré du modèle "à étage" de Utah Frith (Blakemore & Frith, 2004) et allant, de gauche à droite, du plus simple au plus complexe.

Au centre de ce modèle (figure 1) figurent deux capacités sociales importantes nous permettant de partager et de comprendre les états internes (émotions, intentions, croyances) de nos interlocuteurs : d'une part, l'empathie émotionnelle (ou partage d'expérience), c'est-à-dire la capacité à ressentir la même chose qu'autrui ; et d'autre part, l'empathie cognitive (ou théorie de l'esprit), qui permet de comprendre les pensées d'autrui (sans forcément les adopter). Ces deux capacités, bien que proches,

sont dissociables : elles ne sont pas forcément corrélées au sein d'un même individu et impliquent des réseaux cérébraux différents (Zaki & Ochsner, 2016).

Ces deux capacités d'empathie cognitive et émotionnelle sont sous-tendues et rendues possibles par une variété de mécanismes cognitifs de plus bas niveau et opérant au niveau individuel (à gauche dans le modèle ci-dessus), comme la reconnaissance d'indices émotionnels dans le visage et la voix (*je vois que tu es en colère*), de prise de perspective (*je sais que tu ne peux pas voir ce que je suis en train de voir*), voire d'imitation et de synchronisation comportementale (*si j'étais à ta place, je me sentrais mal*). Certains de ces mécanismes, comme celui permettant aux nouveaux-nés de 2 semaines d'imiter de façon automatique les mimiques faciales de leurs parents, se développent chez l'enfant de façon précoce ; d'autres, comme la détection d'émotion ou la prise de perspective, présentent plus de variations individuelles dans la population générale (Samson et al 2005).

À l'autre bout du spectre enfin (droite du modèle ci-dessus), ces capacités sont mobilisées sous formes de compétences collectives, opérant dans des groupes de 2 ou plus, et dans des situations sociales complexes. La théorie de l'esprit, par exemple, paraît indispensable à la communication et la résolution collective de problème (*je suis capable de me coordonner avec toi pour atteindre le même but car je sais ce que tu sais, et ce que tu ne sais pas*), tandis que l'empathie émotionnelle et la synchronisation comportementale servent vraisemblablement de support à l'adaptation mutuelle dont nous pouvons faire preuve ainsi qu'aux comportements pro-sociaux ou plus généralement coopératifs (*je te porte assistance, car ta douleur me fait - physiquement - mal à moi aussi*; voir aussi Wiltermuth et Heath, 2009).

2. Effets de la musique en général, et de DEMOS en particulier

Cette “déconstruction” de la cognition sociale en mécanismes, capacités et compétences a pour notre proposition deux intérêts : d'une part, elle fournit une taxonomie d'effets possibles de la musique sur les capacités sociales des enfants participant au programme DEMOS, allant de capacités génériques d'empathie à des compétences concrètes mobilisables dans de multiples situations sociales ; d'autre part, sa granularité donne l'espoir d'identifier non seulement ce que *fait* l'apprentissage musical dans DEMOS, mais aussi ce qu'il *fait de différent* par rapport d'autres formes d'apprentissage, comme celui de la musique en cours individuel ou de la pratique sportive : il y a, on le pressent, de multiples façon d'agir sur l'empathie, et il importe de comprendre ce qui fait la spécificité de DEMOS.

Tout d'abord, il est un certain nombre de mécanismes impliqués dans la cognition sociale qui semblent peu à même d'être influencés par la pratique musicale. Ces mécanismes, comme la détection d'agentivité ou l'imitation automatique, sont de ceux que Utah Frith décrit en terme développementaux comme des “pré-réglages d'usine” (*start-up kit*), qui se développent chez l'enfant de façon précoce et robuste dans les premiers mois de vie. Dans le cadre de notre étude, il apparaît donc peu probable que nous puissions observer à leur niveau de larges différences individuelles dans une population d'enfants de 7 à 13 ans, ni que la pratique de la musique dans cette tranche d'âge puisse avoir de conséquences profondes sur leur développement, qui est très antérieur. Ces mécanismes (à l'extrême gauche du schéma ci-dessus) ne seront donc pas testés dans le projet.

Un certain nombre d'autres mécanismes sous-tendant la cognition sociale, cependant, dont le développement coïncide avec d'autres capacités cognitives plus tardives (maturation motrice, planification exécutive, etc.), sont présents avec plus de variations individuelles dans la population générale et semblent donc présenter plus de potentiel pour une intervention musicale :

1. Le mécanisme de prise de perspective (*perspective-taking*), qui permet de comprendre ce que l'interlocuteur peut et ne peut pas voir ou savoir, est présent de façon rudimentaire chez des enfants de 5-6 ans, mais pose encore problème aux adultes dans certaines conditions où ils doivent inhiber une réponse trop évidente (Samson et al 2005). Intuitivement, le fait de jouer de la musique à plusieurs, en prenant en compte que l'autre a une partie musicale bien

distincte ou un niveau sonore différent devrait avoir des effets significatifs sur la capacité des enfants à adopter le point de vue d'un autre.

2. La reconnaissance d'indices émotionnels dans le domaine auditif (voix) et visuel (expressions du visage) se développe progressivement chez l'enfant (par exemple, des enfants de 5 ans sont capables d'utiliser le tempo, mais pas le mode musical majeur/mineur, pour identifier des mélodies gaies ou tristes - Della Bella et al., 2001), et présente encore chez l'adulte d'importantes différences individuelles. De façon particulièrement pertinente pour notre étude, les adultes musiciens sont plus compétents pour décoder la prosodie émotionnelle d'une voix, et les adultes souffrant d'amusie congénitale ont des performances dégradées pour reconnaître les émotions non seulement dans la voix, mais aussi les visages (Lima et al, 2016).
3. De la même façon, le mécanisme de synchronisation comportementale, permettant par exemple de suivre et prédire un stimulus rythmique en tapant avec le doigt (coordination "rythmique"), de coordonner sa parole avec celle d'un interlocuteur, ou de chanter à l'unisson (forme de coordination "harmonique") est lui aussi présent avec des variations dans la population générale, important pour les formes plus avancées de cognition sociale, et influencé par la pratique musicale (voir ces deux exemples, dans le cadre de DEMOS, d'activités de synchronisation de hauteur <https://www.youtube.com/watch?v=FVRXMvx61dE&t=1m52s> et de synchronisation rythmique <https://www.youtube.com/watch?v=FVRXMvx61dE&t=0m45s>)

Nous nous attendons donc, premièrement, à observer au sein des groupes DEMOS des effets significatifs sur trois des composants principaux qui sous-tendent nos dispositions à l'interaction sociale : la prise de perspective, la reconnaissance émotionnelle et la synchronisation comportementale. C'est sans doute par ce large spectre d'effets, qui touchent à une grande diversité de mécanismes cognitifs, que le projet DEMOS se singularise de nos groupes de contrôle (ou d'autres activités comparables comme le théâtre), comme le résume le tableau ci-dessous :

	Prise de perspective	Reconnaissance émotionnelle	Synchronisation comportementale
Cours d'instrument (solo)		x	x
DEMOS	x	x	x
Basketball	x		x
Théâtre	x	x	

Deuxièmement, et conformément au modèle présenté en tête de ce paragraphe, nous nous attendons à ce que les effets observés au niveau de ces mécanismes fondamentaux se traduisent par l'amélioration d'un certain nombre de compétences collectives, qu'il s'agisse de coordination, de coopération ou de communication. Là encore, intuitivement, la pratique musicale semble agir très directement sur ces compétences :

1. Jouer de la musique ensemble exige en effet une coordination comportementale soutenue, manifestée par le besoin permanents d'ajustements réciproques (rythmiques ou harmoniques) entre les instrumentistes ou la circulation spontanée des "rôles" dans le groupe (les musiciens "dirigeant" tour à tour telle ou telle phrase musicale).

2. Jouer de la musique ensemble suppose également l'adoption de comportements coopératifs, puisqu'il s'agit de tendre vers un objectif commun malgré les éventuelles divergences individuelles (par exemple en ne jouant pas trop fort pour ne pas couvrir l'autre).
3. Jouer de la musique ensemble, enfin, demande aux musiciens de résoudre collectivement, et de manière créative, un certain nombre de problèmes (d'interprétation, par exemple), qui impliquent la mise en oeuvre de processus communicationnels complexes, à la fois verbaux et non-verbaux.

Si de précédentes études ont déjà pu montrer certains de ces effets (par exemple que la pratique musicale induisait des comportements pro-sociaux - Kirshner et Tomasello 2010), les mécanismes pouvant expliciter ces effets ne sont en général pas mis en évidence. Ainsi, en l'état actuel de la recherche, il est difficile de savoir si le lien tissé entre le fait de taper un rythme de manière synchrone avec l'autre et l'augmentation de l'affiliation ou la plus grande disposition au comportement pro-social est médié par une hausse réelle de l'empathie émotionnelle ou cognitive des individus, ou bien s'il résulte plus simplement d'un sentiment « d'effervescence collective » qui augmenterait la cohésion du groupe, et donc, la propension des individus à coopérer. En rapportant de manière systématique les effets observés au niveau des comportements collectifs à un ensemble de mécanismes cognitifs fondamentaux testés parallèlement, nous serons ici en mesure d'expliquer précisément ce qui, dans le projet DEMOS, agit sur la disposition à l'interaction sociale des enfants.

Méthodologie et traitement des données

Remarque: voir **addendum 1** pour les aspects éthiques.

1. Une étude longitudinale

Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses études se sont intéressées à l'impact de la pratique musicale sur les fonctions cognitives et l'anatomie cérébrale. La plupart de ces études sont transversales, c'est-à-dire qu'elles comparent *a posteriori* des groupes d'individus ayant choisi ou non d'apprendre la musique. Cette méthodologie présente un désavantage majeur, car les différences observées entre musiciens et non-musiciens peuvent s'expliquer soit par un effet réel de la musique sur les capacités cognitives (ce qu'elles prétendent démontrer), soit par d'autres facteurs, tels que la présence de prédispositions (sociales et/ou biologiques) chez les individus qui choisissent de suivre une formation musicale (Habibi et al., 2016). Par exemple - et c'est une problématique bien connue du projet DEMOS qui vise précisément à démocratiser l'accès à la pratique musicale - les enfants suivant des cours de musique sont, dans le paysage français contemporain, encore typiquement issus de milieux socio-économiques favorisés ; outre l'accès à des cours de musique, ces enfants ont donc un accès plus privilégié que la moyenne à l'éducation, la culture, etc. et ces derniers aspects sont également, sinon plus, à même d'expliquer d'éventuelles différences cognitives observées avec un groupe d'enfants non-musiciens.

Une manière plus appropriée d'étudier cette question est donc d'examiner systématiquement des individus avant et après leur apprentissage de la musique, et de les comparer avec des individus semblables à l'origine, mais n'ayant pas eu accès à un tel apprentissage. Ce type d'études, appelées longitudinales, permet d'observer spécifiquement l'évolution des structures cérébrales et des fonctions cognitives en fonction de l'apprentissage musical, et indépendamment des compétences individuelles présentes au départ. Il s'agit de ce type d'étude que nous choisissons résolument de mener avec le projet DEMOS.

2. Groupes de contrôle

Dans une étude longitudinale idéale, les participants sont assignés aléatoirement à un groupe « Test » (recevant une formation musicale) ou « Contrôle » (ne recevant pas cette formation) au début de l'étude. Puisque cela n'est *a priori* pas possible ici (car notre équipe ne sélectionne pas les enfants du dispositif DEMOS), il sera crucial de recruter des enfants comparables aux enfants impliqués dans DEMOS, pour pouvoir systématiquement comparer les progrès de ces deux groupes au cours du temps. Cela est d'autant plus important que cette étude porte sur des enfants : leurs compétences évoluent naturellement avec l'âge – même « sans rien faire », un groupe d'enfants améliorera ses capacités cognitives sur la durée du projet.

Le ou les groupes de contrôle devront être comparables au groupe DEMOS en termes de :

- Critères socio-démographiques (âge, sexe, statut socio-économique des parents, nombre de langues parlées à la maison, ...).
- Compétences au départ sur les différents aspects testés.

Les enfants du groupe contrôle doivent suivre un programme équivalent, qui ne diffère du groupe test que sur l'aspect étudié (ici, la cognition sociale). En organisant plusieurs groupes de contrôle pour un même groupe test, il est en outre possible d'étudier l'impact sur le développement socio-cognitif de plusieurs aspects du programme test. Comme nous nous intéressons à l'impact de l'apprentissage collectif de la musique sur la cognition sociale, nous proposons de constituer en fait 3 groupes de

contrôle différents pour comparer les enfants de DEMOS avec des enfants présentant les mêmes caractéristiques socio-démographiques et capacités cognitives de départ mais recevant soit :

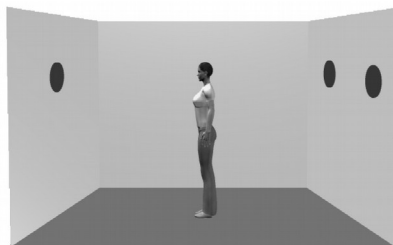
- un apprentissage individuel de la musique (groupe « INDIV »)
- une pratique collective non musicale : le sport en équipe, par exemple le basketball (groupe « BASKET »)
- aucune intervention (groupe « PLACEBO »)

D'un côté, la comparaison (longitudinale) entre le groupe DEMOS et le groupe INDIV nous permettra d'évaluer spécifiquement l'effet de l'apprentissage collectif de la musique, par rapport à un apprentissage individuel classique. De l'autre côté, la comparaison (longitudinale) entre le groupe DEMOS et le groupe BASKET nous permettra d'évaluer spécifiquement l'effet de l'apprentissage de la musique, par rapport à une pratique collective non musicale (le choix du basketball est motivé par l'existence d'une certaine littérature psychologique sur la coordination motrice et cognitive dans ce sport - voir par exemple en France les travaux de Jérôme Bourbousson - montrant que les capacités d'une équipe à se coordonner a une réelle influence sur les résultats en compétition. Il ne s'agit donc pas d'un « vrai » contrôle, puisque les effets d'apprentissage du basket sur la coordination rythmique, la prise de perspective et la résolution collective de problème sont très probables, voire déjà démontrés). Cette procédure nous permettra également de comparer les groupes DEMOS et BASKET (pratique collective musicale ou sportive) avec le groupe PLACEBO, afin d'évaluer l'effet de la pratique collective sur le développement de la cognition sociale. Enfin, nous pourrions évaluer l'effet de l'apprentissage de la musique en général, en comparant les groupes DEMOS et INDIV (musique en apprentissage collectif ou individuel) au même groupe PLACEBO.

3. Tâches expérimentales

Comme nous l'avons décrit dans le cadre théorique ci-dessus, notre proposition vise à évaluer l'impact du programme DEMOS sur l'ensemble du système socio-cognitif des enfants. Nous testerons des effets à la fois au niveau des mécanismes cognitifs individuels et bas-niveau (3 mécanismes testés : prise de perspective, reconnaissance d'indices émotionnels et synchronisation motrice), des capacités empathiques (2 capacités testées : la théorie de l'esprit et le partage d'expérience) et des compétences collectives (3 compétences testées : l'adaptation mutuelle motrice, la motivation pro-sociale et la résolution collective de problème). Pour la plupart de ces capacités, nous évaluerons les performances des enfants du groupe DEMOS, et des 3 groupes de contrôle, à l'aide de tâches expérimentales sélectionnées dans la littérature récente en cognition sociale, et adaptées aux enfants de 7 à 13 ans.

Cinq de ces tâches, les plus bas-niveau, sont individuelles (un seul enfant à chaque fois)



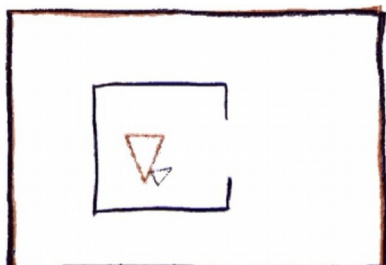
Prise de perspective : tâche de Samson et al (2005). Dans cette tâche, l'observateur doit évaluer le nombre de points qui lui sont visibles, en ignorant le fait que ces points soient visibles ou non d'un avatar situé dans la scène observée. Trouver la réponse correcte est facile, mais le temps de réponse est influencé finement (de quelques centaines de millisecondes) par la plus ou moins grande tendance du participant à prendre compte le point de vue de l'avatar.



Reconnaissance émotionnelle : tâche de Lima et al. (2016). Dans cette tâche, les enfants sont évalués sur leur capacité à reconnaître 7 catégories émotionnelles (amusement, colère, dégoût, peur, plaisir, soulagement, tristesse) dans des photos de visages et des enregistrements vocaux expriment ces émotions.



Synchronisation motrice : tâche de Noy et al. (2011). Dans cette tâche (“jeu du miroir”), les enfants doivent suivre un point se déplaçant horizontalement à l’écran, en utilisant un boîtier électronique avec un curseur. Le mouvement de l’ordinateur est manipulé de façon à varier sa régularité, et l’enfant est évalué sur sa capacité à ajuster son mouvement rapidement.

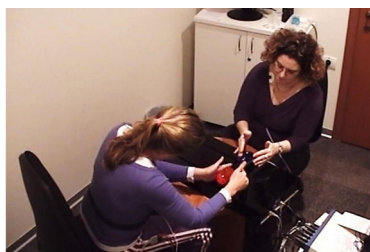


Empathie cognitive: tâche de Castelli et al. (2000). Dans cette tâche (“tâche des triangles”) , on présente aux enfants des animations vidéo abstraites, où plusieurs triangles bougent de façon à figurer des scènes sociales (par ex. une mère encourageant son enfant à sortir d’une pièce). Les enfants sont évalués sur leur capacité à attribuer des intentions à ces animations.



Empathie émotionnelle: tâche de Decety et al. (2008). Dans cette tâche, on présente aux enfants des images évocatrices de situations douloureuses (adaptées en nature et en degré à une population d’enfant: se taper le petit orteil dans un pied de table, se couper avec une paire de ciseaux). Les enfants sont évalués sur leur capacité à “ressentir” physiquement la douleur de la personne apparaissant dans les photographies.

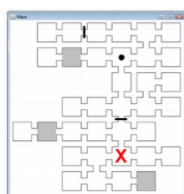
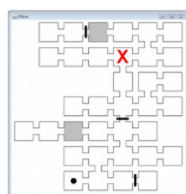
Les trois tâches restantes, correspondant aux compétences sociales les plus haut-niveau, sont collectives (dyadique): les enfants y sont testés deux à deux.



Adaptation mutuelle motrice: tâche de Noy et al. (2011). Cette tâche (“jeu du miroir”) est la déclinaison “dyadique” de la tâche de synchronisation ci-dessus: l’enfant ne joue plus avec un ordinateur, mais avec un autre enfant, et le duo est évalué sur sa capacité à se coordonner mutuellement.



Motivation prosociale : tâche de Wiltermuth et Heath (2009). Cette tâche (“jeu du bien commun”) est une variante du dilemme du prisonnier. Le duo d’enfants joue à un jeu économique où chacun doivent décider en secret de “miser” un certain nombre de jetons dans le “pot commun”. La stratégie gagnante consiste à ne pas miser, et récupérer la mise de l’autre joueur, à condition que celui-ci ait également misé. Les enfants sont évalués sur leur tendance à miser pour collectif ou pas.



Résolution collective de problèmes : tâche de Mills et al. (2013). Dans cette tâche, les participants doivent se guider l’un l’autre dans la traversée d’un labyrinthe, chacun ayant accès à des informations utiles mais invisibles à l’autre. Les enfants sont évalués sur leur capacité à rejoindre un but rapidement, grâce à leur collaboration.

Un point commun de toutes ces tâches est d'être non-musicales : en effet, il serait tentant d'évaluer par ex. la capacité des enfants à se synchroniser rythmiquement en leur demandant de taper du doigt en rythme sur une musique complexe, ou la capacité à reconnaître des émotions en utilisant un des nombreux corpus existants de musique émotionnelle (Della Bella et al, 2001). Ce type de tâche, bien qu'elles soient couramment utilisées dans la littérature, y compris sur des participants non-musiciens, ne serait pas approprié pour deux raisons : d'une part, elles favoriseraient de façon inappropriée les enfants des 2 groupes musicaux (DEMOS et INDIV), rendant leur comparaison aux deux groupes non-musicaux complètement tautologique (« les enfants qui ont appris la musique sont meilleurs en musique »). D'autre part, l'objectif de notre étude est précisément d'étudier le *transfert* des capacités musicales pratiquées dans le programme DEMOS à des capacités non-musicales ; autant, donc, évaluer ce transfert dès les plus bas-étages du système cognitif, en utilisant des tâches de synchronisation ou de reconnaissance émotionnelle résolument non-musicales.

Résultats attendus et valorisation

Au terme de cette étude, nous espérons donc non seulement pouvoir démontrer l'impact positif du projet DEMOS sur la cognition sociale des enfants mais encore parvenir à établir la manière dont ces effets sont liés aux spécificités de la pratique et des modalités d'apprentissage mis en place en son sein. Nous aurons fourni une taxonomie d'effets possibles de la musique sur les capacités sociales des enfants participant au programme DEMOS, allant de capacités génériques d'empathie à des compétences concrètes mobilisables dans de multiples situations sociales nous permettant ainsi d'identifier non seulement ce que *fait* l'apprentissage musical dans DEMOS, mais aussi ce qu'il *fait de différent* par rapport d'autres formes d'apprentissage.

Outre le rapport final remis à la Philharmonie de Paris, nous nous engageons à publier les résultats de notre travail dans un certain nombre de revues scientifiques à fort impact, assurant ainsi au projet DEMOS la diffusion la plus large possible. La méthodologie présentée ci-dessus – en faisant appel à un ensemble de groupes de contrôle dont nous ne sous-estimons aucunement la dimension à la fois contraignante et coûteuse – doit donc être comprise comme étant *in fine* au service des objectifs de valorisation du projet DEMOS. En conformant notre étude aux exigences méthodologiques rigoureuses qui prévalent généralement dans le champ des sciences cognitives, nous en rendrons les résultats recevables auprès des nombreuses communautés scientifiques qui explorent les liens entre art et société, et contribuerons ainsi activement à inscrire le projet DEMOS dans le paysage intellectuel et politique international.

Plus précisément, nous prévoyons la participation des membres de l'équipe aux conférences scientifiques suivantes prévues pendant la durée du projet:

- 2nd Research Symposium on Social Impact of Making Music (SIMM), Londres, 8-9 Juillet 2017 (biennal)
- 25th Anniversary Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music (ESCOM): "The expressive interaction with music", Ghent, 31 July – 4 August 2017 (biennal)
- Society for Music Perception and Cognition (SMPC) conference, 2017 (à déterminer), 2019 (à déterminer)
- 14th biennial International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC), 2018 (à déterminer)
- [The Neurosciences and Music - VI, MUSIC, SOUND AND HEALTH](#), Boston, 15 - 18th June 2017

Outre la présentation des résultats de l'étude à ces conférences, nous serions prêts à envisager la co-organisation avec la Philharmonie d'un symposium spécifique dédié à l'évaluation scientifique du projet DEMOS, en proposant notamment que l'édition 2019 du Symposium on Social Impact of Making Music se tienne à Paris pour la clôture du présent projet.

Calendrier et échéances

Notre étude suivra le calendrier suivant:

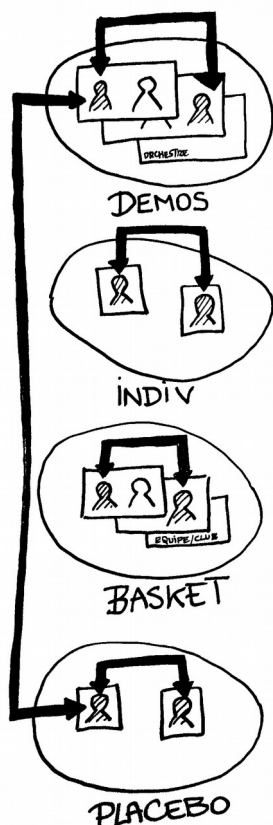
- en janvier 2017 : pre-test des enfants des groupes DEMOS
- en janvier 2018 : pre-test des groupes contrôle INDIV, BASKET et PLACEBO + post-test 1 des groupes DEMOS
- avril 2018 : restitution intermédiaire du post-test1 DEMOS
- en janvier 2019 : post-test 2 des groupes DEMOS et post-test des groupes contrôle INDIV, BASKET et PLACEBO
- janvier-juillet 2019 : analyse des résultats, rendu du rapport

Dans chacun de ces groupes, nous testerons 60 enfants : s'agissant d'une étude longitudinale, il existe un risque important de voir des enfants abandonner l'une ou l'autre des activités proposées en cours de route. Il est donc important de tester un nombre relativement important d'enfants au départ, afin de garantir un nombre suffisant de participants en fin de parcours pour obtenir la puissance statistique requise par ce genre d'étude.

Pour chacune des sessions proposées (pre-test et post-test), il faudra prévoir deux séances d'environ un après-midi par enfant (une séance pour les tests individuels et une séance pour les tests en dyades). Il s'agit là de la durée standard des séances effectuées dans les études similaires (voir par exemple Habibi 2013). En raison de la durée des séances, il semble préférable de tester les enfants en dehors des périodes scolaires.

Organisation des études dyadiques

Les 3 tâches de compétences sociales ci-dessus sont des tâches dyadiques, où les enfants sont testés deux par deux. Nous sélectionner ces duos d'enfants parmi tous les enfants testés individuellement dans l'étude, selon les principes suivants:



- Afin d'éviter de mesurer des effets positifs sur la cognition sociale du simple fait d'avoir une expérience commune (habitude comportementale, biais d'appartenance à une groupe, etc.), et vérifier que ces compétences acquises sont mobilisables en dehors du groupe social au sein duquel elles ont été acquises, nous sélectionnerons les enfants de façon à ce que les enfants d'un même duo ne se connaissent pas, et n'aient pas d'expérience de pratique musicale ou sportive commune. Dans le groupe DEMOS, nous appairerons donc des enfants appartenant à des orchestres différents, et dans le groupe BASKET, des enfants appartenant à des équipes/clubs différents. Nous contrôlerons que les enfants ne se connaissent pas dans les groupes INDIV et PLACEBO. Enfin, les enfants d'un même duo ne saurons pas à quel groupe expérimental ils appartiennent.
- Afin de comparer les effets collectifs des différentes pratiques étudiées, nous sélectionnerons d'une part des duos homogènes à chaque groupe expérimental (4 types de dyades: 2 DEMOS, 2 INDIV, 2 BASKET, 2 PLACEBO) ;
- d'autre part, afin d'étudier la possibilité d'un éventuel effet de "contagion vertueuse" du programme DEMOS quand ces enfants interagissent avec des enfants n'ayant pas eu la chance de participer au programme, nous constituerons un 5e type de dyade "mixte", regroupant 1 enfant DEMOS avec 1 enfant PLACEBO.

Présentation de l'équipe

Nous avons constitué au service de ce projet une équipe pluridisciplinaire, alliant les compétences de deux laboratoires parisiens: Jean-Julien Aucouturier, Clément Canonne, Louise Goupil et Emmanuel Ponsot qui travaillent ensemble au sein du laboratoire "Sciences et Technologies de la Musique et du Son" (IRCAM-CNRS-UPMC) autour d'un projet de recherche sur la cognition sociale des interactions musicales, et Véronique Izard, chercheuse en psychologie du développement au Laboratoire Psychologie de la Perception (CNRS & Université Paris Descartes - équipe "Perception-Action et développement cognitif").

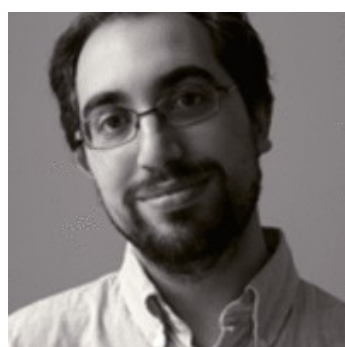


Jean-Julien Aucouturier, pianiste et chargé de recherche CNRS au sein de l'équipe Perception et Design Sonore du laboratoire STMS (UMR9912, IRCAM/CNRS/UPMC), sera le porteur du projet. Il a reçu une double formation en informatique musicale (SONY Computer Science Laboratory, Paris; Thèse Université Paris 6, 2006) et en neurosciences cognitives (RIKEN Brain Science Institute, Tokyo; Université de Bourgogne, Dijon). En combinant les méthodes du traitement du signal sonore, de la psychologie expérimentale et des neurosciences cognitives, ses recherches tendent à comprendre comment la musique crée des émotions, et à l'utilisation du pouvoir émotionnel de la musique pour des

applications cliniques et sociétales. Outre la coordination de l'équipe, JJA met au service du projet DEMOS les moyens humains et financiers du projet Européen ERC CREAM ("Cracking the emotional code of music") dont il est porteur depuis Octobre 2014, et dont le calendrier coïncide idéalement à celui du projet (fin Octobre 2019).

Trois publications récentes:

1. Aucouturier, J.J. & Canonne, C. (in press). Harmony for affiliation and time for control: the social cognition of musical interactions. *Cognition*.
2. Aucouturier, J.J., Johansson, P., Hall, L., Segnini, R., Mercadié, L. & Watanabe, K. (2016) Covert Digital Manipulation of Vocal Emotion Alter Speakers' Emotional State in a Congruent Direction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113 no. 4
3. Canonne, C. & Aucouturier, J. J. (2015). Play together, think alike : Shared mental models in expert music improvisers. *Psychology of Music*, 44(3).
- 4.



Clément Canonne est pianiste et chargé de recherche CNRS au sein de l'équipe Analyse des Pratiques Musicales du laboratoire STMS (IRCAM/CNRS/UPMC). Après des études de philosophie à l'ENS de Lyon, il a obtenu une thèse de musicologie consacrée à la pratique de l'improvisation collective libre. En croisant approches ethnographiques et expérimentales, il cherche à comprendre les mécanismes de coordination et les processus communicationnels à l'oeuvre dans l'interaction musicale improvisée. Plus généralement, il s'intéresse aux multiples manières qu'ont les musiciens de faire et de créer de la musique ensemble.

Trois publications récentes:

1. C. Canonne et N. Garnier (2015), « Individual Decisions and Perceived Form in Collective Free Improvisation », *Journal of New Music Research*, 44/3, 2015, p. 270-292.
2. C. Canonne (2013), « Focal Points in Collective Free Improvisation », *Perspectives of New Music*, Vol. 51, n°1, p. 40-55.
3. C. Canonne (2012), « Improvisation collective libre et processus de création musicale : création et créativité au prisme de la coordination », *Revue de Musicologie*, Vol. 98/1, p. 107-148.



Louise Goupil est clarinettiste et post-doctorante au laboratoire STMS (Ircam/CNRS/UPMC) à Paris. Sa thèse de doctorat réalisée à l'Ecole Normale Supérieure (rue d'Ulm, Paris), portait sur le développement de l'introspection chez le bébé. Son projet actuel cherche à caractériser les mécanismes introspectifs impliqués dans l'induction émotionnelle par la voix et la musique, en utilisant des méthodes telles que la psychophysique et l'électroencéphalographie. Plus généralement, elle s'intéresse à l'introspection, à la conscience, à la cognition sociale, et à l'implication de ces processus dans la perception et la production de musique.

Trois publications récentes:

1. Goupil L., Romand-Monnier M. & Kouider S. (2016). Infants ask for help when they know they don't know. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (10).
2. Goupil L., Kouider S. (2016). Behavioural and neural indices of metacognitive sensitivity in preverbal infants. *Current Biology* (in press).
3. Kouider, S., Andrillon, T., Barbosa, L.S., Goupil, L. & Bekinschtein T.A. (2014). Inducing Task- Relevant Responses to Speech in the Sleeping Brain. *Current Biology*, 24, 1-7.



Emmanuel Ponsot est violoniste et chercheur en post-doctorat au laboratoire STMS (Ircam/CNRS/UPMC) à Paris. Il a effectué une thèse de doctorat en sciences cognitives à l'Université Pierre et Marie Curie portant sur les mécanismes perceptifs sous-tendant l'évaluation de l'intensité sonore globale de sons dynamiques. Il s'intéresse actuellement à comprendre comment notre cerveau décode et interprète continûment les paramètres acoustiques et prosodiques (i.e. non sémantiques) de la voix d'autrui, jusqu'à attribuer à cette personne des traits socio-émotionnels particuliers. Ses travaux de recherche visent à mieux comprendre les mécanismes du traitement perceptif de signaux sonores complexes (parole, musique) impliqués dans les jugements haut-niveau.

Trois publications récentes:

1. Deneux, T., Kempf, A., Daret, A., Ponsot, E., & Bathellier, B. (2016). Temporal asymmetries in auditory coding and perception reflect multi-layered nonlinearities. *Nature Communications*, 7.
2. Ponsot, E., Susini, P., & Meunier, S. (2015). A robust asymmetry in loudness between rising- and falling-intensity tones. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(3), 907-920.
3. Ponsot, E., Susini, P., Saint Pierre, G., & Meunier, S. (2013). Temporal loudness weights for sounds with increasing and decreasing intensity profiles. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(4), EL321-EL326.



Diplômée de l'Ecole Polytechnique, **Véronique Izard** obtient en 2006 un doctorat en sciences cognitives (Université Pierre et Marie Curie), sous la direction de Pr. Stanislas Dehaene. Elle décide ensuite de se spécialiser sur le développement cognitif de l'enfant, et obtient une bourse de la Fondation Fyssen pour effectuer un séjour Post-Doctoral auprès de Pr. Elizabeth Spelke (Harvard University). En 2009, elle est recrutée au CNRS en tant que chargée de recherches au sein du Laboratoire Psychologie de la Perception (CNRS et Université Paris Descartes). Elle travaille principalement sur l'apprentissage des mathématiques, et s'intéresse notamment aux intuitions précoces chez le nourrisson et le jeune enfant. Elle a également travaillé sur l'apprentissage de concepts mathématiques élaborés, comme le concept de l'infini, ou les transformations

géométriques, chez l'enfant d'âge scolaire. Violoniste, elle est d'autre part impliquée dans de nombreux projets musicaux semi-professionnels, à Paris: Orchestre Note & Bien, Les Clés d'Euphonia; et Boston: Mercury Orchestra, MIT Summer Philharmonic Orchestra, Lowell House Opera.

Trois publications récentes:

1. Izard, V., Sann, C., Spelke, E.S., & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *P.N.A.S.*, 106, 23 June 2009(25), 10382-10385.
2. Piazza, M., Pica, P., Izard, V., Spelke, E.S., & Dehaene, S. (2013). Education increases the acuity of the non-verbal approximate number system. *Psychological Science*, 24(6), 1037-1043.
3. Izard, V., Streri, A., & Spelke, E.S. (2014). Toward Exact Number: Young Children Use One-to-one Correspondence to Measure Set Identity but not Numerical Equality. *Cognitive Psychology*, 72, 27-53.

Budget et organisme porteur

Dépenses de personnel liées à la conduite du projet:

1. Ingénieur d'étude, coordinateur de l'étude (CDD 2 ans à 100% sur un profil de type Assistant Recherche Clinique) = 80 000 €
2. Recrutement de stagiaires pour la réalisation des séances de test avec les enfants (150h en janvier 2017, 750h en janvier 2018, 750h en janvier 2019, soit 18 stagiaire/mois sur la durée du projet) = 10 000 €

Dépenses liées à l'organisation des groupes contrôle:

1. Groupe BASKET:
 - adhésion aux cours de basket = $100 \text{ €} \times 30 = 3000 \text{ €}$
 - achat de maillots et chaussures = $100 \text{ €} \times 30 = 3000 \text{ €}$
 - Total = 6000 €
1. Groupe INDIV:
 - Cours individuels = recrutement d'un professeur de violon (15h hebdomadaire) sur 8 mois = $8 \times 3000 \text{ €} = 24 000 \text{ €}$
 - achat instrument = $30 \times 100 \text{ €} = 3000 \text{ €}$
 - Total = 27 000 €

Frais de mission

1. Participation à des conférences pour la diffusion des résultats de l'étude = 10 000 €
2. Déplacements liés à la réalisation de l'étude (Paris-Banlieue ou Paris-Province) = 10 000 €
3. Organisation du Symposium à Paris en 2019 = 10 000 €

Budget total du projet = 153 000 €

Budget demandé = 90 000€

(correspondant au recrutement d'un Ingénieur d'étude pour la coordination du projet et au recrutement de stagiaires pour les séances de test)

Les autres sources de financement dont nous disposons actuellement (ERC Starting Grant pour le projet CREAM, etc.) nous permettront de compléter le budget et de mener à bien le projet dans son intégralité.

Organisme porteur :

L'étude sera portée par l'UMR 9912 "Sciences et Technologies de la Musique et du Son" (IRCAM-CNRS-UPMC), actuellement dirigée par M. Gérard ASSAYAG (assayag@ircam.fr), et dont la responsable administrative est Anne-Marie VAUDEVILLE (vaudeville@ircam.fr). Porteur du projet : Jean-Julien AUCOUTURIER (aucouturier@gmail.com)

Bibliographie

Castelli, F., Happé, F., Frith, U., & Frith, C. (2000). Movement and mind: a functional imaging study of perception and interpretation of complex intentional movement patterns. *Neuroimage*, 12(3), 314-325

Cross, I. (2014). Music and communication in music psychology. *Psychology of music*, 42(6), 809-819.

Decety, J., Michalska, K. J., & Akitsuki, Y. (2008). Who caused the pain? An fMRI investigation of empathy and intentionality in children. *Neuropsychologia*, 46(11), 2607-2614.

Habibi, A., Ilari, B., Crimi, K., Metke, M., Kaplan, J. T., Joshi, A. A., ... & Ficek, B. (2013). An equal start: absence of group differences in cognitive, social, and neural measures prior to music or sports training in children. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 690-690.

Hallam, S. "The Power of Music" [online] Music Education Council. (2015). available: <http://www.dickhallam.co.uk/resources/The%20Power%20of%20Music%202014.pdf>

Frith, U & Blakemore, S.J. (2006) Social Cognition (Chap 7). In: Cognitive Systems (eds. Morris, R., Tarassenko, L., Kenward, M.), p. 138-162, Elsevier

Kirschner, S., & Tomasello, M. (2010). Joint music making promotes prosocial behavior in 4-year-old children. *Evolution and Human Behavior*, 31(5), 354-364.

Lima, C. F., Brancatisano, O., Fancourt, A., Müllensiefen, D., Scott, S. K., Warren, J. D., & Stewart, L. (2016). Impaired socio-emotional processing in a developmental music disorder. *Scientific Reports*, 6, 34911.

Mills, G. J. (2013) Orchestrating Ensembles in Interaction. In: *Language, Music Interaction* (eds., Kempson, R., Orwin, M., Cann, R. and Howes, C.) College Publications, London

Noy, L., Dekel, E., & Alon, U. (2011). The mirror game as a paradigm for studying the dynamics of two people improvising motion together. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(52), 20947-20952.

Rabinowitch, T. C., Cross, I., & Burnard, P. (2013). Long-term musical group interaction has a positive influence on empathy in children. *Psychology of Music*, 41(4), 484-498.

Samson, D., Apperly, I. A., Braithwaite, J. J., Andrews, B. J., & Bodley Scott, S. E. (2010). Seeing it their way: evidence for rapid and involuntary computation of what other people see. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(5), 1255.

Wiltermuth, S. S., & Heath, C. (2009). Synchrony and cooperation. *Psychological science*, 20(1), 1-5.

Zaki, J., & Ochsner, K. (2016). Empathy. *Handbook of Emotion*. (Feldman Barrett, L., Lewis, M., Haviland-Jones, J, eds) NY: Guilford Press

Addendum 1: Aspects éthiques de l'expérimentation

A l'instar des recherches menées par nos laboratoires, les études présentées dans cette proposition seront soumises à l'avis du CERES (Comité d'Évaluation d'Éthique pour les Recherches en Santé) de l'Université Paris-Descartes. Ce comité est habilité pour rendre des avis sur des recherches incluant des volontaires humains, quel que soit leur âge, dans la mesure où il s'agit de recherches non-invasives. Notre équipe comprend deux chercheurs (Véronique Izard et Louise Goupil) ayant une grande habitude des expériences de psychologie du développement sur des adolescents, des enfants, et même des nouveaux-nés. Nous reprenons ici les engagements éthiques typiques de ce type d'étude, que nous proposons d'appliquer avec la plus grande rigueur à notre projet:

- Selon les cas, les enfants participants pourront être suivis dans le cadre de notre recherche soit au sein de la structure dont ils dépendent dans le cadre du projet DEMOS (MJC), soit au Centre Universitaire Saints-Pères (Paris Descartes - Plateforme Sensori-Motrice), soit encore au sein de l'INSEAD (Centre Multidisciplinaire des Sciences Comportementales). Conformément à la loi, nous veillerons à ce que jamais un enfant ne se retrouve seul avec un expérimentateur. Ainsi, même dans le cadre de tâches individuelles, il y aura systématiquement toujours deux expérimentateurs présents en même temps, et les enfants seront toujours en présence d'un de leurs camarades.
- Les familles seront invitées à participer par l'intermédiaire d'une lettre d'information et un formulaire de consentement présentant le but et les caractéristiques (durée, etc.) de l'étude. La participation a lieu sur la base du volontariat, elle n'est pas obligatoire. La décision des parents de participer ou non n'aura aucun impact sur leurs relations avec les intervenants du projet DEMOS.
- Les enfants âgés de 10 ans et plus seront également invités à signer un formulaire de consentement, rédigés dans des termes appropriés à leur âge.
- Tous les enfants pourront être inclus dans l'étude, à condition que l'un au moins des tuteurs légaux ait exprimé son consentement à l'aide du formulaire fourni, et à condition que l'enfant parle français.
- Les familles participant ont le droit d'arrêter l'étude à tout moment, et ce pour quelque raison que ce soit.
- Toutes les données seront collectées de manière anonyme. Les résultats seront publiés en respectant l'anonymat des participants. Les formulaires de consentement, qui contiennent des informations permettant d'identifier les participants (le nom et le prénom des parents et de l'enfant), seront conservés dans des classeurs séparés.
- Dans le cadre d'une recherche impliquant des mineurs, en France, les parents, les enfants et les structures référentes ne reçoivent pas de compensation financière en échange de leur participation. Les résultats de l'étude seront partagés avec les familles et les intervenants impliqués par le biais d'un compte rendu distribué en fin d'étude.
- Bénéfices et risques pour les enfants participant. Dans le cadre de cette étude, certains enfants recevront des enseignements (musique ou sport collectif). Les enfants participant aux groupes contrôles seront sélectionnés suivant les mêmes critères que les enfants participant au projet DEMOS : c'est-à-dire qu'il s'agit d'enfants qui ne se seraient pas engagés dans des activités extrascolaires s'ils n'avaient pas pris part à notre étude. De fait, le groupe contrôle "sans intervention" ne se retrouve pas pénalisé par rapport au statu quo.
- Nous pensons que les enfants enrôlés dans les groupes actifs (DEMOS, INDIV, BASKET) trouveront un bénéfice à ces interventions. Si toutefois nous en venions à constater que les enfants d'un certain groupe développent des déficits par rapport au statu quo (groupe sans intervention), nous interromperons immédiatement l'intervention.