

DISPOSITIF NUMÉRIQUE POUR LA CONSTRUCTION DE MÉLODIES : UN MILIEU DIDACTIQUE

Marcos Martins Aristides

Universidade Federal do Ceará, post-doctorat FUNCAP/CAPES¹ (Brésil)

Nicolas Szilas

TECFA-FPSE, Université de Genève (Suisse)

Marcos Aristides effectue actuellement un postdoctorat à l'Université Fédérale du Ceará ; sa recherche porte sur l'utilisation d'un Environnement Virtuel d'Apprentissage (EVA) dans la formation continue des enseignants de musique. Diplômé en éducation musicale de la Haute École de musique de Genève (1997), il est également titulaire d'un master en éducation musicale de l'Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO - 2002), ainsi que d'un master (2006) et d'un doctorat (Ph. D., 2015) en sciences de l'éducation de l'Université de Genève. Il a été responsable de la gestion technique et pédagogique des plateformes de master et de formation continue dans les programmes de formation de l'ONG Enfants du Monde (Genève, Suisse). Auparavant, il a agi à titre d'assistant pour le cours « Usages pédagogiques des médias et des technologies numériques » (MITIC) de la Faculté d'éducation de l'Université de Genève, ainsi qu'en tant que consultant en matière d'outils pédagogiques innovants pour l'Institut Jaques-Dalcroze à Genève (2015-2019). Enseignant en privé, il est professeur de guitare et d'initiation musicale depuis 1993.

Après avoir obtenu un diplôme d'ingénieur en 1992 à l'ESIM (actuellement École Centrale Marseille), Nicolas Szilas se dirige vers la recherche, en réalisant un DEA et une thèse en Sciences Cognitives, à Grenoble, à la croisée de l'intelligence Artificielle, de l'apprentissage, de la Communication Homme-Machine et de la psychologie cognitive. Après un séjour postdoctoral à Montréal, il monte en 1997 le département R&D d'une petite société de multimédia/jeu, sur le thème des personnages intelligents pour le jeu vidéo. Entre 1999 et 2001, il est « Chief Scientist » au sein du département Innovation d'une Société de Service en Ingénierie Informatique, tandis qu'il lance un programme de recherche sur le Récit Interactif, actuellement son domaine d'excellence. Après des contrats universitaires à l'Université Paris 8 puis à Macquarie University à Sydney en Australie, il entre en 2006 au laboratoire TECFA de l'Université de Genève, spécialisé dans les technologies éducatives, en tant que Maître d'Enseignement et de Recherche. Il y poursuit ses recherches sur

1 FUNCAP : Fondation pour la recherche de l'état du Ceará (Brésil) / CAPES : Coordination de perfectionnement du personnel diplômé (Brésil).

le Récit Interactif, au travers de plusieurs projets financés par l'Europe ou la Suisse. Il s'intéresse de près aux jeux vidéo pédagogiques, domaine qu'il enseigne à l'Université.

Résumé

Cet article propose une réflexion sur les enjeux concernant la conception et le développement d'un dispositif numérique comme support pour la formation auditive. Nous mènerons cette réflexion à partir des points de vue de la pédagogie et de la didactique de la musique, ce qui permettra de poser les bases du développement d'un environnement informatisé pour la création de mélodies. Nous décrirons le dispositif numérique ainsi développé pour ensuite observer son introduction dans deux classes de solfège². Pour créer une situation didactique réelle, nous proposons une activité du type dictée mélodique visant la discrimination de notes. Enfin, les résultats des tests conduits dans ces classes seront présentés et analysés.

INTRODUCTION

La problématique abordée dans cet article³ s'articule autour du rôle de la didactique de la musique dans la conception et le développement d'un support numérique pour la formation auditive. Pour observer une situation didactique à l'aide de ce support, nous proposons une activité d'apprentissage à travers la création de mélodies.

Tout d'abord il nous semble utile de noter que jusqu'aux années 1960, la formation auditive était l'un des objectifs de la discipline « solfège ». Par ailleurs, ce terme est encore utilisé par certaines institutions pour désigner le cours visant le développement de l'oreille musicale. En effet, les activités proposées pour l'enseignement traditionnel du solfège consistent en des dictées mélodiques, dictées harmoniques et dictées rythmiques, auxquelles s'ajoutent la lecture mélodique, la lecture harmonique et la lecture rythmique pour développer la capacité de décodage des partitions musicales.

Par ailleurs, dans le parcours menant au développement de la capacité de discrimination des notes, la dictée apparaît comme l'exercice qui met les élèves de musique en situation d'écoute engagée. En même temps que l'élève mobilise son attention pour reconnaître chaque note, il crée ses propres stratégies mentales pour réussir cet exercice. À ce propos, les recherches concernant la didactique du solfège montrent les diverses méthodes qui ont

-
- 2 L'École de Pers-Jussy (Haute-Savoie, France) qui a bien voulu accueillir cette expérience, utilise le terme « Solfège » pour désigner les cours de développement de l'oreille musicale.
 - 3 L'article est en rapport avec la thèse de l'auteur, dirigée par le coauteur, menée à l'unité de Technologies pour la Formation et l'Apprentissage (TECFA) de la Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation de l'Université de Genève.

vu le jour au cours du XX^e siècle ; cependant nous observons avec Roch-Fijalkow (2007, p. 262-264) que dans les institutions traditionnelles d'éducation musicale, la didactique de la formation auditive présente encore la même structure d'activités, nonobstant les pratiques innovantes de quelques enseignants, qui restent exceptionnelles.

Par ailleurs, la création a été pendant longtemps réservée à celles et ceux ayant d'abord réalisé de longues études théoriques accompagnées de quelques années de pratique d'un instrument (Mili, 2012, p. 240-241). Actuellement, la création fait partie des programmes d'éducation musicale au primaire et au secondaire dans plusieurs pays. Cependant, notre propos principal ne vise pas directement le développement de la créativité, ce qui nécessiterait par ailleurs une discussion approfondie de ce terme. Il s'agit ici de créer les conditions pour une participation musicale et créative de l'enfant dans le développement de ses habilités musicales, en stimulant ses capacités d'apprendre la musique en tant que musicien dans un processus que Burnard appelle *teaching music creatively* (Burnard, 2017, p. 50).

Enfin, nous arrivons au point sensible de cette problématique, à savoir le peu de place que la didactique de la musique occupe dans la conception des outils informatiques destinés à l'éducation musicale. Selon Périer (2004, p. 18, 90-91), l'utilisation de l'informatique dans les activités musicales est assez large, allant des logiciels dédiés à l'édition de la notation musicale aux divers types de claviers, en passant par les instruments numériques de percussion, pour ne citer que les exemples les plus répandus. Cette panoplie de recours à l'informatique ne concerne qu'indirectement l'éducation musicale, qui s'en sert principalement pour la réalisation et la planification de certains cours. Par ailleurs, les applications destinées spécifiquement à la formation auditive sont pour une grande partie des versions informatisées des exercices traditionnels visant la discrimination de notes et de rythmes⁴. La démarche de ce travail se différencie de ces applications, tout d'abord par un positionnement pédagogique. Tandis que les versions informatisées des exercices traditionnels invitent l'élève à réaliser maintes fois le même type d'exercice pour développer ses capacités d'écoute musicale, notre proposition est de passer par la création/construction d'objets mélodiques pour stimuler et développer les capacités auditives. L'activité de création de mélodies est conçue comme un exercice préparatoire et complémentaire aux traditionnelles dictées. En outre, nous cherchons à développer une application en partant de dimensions didactiques identifiées au cours de cet article, dépassant ainsi la simple version informatisée des exercices traditionnels.

En outre, nous proposons la construction d'objets mélodiques à partir d'un matériau semi-structuré (les segments mélodiques) qui sera manipulé au moyen de représentations graphiques de ce matériau. Cela représente une différence par rapport aux propositions de création à partir de notes isolées. En ce sens, nous nous rapprochons de l'expérience menée

4 Le logiciel *Earmaster* en est un bon exemple (<https://www.earmaster.com>).

par Bamberger en partenariat avec Hernandez, qui ont développé le logiciel *Impromptus* (Bamberger et Hernandez, 2000). *Impromptus* permet la reconstruction d'une mélodie à partir de ses segments présentés à l'utilisateur dans le désordre. L'utilisateur est invité à mobiliser sa perception auditive et ses connaissances empiriques des structures mélodiques pour retrouver l'ordre correct des segments.

Face à la demande croissante en faveur de l'utilisation de l'informatique comme facilitateur de l'enseignement-apprentissage de la musique (Périer, 2003), nous estimons qu'il est nécessaire d'établir des liens entre le développement des outils informatiques destinés à l'éducation musicale et la didactique de la musique.

OBJECTIFS

L'objectif principal

À partir de cette problématique, notre objectif principal est de mener une réflexion au sujet de la conception et du développement d'un dispositif numérique destiné à devenir un support pour les activités de dictées mélodiques dans l'enseignement-apprentissage de la notation musicale.

Les objectifs spécifiques

Pour mener cette expérience, nous avons déterminé un premier objectif spécifique, soit le développement d'un logiciel permettant la création de mélodies par l'agencement de segments mélodiques.

Dans cette perspective, nous nous sommes fixé un deuxième objectif spécifique, soit d'obtenir ces segments, en nous inspirant de l'approche d'analyse musicale par segmentation (Adams, 1976 ; Assayag, McAdams, Ayari et Lartillot, 2004), qui permet d'opérer la segmentation de mélodies tonales, selon les inflexions dessinées par les mouvements de leurs notes.

Pour clore la démarche, nous nous sommes proposé comme troisième objectif spécifique d'élaborer un cadre de validation pour la conception d'un logiciel éducatif.

LE CADRE THÉORIQUE

Approche didactique

Comme point de départ de nos réflexions nous avons adopté le modèle proposé par Houssaye (1988) du triangle pédagogique, formé par trois acteurs : l'élève, le savoir⁵ et l'enseignant.

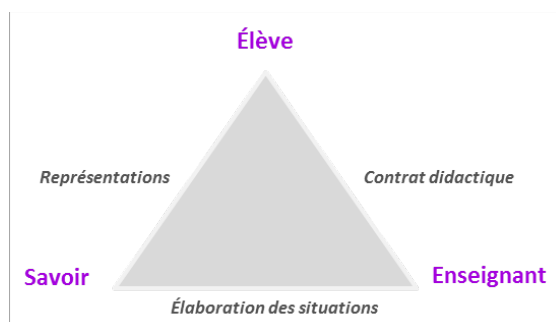


Figure 1. Triangle pédagogique (Houssaye, 1992 [1988], p. 233)

Les libellés apposés entre les acteurs indiquent le type particulier de relation existant entre eux ; le savoir — en tant que matière vivante — doit être appréhendé par l'élève pour qu'il puisse s'en faire une représentation mentale. Les caractéristiques des acteurs du modèle et leurs interactions sont traitées par la didactique (Bronckart et Plazaola Giger, 1998 ; Chevallard, 1991 ; Perrenoud, 1998). Chevallard (1991, p. 5) met l'accent sur la notion de transposition didactique, qui consiste à transformer un savoir savant en savoir à enseigner et à apprendre. Dans cette perspective, il propose une différenciation entre transposition didactique externe et interne (Chevallard, 1991, p. 25). La première émane d'un accord social, car il s'agit de définir les savoirs qui seront pris en charge par l'institution scolaire. Ce qui se passe donc en amont de la salle de classe est un processus que Chevallard regroupe sous le terme « noosphère » (Chevallard, 1981, p. 6-7), consistant en une concertation entre groupes d'acteurs sociaux : familles, écoles, médias, etc. (Chevallard, 1981, p. 6-7). Ce n'est qu'après cette définition que les enseignants devront procéder à la transposition interne, c'est-à-dire examiner les composants des savoirs indiqués pendant la transposition externe et les transposer en savoir à apprendre.

Transposition didactique, contrat didactique, chronogénèse, nature des savoirs, organisation des compétences, sont autant de concepts didactiques qui peuvent être convoqués dans le champ de l'enseignement musical et qui permettent de mieux discriminer l'activité. (Terrien, 2012, p. 179)

⁵ Le savoir, entendu comme matière à être appréhendée, peut résister, échapper à la compréhension. De ce point de vue nous le considérons comme un acteur, un élément exerçant une influence sur l'autre.

En nous appuyant sur cette indication de Terrien, nous proposerons une transposition didactique à partir de la notion du sens mélodique de la musique tonale. En effet, même si le contour mélodique est un élément peu utilisé dans le domaine de l'analyse, nous le considérons, avec Schillinger, comme une dimension majeure dans la perception de mélodies (Schillinger, cité par Adams, 1976, p. 180). Par ailleurs, dans la musique tonale, le sens de la mélodie ne se réduit pas à une séquence de sons conjoints et disjoints par rapport à une gamme. Il y a une poïétique (Nattiez, 2004) qui consiste à prendre en compte un ensemble de codes socialement et culturellement partagés (Grabócz, 2009, p. 12, 18 ; Meeùs, 1992, p. 58-60 ; Nattiez, 2004, p. 277-278). Le sens mélodique résulte, entre autres, du croisement de références culturelles et sociales du compositeur et de l'auditeur : « il faut partir de l'appropriation, montrer comment l'objet musique devient "objet de désir", producteur de sens et d'imaginaire » (Ravet, 2010, p. 285). Ces divers croisements forment un réseau de significations (Sheinberg, 2017, p. 17) et la notion de sens mélodique, héritière du sens de la musique, se dégage du fait que l'écoute musicale est socialement construite (Ravet, 2010, p. 274-275). Ceci nous permet de considérer la notion de sens mélodique comme le résultat d'une réflexion approfondie autour d'un fait humano-social, ce qui caractérise un savoir savant.

Pour opérationnaliser la transposition didactique, nous proposons que le savoir savant, représenté par le sens mélodique, soit représenté par l'ondulation formée des crêtes et des creux de la ligne reliant les différentes hauteurs des notes d'une mélodie. Cette ligne ondulée représente donc le contour mélodique, ou, en termes didactiques, l'objet à apprendre.

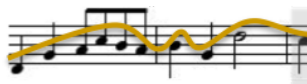


Figure 2. Contour mélodique⁶

Cette représentation du contour mélodique a été initialement proposée par Schoenberg pour démontrer la « singableness » (Schoenberg, 1970, p. 113) de la « Sarabande » de la *Suite n° 1* de J. S. Bach :



Figure 3. Contour de la « Sarabande » de la *Suite n° 1* de J. S. Bach (*ibid.*)

⁶ Plus loin, dans le descriptif du logiciel, nous verrons comment ce contour sera découpé pour la production de segments mélodiques.

L'objet à apprendre est donc le contour mélodique qui, dans le cas de la musique tonale, est marqué par les rapports entre les différentes hauteurs de notes en fonction de leur importance dans la tonalité (Wangermee, 1998, p. 39) ou de leur rôle ornamental : les notes de passage et autres notes d'approche aux notes de la tonalité. Nous considérons que la transformation du sens mélodique, savoir savant, en contour mélodique, savoir à apprendre, relève de la transposition didactique interne, étant donné que le savoir scolaire défini par la noosphère est la musique, le sens mélodique étant un savoir élaboré à l'intérieur du savoir musical.

La situation, le contrat et le milieu didactique

Un scénario où l'élève réalise une activité sous la supervision de l'enseignant et qui se déroule dans le but d'apprendre quelque chose configure, selon Brousseau, une situation didactique. Dans le cadre de l'enseignement-apprentissage des mathématiques, domaine d'étude de Brousseau, la situation didactique :

[...] modélise les conditions sous lesquelles les êtres humains produisent, communiquent et apprennent les connaissances que nous considérons comme mathématiques. (Brousseau, 2011, p. 2)

Par la suite, Brousseau généralise la notion de situation didactique lorsqu'il la décrit comme :

[...] un système de conditions qui ne conduisent le sujet à l'adoption directe des comportements déterminés que par l'intervention du professeur, que l'élève en aperçoive ou non la nécessité [...] (Brousseau, 2011, p. 2)

Les indications des rôles des acteurs nous ramènent au modèle triangulaire et nous permettent ainsi de placer la situation didactique au centre du triangle pédagogique de Houssaye (1992) présenté à la figure 4.

Dans ce travail, il sera question d'une activité ayant comme but l'apprentissage de la structuration mélodique et qui consistera à construire un contour mélodique. Cette activité sera réalisée à l'aide d'un dispositif numérique autour duquel évolueront les acteurs de la situation didactique.

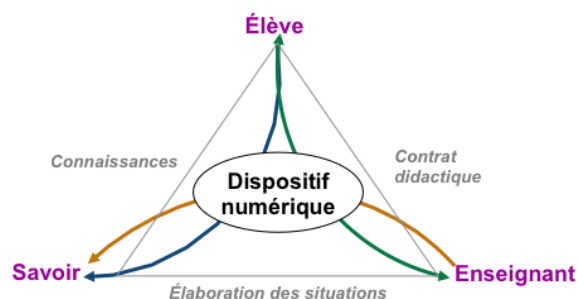


Figure 4. La situation didactique visée

Le système d'interrelations, sur la figure 4, montre le logiciel comme un support pour la situation didactique ; les flèches indiquent que les interactions entre les acteurs sont médiatisées par ce dispositif numérique.

En travaillant sur le logiciel, l'élève réalise une tâche sous la direction de l'enseignant. Ce dernier établit des contraintes issues du savoir qu'il souhaite traiter. Le logiciel devient alors la « scène », le milieu didactique (Brousseau, 1988, 2000, p. 5).

Quelle information, quelle sanction pertinente doit le sujet recevoir de la part du milieu pour orienter ses choix et investir telle connaissance plutôt que telle autre ? (Brousseau, 2000, p. 5)

En reprenant le cadre d'une activité avec des contraintes posées par l'enseignant, autant l'élève que l'enseignant sont considérés par rapport à leurs relations respectives au savoir. Un contrat didactique (Brousseau, 1988) s'établit entre l'enseignant et l'élève pour réguler leur relation.

Selon ce contrat, l'élève espère pouvoir conclure une tâche à partir des propositions de l'enseignant. De son côté, l'enseignant attendra de l'élève qu'il s'engage dans l'activité et que ses questions et doutes soient exprimés au fur et à mesure qu'ils apparaissent. Dans ces conditions, l'enseignant fera valoir sa maîtrise du savoir et des fonctions du logiciel, pour orienter le travail de son élève, le but étant que l'élève puisse (re-)construire le savoir en question à partir de la manipulation des segments et de l'objet mélodique qui en résultera.

Tandis qu'on attend de l'élève qu'il s'implique dans la construction d'un savoir donné, de l'enseignant on attend qu'il maîtrise le savoir en question pour être en mesure de proposer des situations didactiques adéquates, à la fois aux possibilités de son élève et à la nature du savoir en question.

La création dans l'apprentissage de la musique

Depuis la fin du siècle dernier la pédagogie musicale met l'accent sur l'activité des apprenants autour du jeu d'instrument (performance), de l'appréciation et de la création musicales, considérés comme des activités structurantes pour l'apprentissage de la musique (Delalande, 1989, p. 14, 35-45 ; Giglio, Joliat et Schertenleib, 2009, 121-122 ; Guilloret, 2010, p. 159-160 ; Paynter, 1978, p. 33-39 ; Swanwick, 1979), une approche que Bouchard-Valentine désigne comme pédagogie de l'éveil (Bouchard-Valentine, 2007, p. 243). Selon Swanwick (1979, p. 42-47), la création est une des activités essentielles dans l'apprentissage musical, car elle place l'élève dans un état privilégié d'écoute du matériel sonore, qu'il qualifie d'écoute engagée (Swanwick, 1979, p. 51), et qui, pour cette raison, est structurante sur le plan des capacités auditives musicales. Il préconise notamment que la création et l'appréciation musicale soient des activités présentes dès les premiers stades de l'apprentissage :

[...] the activities of composing and audience-listening gave them [to pupils] opportunities to engage more richly with more layers of musical discourse.⁷ (Swanwick, 1999, p. 87)

De notre point de vue, cette pédagogie de l'éveil (Bouchard-Valentine, 2007, p. 20, 22, 245, 277) qui considère la création comme activité éducative, révèle une certaine proximité avec les postulats du mouvement pédagogique *Art Education* dont les origines remontent au début du XX^e siècle, mais qui connaîtra un essor important dans les années 1960 (Gardner, 1990, p. 36). Gardner, l'un des théoriciens de l'*Art Education*, considère que l'expérience artistique peut être vécue par l'enfant en dépit du niveau de sa maîtrise technique au moment de l'expérience (Gardner, 1990, p. 33). La pédagogie musicale de l'éveil présente des propositions assez proches de l'*Art Education*, dans la mesure où la création y est vue comme l'un des modes d'appropriation de l'art musical et donc comme partie intégrante de la stratégie globale de l'enseignement-apprentissage de la musique.

Le progrès des recherches en matière d'influence de la création musicale dans le processus d'apprentissage de la musique fait que :

[...] des activités pédagogiques suscitant la créativité de l'élève sont recommandées soit en tant que représentation, expression et expérimentation selon le programme de la Suisse romande, soit comme organisation, utilisation et cognition au travers d'idées musicales ainsi que comme moyen d'apprentissage selon le programme québécois, soit enfin comme réutilisation du savoir-faire musical selon le programme d'étude français. (Giglio, 2007, p. 196)

Par rapport à cette comparaison établie par Giglio, ce travail se range plutôt du côté du programme québécois, car dans l'approche que nous avons adoptée, l'activité créative est

7 « Les activités de composition et d'écoute-appréciation musicale leur fournissent la possibilité d'appréhender plus efficacement les diverses strates du discours musical ».

un moyen d'exposer l'apprenant aux segments mélodiques. Nous espérons ainsi que cette exposition puisse contribuer à l'affinage de sa perception de la structure mélodique, dans un cheminement orienté vers la discrimination des notes.

LES QUESTIONS DE RECHERCHE ET LES HYPOTHÈSES

Notre démarche inclut l'intégration, dans des classes de formation musicale, d'un dispositif numérique qui vise à fournir un support pour la formation auditive. Nous émettons l'hypothèse que l'intégration de ce dispositif sera d'autant plus réussie que le dispositif répondra à une demande réelle, bien qu'encore latente, du groupe enseignant/élèves. Pour opérationnaliser cette investigation nous proposons un dispositif en forme d'environnement informatisé pour la création/construction d'objets mélodiques, ayant comme hypothèse de travail qu'une telle activité viabilise la reconnaissance des segments mélodiques et représente une étape facilitatrice vers l'identification des notes.

En effet, l'apprenant devra manipuler des segments, en vue de la construction d'un objet mélodique, en accompagnant cette manipulation d'une écoute engagée des segments. Ainsi, ce travail est en phase avec l'approche pédagogique qui place la création comme une activité centrale de l'apprentissage (Burnard, 2017 ; Delalande, 1989 ; Giglio, 2007 ; Leroy, 2010 ; Swanwick, 1999).

Ceci étant, notre question de recherche, dans le cadre de la formation auditive, est la suivante : comment concevoir un logiciel de support à la perception mélodique en s'appuyant, d'une part, sur les concepts de transposition didactique de Chevallard, ainsi que de situation, de contrat et de milieu didactiques de Brousseau, et d'autre part, sur ceux issus de la pédagogie musicale centrée sur la créativité ?

Face à cette question de recherche, nous émettons l'hypothèse que la pédagogie ainsi que la didactique, en articulant la transposition, la situation et le milieu didactiques, peuvent être prises comme cadres de références pour la conception d'un logiciel visant à fournir un support pour la formation auditive. Cela implique un parcours réflexif passant par trois domaines disciplinaires : la pédagogie de la musique, la didactique de la musique et l'ingénierie logicielle. Une fois le logiciel développé, en tant que support pour la formation auditive, nous avons posé trois questions opérationnelles, chacune concernant l'un de ces trois domaines disciplinaires.

Concernant la dimension pédagogique, du point de vue de la création comme activité formative, est-ce que le dispositif fournit les outils nécessaires pour la construction de mélodies ?

En ce qui a trait à la didactique de la musique, la transposition didactique du contour mélodique, en tant que savoir savant, transformé en savoir à apprendre à travers les segments mélodiques, représentés par les lignes brisées, est-elle bien comprise par les élèves ? Cette question trouvera réponse en regroupant et en analysant les résultats des dictées de contours ainsi que la construction mélodique réalisée (ces exercices seront décrits dans la prochaine section).

Enfin, en ce qui concerne l'ingénierie logicielle, est-ce que le design et les fonctionnalités du logiciel favorisent et facilitent l'action des élèves dans une situation didactique ?

MÉTHODE

Nous proposons tout d'abord de distinguer deux dimensions concernant la méthode. La dimension de nature didactique où il est question d'une activité créative visant l'apprentissage ou, dans le cas présent, le développement de la notion de contour mélodique ; et la dimension à caractère computationnel, concernant le logiciel, sa conception et son développement. Cette deuxième dimension découle de la première dans le sens où ce sont les aspects concernant l'apprentissage qui ont fourni les bases pour le développement computationnel ; cette question sera traitée en détail dans la section suivante.

Concernant l'expérimentation, le logiciel vise à développer chez l'utilisateur la capacité à identifier correctement les changements de direction du mouvement mélodique. Une erreur assez fréquente, selon l'expérience de l'enseignante qui a accueilli cette activité expérimentale ainsi que celle de l'un des auteurs de cet article⁸, est l'inversion de la direction du mouvement mélodique lors de mouvements de courte durée, inversion qui peut notamment avoir des répercussions sur le reste de la dictée. En somme, l'élève entend un mouvement mélodique vers le haut et il le représente comme étant vers le bas. Par ailleurs, nous avons pris en considération les paramètres habituels des dictées traditionnelles, soit les erreurs de notes ainsi que de durées.

Cela étant, nous avons émis trois hypothèses de travail : 1) l'efficacité du dispositif numérique en tant que support à la formation auditive tend à se manifester à travers l'amélioration de la capacité de discrimination des mouvements mélodiques, après l'activité de création de contours mélodiques ; 2) cette même activité améliore la capacité de représentation des mouvements avec la typologie proposée ; et 3) le support numérique centré sur l'activité créatrice et conçu sur les concepts de transposition et de situation didactiques s'intègre sans difficulté dans la routine des cours.

⁸ Il s'agit de Laure Pommery, enseignante de solfège et de Marcos Aristides, musicien et enseignant de guitare et d'initiation musicale.

Par ailleurs, la construction des contours, grâce à l'agencement de segments mélodiques, implique l'obtention de segments mélodiques dont la mise en séquence relève des mécanismes computationnels décrits plus bas.
















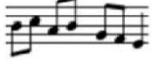
Pour l'obtention de segments mélodiques nous avons eu recours à une approche analytique par segmentation de mélodie, inspirée de la méthode pragmatique (Ruwet, 1972, p. 154, 190). En partant de la représentation écrite du matériel mélodique, nous avons tracé une ligne évoluant selon les différentes hauteurs. Cette ligne a été ensuite découpée en segments, afin d'obtenir des éléments plus longs qu'une seule note, chargés du sens de la mélodie de base.



Figure 5. Segmentation pour le logiciel, résultant en une figure de type ligne brisée

À la fin de ce procédé, nous proposons une représentation des segments obtenus, sous la forme d'une ligne brisée évoquant le contour mélodique du segment. Ce procédé de segmentation a été appliqué à plusieurs mélodies simples (sans modulations, ni chromatismes), résultant en une série d'objets à partir desquels nous avons établi la typologie présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Typologie des segments mélodiques

Type	Symbole	Notation sur portée
I _h		
I _b		
A		
V		
N		
Z		
W		
M		

Pour dresser cette typologie nous avons pris en compte le nombre de points d'inflexion du segment : un point d'inflexion du mouvement ascendant vers le descendant désigne un segment de type « A » ; un point d'inflexion du mouvement descendant vers le mouvement ascendant désigne un segment du type « V », et ainsi de suite.

En ce qui concerne le logiciel, il est surtout question de fournir à l'utilisateur des outils d'interactivité pour lui permettre de construire des objets mélodiques, en combinant l'écoute engagée des segments et le choix de la mise en séquence de ces derniers. Il s'agit donc d'un dispositif numérique développé sur la base des dimensions évoquées dans notre cadre théorique, à savoir un milieu didactique abritant des situations didactiques.

Une fois le prototype devenu opérationnel, nous avons procédé à de brefs tests pilotes pour vérifier l'adéquation de l'interface à l'utilisateur potentiel. Une expérimentation a été proposée visant à obtenir des indications sur l'efficacité du logiciel en ce qui concerne l'amélioration des capacités de discrimination des changements de directions mélodiques et la discrimination de notes. Cette expérimentation a suivi un protocole quasi expérimental

consistant en un pré-test, suivi de l'activité avec le logiciel, et d'un post-test. Enfin, nous avons demandé aux élèves, participants de l'expérience, de répondre à un questionnaire pour connaître leur sentiment de satisfaction et leur facilité ou difficulté à utiliser le logiciel.

CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT

La conception du logiciel

Nous avons voulu développer un logiciel avec lequel l'utilisateur puisse réaliser une activité créatrice d'appui⁹ aux exercices de dictée mélodique et nous l'avons nommé LOCREAM, un acronyme qui signifie LOGiciel pour la CRÉAtion de Mélodies tonales (Aristides, 2015, p. 94-108). Son objectif principal est de fournir aux apprenants l'occasion de manipuler des objets mélodiques tonals, développant ainsi leur perception des caractéristiques de ce système musical via la création d'une mélodie tonale à partir de la mise en séquence de segments mélodiques. Ces segments mélodiques ont été fabriqués préalablement par nos soins et, de ce fait, nous considérons qu'il s'agit d'un exercice de construction d'une structure à partir de briques, soit, une forme particulière de création.

Pour opérationnaliser l'activité nous nous sommes inspirés de la notion de situation problème qui, selon Douady (1986, p. 19), doit présenter les caractéristiques¹⁰ suivantes :

- avoir un sens pour l'élève ;
- lui fournir des indices pour mener à bien la tâche proposée ;
- être pertinente par rapport à l'objectif ;
- être riche ;
- être ouverte ;
- pouvoir se formuler dans au moins deux cadres.

9 Nous insistons sur le terme « appui », pour bien marquer le fait que le logiciel n'est pas conçu pour « automatiser » la formation auditive ; ceci relève du rôle de l'enseignant qui devra expliquer et indiquer les bonnes méthodes pour apprendre la technique de lecture/écriture de partitions.

10 Douady (1986) fait référence à l'enseignement-apprentissage des mathématiques où les cadres possibles seraient issus de la géométrie, des arithmétiques, etc. En ce qui nous concerne, il s'agira de l'utilisation de différents types de fragments mélodiques au lieu d'entités mathématiques, mais les caractéristiques de la situation problème que Douady présente se sont avérées applicables à notre proposition.

En outre, nous avons adopté les principes des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) (Lando, 2006, p. 3-4 ; Tchounikine, 2009, p. 30-31) pour établir un plan de développement en quatre dimensions :

- l'identification d'une approche pédagogique qui préside à l'activité ;
- la définition du savoir traité par le dispositif ;
- les interactions dans le dispositif du point de vue de la didactique ;
- la conception de l'environnement selon une ingénierie logicielle¹¹.

Concernant l'approche pédagogique, comme nous l'avons vu précédemment, il s'agit d'apprendre en créant. Les segments mélodiques « préfabriqués » fonctionnent comme des éléments modulaires de l'activité de création dans le but de garantir les rapports de tonalités entre les notes. Ce qui signifie que l'utilisateur peut ne pas avoir de connaissances préalables sur ces rapports de tonalité pour construire une mélodie tonale.

Une des caractéristiques du contour mélodique des musiques ayant les notes comme élément sonore de base est l'aspect ondulatoire des mouvements — séquences de notes ascendantes suivies de mouvements descendants et vice-versa (voir figures 2 et 3). La représentation de contours mélodiques utilisée par Schoenberg (voir figure 3) illustre le fait que pour lui la mélodie se définit par sa « chantabilité » (*singableness*) en expliquant que :

Singableness [...] implies relatively long notes ; smooth linkage of the registers ; movements in waves, more stepwise than by leaps ; avoidance of augmented and diminished intervals, adherence to the tonality and its most closely related regions ; employment of the natural intervals of a key ; gradual modulation ; and a cautious use of the dissonance. (Schoenberg, 1970, p. 98)

Le savoir à apprendre, objectif didactique de l'activité, sera le contour formé par les différentes hauteurs des notes et la manipulation de segments de contour, pris comme des éléments structurants d'un objet mélodique. Les interactions devront favoriser les dynamiques propres de situations didactiques, permettant à l'élève d'ajuster sa stratégie pour atteindre les objectifs proposés par l'enseignant ou, dans une situation d'auto-apprentissage, un objectif que lui/elle-même s'est fixé. Enfin, les principales actions de l'utilisateur sur l'interface du logiciel peuvent se décrire comme suit : un certain nombre de segments mélodiques sont proposés, indiqués par des objets d'interface, chargés avec la sonorité du segment. En cliquant sur chacun des segments mélodiques, l'utilisateur pourra les entendre et en choisir un pour sa construction. Il répétera ces gestes jusqu'à conclure l'objet final de sa création.

11 Définition du langage de programmation, identification des types de données brutes et des extraits.

Ces quatre dimensions constituent donc le socle du développement de LOCREAM. Avec ce logiciel, l'élève/utilisateur aura à sa disposition des éléments conceptuels, sonores et fonctionnels pour construire sa notion de sens mélodique. Cela se fera au fur et à mesure des interactions de l'utilisateur avec les segments mélodiques, et en mettant à contribution ses savoirs préalablement acquis, tels que les chansons faisant partie de son répertoire personnel et les notions d'intervalle et de durée de notes acquises dans sa formation musicale. Nous considérons que cet ensemble de conditions permet de considérer LOCREAM comme milieu didactique (Brousseau, 1986, 1988).

Développement technique de LOCREAM

Nous avons donc conçu et développé LOCREAM (Aristides, 2015) comme un support pour l'enseignement-apprentissage du solfège. L'architecture du logiciel est formée de deux couches. La couche non visible par l'utilisateur concerne le traitement computationnel des manipulations ; elle reçoit les commandes provenant de l'interface et les opérationnalise afin de produire les résultats sonores. Cette couche a été réalisée dans l'environnement Max/MSP¹².

Une des contraintes pour la conception de LOCREAM venait du fait qu'il devait fonctionner de manière analogue à un instrument de musique : l'utilisateur reçoit une réponse sonore à chaque action sur les objets interactifs de l'interface. Toutes les opérations concernant les choix, les mises en séquence et l'écoute ont fait l'objet de *patches* (algorithmes en langage MAX) qui gèrent toutes ces opérations. Les fragments mélodiques sont au format MIDI en raison de la facilité avec laquelle une partition au format numérique peut être convertie dans ce langage et jouée et, à l'inverse, un fichier MIDI peut être converti en partition traditionnelle. Par ailleurs, nous avons également envisagé qu'ultérieurement, les objets mélodiques construits par les élèves en format MIDI puissent être sauvegardés sous forme de partitions.

Le projet d'interface a été transposé en animation graphique à l'aide du logiciel multimédia Flash¹³, et un dispositif appelé *socket* a permis d'assurer le flux de messages entre Flash et Max/MSP. Cette deuxième couche est l'interface utilisateur contenant les objets d'interaction. Elle met à disposition des segments mélodiques comportant de 4 à 8 notes, représentés sous forme de lignes brisées (voir le tableau 1 : Typologie). Les fonctionnalités de l'interface permettent de combiner librement les segments.

12 Développé par David Zicarrelli et Miller Puckette, Max/MSP (<https://cycling74.com/>) est un environnement de programmation destiné à gérer différents objets sonores ou autres. Dans notre cas MAX offre la possibilité de programmer des interactions entre diverses fonctionnalités musicales : notes, rythmes et séquences mélodiques de différentes longueurs.

13 Adobe Systems: <http://www.adobe.com/products/flash/>

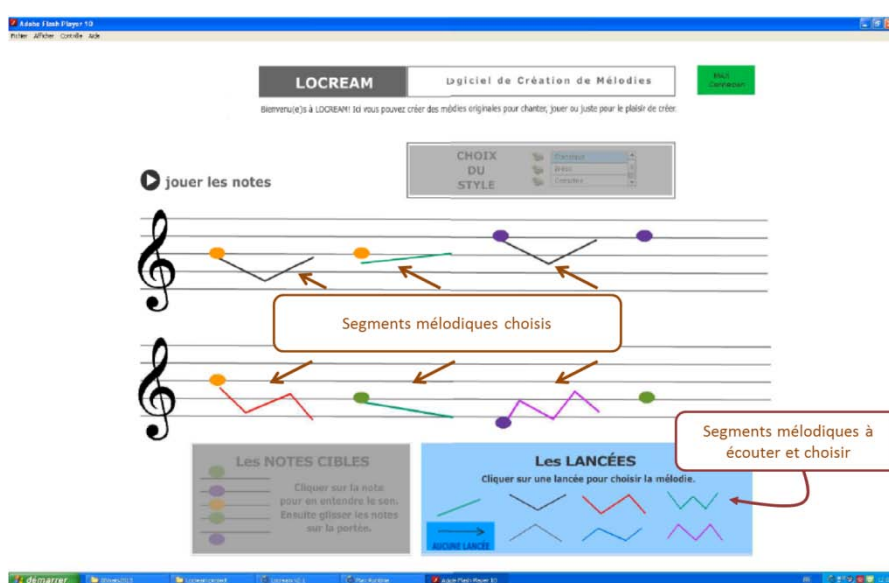


Figure 6. Éléments de l'interface LOCREAM

La figure 6 montre l'interface du logiciel avec tous ses éléments. Dans l'encadré « Les LANCÉES », l'utilisateur trouve une collection de lignes brisées qui représentent les segments mélodiques. À partir de la combinaison séquentielle de ces segments l'utilisateur construit un objet mélodique.

L'approche par segmentation : son intérêt et ses limites

Ce procédé a l'avantage de permettre la réduction du contour mélodique aux formules élémentaires présentées plus haut ; cependant il comporte des limites. Une des limitations est que cette typologie ne rend pas compte des éléments comme les thèmes et leurs transformations.

Description du dispositif LOCREAM

La construction d'un objet mélodique dans LOCREAM se fait par étapes successives (il n'est pas possible de changer l'ordre des étapes) dont les captures d'écrans ci-dessous fournissent un aperçu. Le prototype propose un exercice dans la tonalité de *sol* majeur, les « notes pivots » du contour mélodique étant une des notes¹⁴ de l'accord de *sol* majeur (*sol* étant la tonique).

¹⁴ Cette approche vise à garantir la sensation d'appui tonal. L'approfondissement de nos réflexions devra permettre qu'à l'avenir toutes les notes de la gamme puissent être utilisées comme notes pivots.

L'écran initial (figure 7) montre les deux sections superposées d'une seule portée, vide, en clé de sol. Il est indiqué à l'élève de choisir un des styles¹⁵. L'idée initiale est d'avoir une collection de fragments caractéristiques pour chaque style de musique. Ainsi, l'utilisateur ayant choisi le style « Brésil » n'aura accès qu'aux fragments présentant des segments dont les caractéristiques mélodico-rythmiques sont typiques de ce style.



Figure 7. Écran de l'étape A de LOCREAM

L'élève est invité à disposer les notes « pivots » de sa mélodie, formant des jalons. Nous les avons appelées les *cibles* pour désigner leur rôle de note d'arrivée¹⁶ d'un segment mélodique (voir figure 7). L'élève peut écouter chaque note en cliquant dessus, et le choix doit se faire après qu'il a écouté la note qu'il envisage de poser. En outre, un bouton, à gauche sur la portée supérieure, libellé « jouer les notes » permet d'écouter la séquence des notes placées sur la portée avant d'entamer le prochain choix.

15 En l'état il n'y a qu'un seul style que nous avons appelé « Classique » ; les contraintes de temps ne nous ont pas permis de développer les autres.

16 Actuellement, un intervalle indéterminé sépare la note d'arrivée et le début du segment suivant. Il s'agit d'un aspect du prototype pour lequel nous n'avons pas encore pu proposer de solution.



Figure 8. Écran de l'étape B de LOCREAM

Une fois les cibles posées, l'élève indiquera les *lancées*. Ce terme, pour le logiciel LOCREAM, désigne les segments mélodiques dont la juxtaposition formera le contour mélodique. Le choix de la lancée ne peut se faire que si l'élève l'a antérieurement écoutée. Une forme de lancée donne deux choix possibles de segment mélodique (voir figure 9) ; une fois que l'élève a écouté les deux possibilités, il clique sur « OK » pour choisir l'une des deux, ou alors sur « changer » pour choisir l'autre.



Figure 9. Écran de l'étape C de LOCREAM¹⁷

Il n'y a pas de lancée entre la première et la deuxième ligne, et la dernière note est imposée. Il s'agit en l'occurrence de la tonique de la gamme de *sol* majeur, notre prototype n'offrant, pour le moment, que cette tonalité (voir figure 9). Après avoir posé toutes les

¹⁷ La première lancée (ligne verte) désigne tant le type « I_h » (ascendant) que le type « I_b » (descendant).

lancées, l'élève pourra écouter sa réalisation et changer les lancées qu'elle/il souhaite, ou alors accepter sa réalisation en la sauvegardant à l'aide du bouton « garder ».

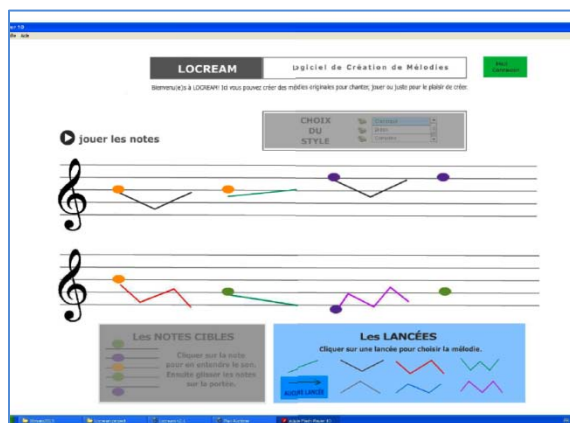


Figure 10. Écran de l'étape D (finale) de LOCREAM

Ainsi nous avons veillé à ce que le logiciel accueille les trois pôles du triangle didactique : l'élève, le savoir et l'enseignant. L'interaction principale se situe entre l'élève et le savoir, représenté par le contour mélodique comme résultat des actions de l'élève sur les segments mélodiques. L'interaction enseignant/savoir se caractérise par la maîtrise de l'enseignant sur le savoir en question, ainsi que sur les fonctionnalités qui permettront l'accomplissement de la tâche par l'élève. Dans ce scénario, l'élève est invité par l'enseignant à s'engager dans une « activité réelle » d'apprentissage, pour reprendre la notion de Mialaret pour qui l'activité réelle est « imposée de l'extérieur soit par les conditions du milieu, soit par les circonstances, soit par l'adulte organisateur de la situation d'éducation » (Mialaret, 1991, p. 230). Par exemple, dans le but de les sensibiliser au fait que les mélodies présentent souvent des mouvements récurrents, l'enseignant propose à ses élèves de construire une mélodie avec LOCREAM, en utilisant au moins 4 fois la figure « V » avec le même motif. Il a donc « organisé » une situation : les élèves sont placés devant le logiciel avec une consigne et un problème de style ouvert, où toutes les solutions répondant à la consigne sont acceptables et où les élèves se mettent en activité pour trouver la leur.

ÉVALUATIONS

Le test pilote

Avec un protocole restreint à une brève explication sur le fonctionnement du logiciel, nous avons invité trois enfants, un garçon et deux filles, déjà initiés au solfège, âgés de 9 à 11 ans, à utiliser le logiciel. Tous connaissaient les bases des manipulations informatiques consistant à cliquer, attraper, glisser et déposer un objet de l'interface et à sauvegarder un fichier. Ces enfants n'ont pas participé à l'expérimentation. Tous les trois ayant bien réussi les étapes de la construction de l'objet mélodique avec LOCREAM, nous étions en mesure de soumettre le logiciel à d'autres enfants avec le même profil.

L'expérimentation

L'expérience consistait à introduire dans la classe de solfège une activité sur LOCREAM pour vérifier les hypothèses formulées précédemment.

Nous avons adopté la méthode de pré-test / post-test dans un cadre quasi expérimental, en comptant sur la participation de 15 élèves de deux classes de 3^e année de solfège de l'École de Pers-Jussy, en France. En outre, les participants ont répondu à un questionnaire structuré visant à connaître leurs impressions concernant LOCREAM, notamment du point de vue de l'utilisabilité, de la facilité à apprendre, de la pertinence des fonctionnalités et du sentiment de satisfaction procuré par l'objet réalisé. Ces ressentis ont été recueillis selon la méthode USE¹⁸.

Les dictées mélodiques et les dictées de contours

Ci-dessous, le calendrier de passations (voir tableau 2) fournit l'ordre des tests. On notera que les groupes A et B correspondent aux deux classes ayant participé à cette expérimentation. En outre, pour chaque groupe un intervalle de deux semaines sépare les activités.

18 Lund, A., « Measuring usability with the USE questionnaire », STC Usability SIG Newsletter, vol. 8 (2), 2001.

Tableau 2. Calendrier de passations

Journée 1 – le 25 mars à 17h (groupe A) le 30 mars à 11h (groupe B)		
Activité	Déroulement	Temps prévu
1. Dictée mélodique 1	1 (une) dictée collective exécutée par l'ordinateur. Tonalité Sol majeur. 4/4. 8 mesures	20 min
2. Dictée de courbes 1	1 (une) dictée collective exécutée par l'ordinateur. Tonalité Sol majeurs ; 4/4. 4 mesures	20 min

Journée 2 – le 08 avril à 17h (groupe A) le 13 avril à 11h (groupe B)		
Activité	Déroulement	Temps prévu
1. Prise en main de LOCREAM Par groupes de cinq élèves	Manipulation libre du logiciel avec l'aide d'un moniteur de test. Chaque moniteur assiste 2 élèves	10 min
2. Composition avec LOCREAM.	Composer une mélodie avec LOCREAM avec surveillance mais sans aide du moniteur pour la réalisation des tâches	15 min
3. Identification de sa réalisation	A l'écoute de deux mélodies réalisées dans LOCREAM, l'élève doit identifier laquelle de deux est la sienne	5 min
4. Questionnaire de usabilité	Questionnaire de 12 questions portant sur les aspects d'usabilité du LOCREAM	15 min

Journée 3 – le 15 avril à 17h (groupe A) le 20 avril à 11h (groupe B)		
Activité	Déroulement	Temps prévu
1. Dictée mélodique 2	1 (une) dictée collective exécutée par l'ordinateur. Tonalité Sol majeur. 4/4. 8 mesures	20 min
2. Dictée de courbes 2	1 (une) dictée collective exécutée par l'ordinateur. Tonalité Sol majeurs ; 4/4. 4 mesures	20 min

Nous avons composé les mélodies pour les deux dictées en essayant de garder les mêmes degrés de difficultés. Toutefois, les deux mélodies 1A et 2A (voir figures 11 et 13) présentent une mesure (la septième) dont le degré de difficulté concernant les intervalles est légèrement plus élevé, ce qui peut constituer un indicateur supplémentaire, relativement aux capacités auditives de l'élève. Concernant les deux dictées de contours mélodiques 1B et 2B (voir figures 12 et 14), les élèves devaient identifier le contour en lignes brisées de chaque mesure. Il s'agit de courbes simples : mouvements directs vers le haut alternés avec des mouvements directs vers le bas. À la sixième mesure des dictées de contours, on trouve le seul mouvement complexe : alternance de l'intervalle de tierce ascendante et de seconde descendante (en « zigzag »). Comme pour la dictée de notes sur portée, ce mouvement complexe à la sixième mesure vise à fournir un indice supplémentaire sur la capacité de l'élève à percevoir la direction du mouvement mélodique.



Figure 11. Dictée 1A Pré-test notation traditionnelle



Figure 12. Dictée 1B Pré-test contours (1 contour par mesure)



Figure 13. Dictée 2A Post-test notation traditionnelle



Figure 14. Dictée 2B Post-test contours (1 contour par mesure)

Les critères de correction des dictées

Le pré-test consistait à vérifier les aptitudes des participants à représenter une dictée mélodique sous deux formes : 1) de notes et de valeurs rythmiques (notation musicale traditionnelle) ; et 2) de lignes brisées, ascendantes et descendantes (utilisant la typologie présentée précédemment). Le post-test consistait en la réalisation des mêmes types d'exercice que le pré-test (avec d'autres mélodies) pour mesurer l'influence sur les élèves de l'exercice avec LOCREAM¹⁹.

Nous avons contacté deux experts, enseignants de solfège, pour connaître les types de difficultés les plus fréquemment rencontrés par les élèves lors de dictées mélodiques. De cette consultation nous avons retenu l'identification correcte d'une note, ainsi qu'une erreur de direction du mouvement mélodique, comme critères de correction pour la dictée avec notation traditionnelle. À cela s'ajoutaient des points attribués pour la mesure complexe.

¹⁹ Ce protocole est décrit en détail dans Aristides (2015, p. 129-132).

Tableau 3. Mesures de l'expérimentation

Aspects observés pendant l'expérimentation	
NOTES (dictée mélodique)	Identification de notes
	Identification de mouvements asc/desc
	Mesure particulièrement complexe
CONTOURS (dictée de contours)	Identifications des contours (typologie)
	Erreurs d'inflexion
	Contour particulièrement complexe
Engagement Auditif	
Le participant a dû identifier sa propre composition en aveugle.	
Facilité d'utilisation du logiciel	
Questionnaire structuré	

NOTES et CONTOURS. Les aspects concernant les mouvements de notes ont été mesurés à partir des dictées mélodiques traditionnelles, tandis que ceux concernant les contours consistaient à identifier et représenter la forme d'un segment mélodique entendu, et ceci, au moyen de la typologie des contours présentée dans le tableau 1.

Ces tests cherchaient également à évaluer l'adéquation de l'interface du logiciel par rapport aux tâches proposées, ce que nous avons fait au moyen d'un questionnaire structuré qui a été proposé à la fin de l'expérimentation de chaque groupe.

Résultats

Pour répondre aux questions de recherche, nous avons considéré l'expérience avec LOCREAM des points de vue suivants :

- L'influence de l'exercice proposé pour l'amélioration de la capacité à distinguer les changements de direction du mouvement mélodique (vers le haut, vers le bas) et la représentation graphique de ces contours.
- L'influence de l'exercice sur la perception des notes d'une dictée mélodique traditionnelle.
- L'utilisabilité du dispositif du point de vue de l'élève, vérifiant notamment si LOCREAM fournit les fonctionnalités nécessaires pour la construction de mélodies et si celles-ci sont adéquates aux capacités cognitives des élèves.

Concernant les résultats des deux types de dictée (de notes et de contours), nous avons fait deux types d'analyse : la première concerne les résultats de l'ensemble du groupe (intragroupe) ; et la seconde analyse concerne les résultats lorsqu'on sépare l'ensemble en un groupe fort et un groupe faible (intergroupe). Le groupe « faible » est formé par l'ensemble des élèves ayant une moyenne inférieure à la moyenne générale du pré-, puis du post-test ; les autres ont constitué le groupe « fort » sur la base des résultats indiqués dans le tableau 4.

Tableau 4. Score des tests

Sujet	Groupe Id	Notes	Mesure complexe notes	Erreurs direction notes	Contour	Inversion d'Inflexions	Contour complexe	
Al	A	2	0	5	2	1	0	Pré-test
Cal	A	11	6	2	7	99	3	
El	A	7	0	4	2	0	3	
Ott	A	3	3	4	7	99	3	
As	A	6	3	3	7	99	3	
Jul	A	1	0	15	4	0	0	
Mar	A	7	2	14	1	0	0	
Ma	A	5	1	5	4	0	0	
Me	A	5	1	9	4	0	0	
Bem	B	0	0	3	3	1	2	
Va	B	5	4	4	2	3	2	
Bri	B	7	4	4	4	0	2	
Au	B	7	1	6	1	2	2	
Le	B	0	0	4	1	5	1	
Lo	B	2	1	4	1	3	1	
Al	A	0	0	5	5	1	1	Post-test
Cal	A	6	0	3	7	99	3	
El	A	0	0	9	3	1	3	
Ott	A	2	3	0	7	99	3	
As	A	4	3	2	5	1	2	
Jul	A	3	0	6	2	1	0	
Mar	A	7	2	4	4	0	0	
Ma	A	2	1	4	1	1	1	
Me	A	3	1	9	1	1	3	
Bem	B	2	0	3	3	0	0	
Va	B	5	0	8	7	0	3	
Bri	B	4	0	5	4	0	0	
Au	B	5	3	2	4	2	1	
Le	B	7	4	5	4	2	1	
Lo	B	5	0	5	4	2	1	

Légende et critères particuliers pour l'attribution des points

1. Les vrais noms des participants ont été codés.
2. La plupart des chiffres correspondent au nombre de bonnes réponses, sauf pour les aspects « erreurs » et « inversion » dont les chiffres correspondent au nombre d'erreurs.
3. Le chiffre 99 sous l'aspect « Inversion d'inflexions » indique que l'élève n'a réussi l'identification d'aucune inflexion de la mesure complexe (mesure 6). Pour cet aspect en effet, nous avons noté 0 lorsqu'il n'y avait aucune erreur et 99 lorsque tout était faux.

Pour savoir si l'expérience avec LOCREAM améliore les performances dans les dictées de notes et celles de segments mélodiques, nous avons proposé les activités résumées plus haut dans le tableau 2. Dans l'analyse de l'ensemble des participants, les résultats concernant les notes (discrimination de notes, mouvements ascendants/descendants et la mesure complexe) ne nous permettent ni d'infirmer ni de confirmer l'hypothèse selon laquelle l'exercice avec LOCREAM améliore les capacités de discrimination des notes d'une mélodie. Par ailleurs, on observe des contre-performances dans quelques post-tests. En revanche, en ce qui concerne les résultats de la dictée de contours mélodiques, nous observons que la moyenne générale est plus haute au post-test.

Tableau 5. Moyenne générale des contours

	N	Moyenne	Écart type	Minimum	Maximum
Contours pré-test	15	3,333	2,2254	1,0	7,0
Contours post-test	15	4,067	1,9445	1,0	7,0

Cependant, en termes statistiques, il n'est possible ni d'infirmer ni de confirmer l'hypothèse selon laquelle l'exercice avec LOCREAM améliore la capacité d'identifier les contours, vu que l'écart entre les résultats n'est pas significatif.

Lorsqu'on analyse les performances en partageant le groupe entre faibles et forts, on observe que les moyennes du groupe faible se sont améliorées de manière significative tant sur le plan de la discrimination de notes que sur celui de l'identification des contours mélodiques, comme le montrent les tableaux 6 et 7.

Tableau 6. Moyenne de notes correctement identifiées (faibles/forts)

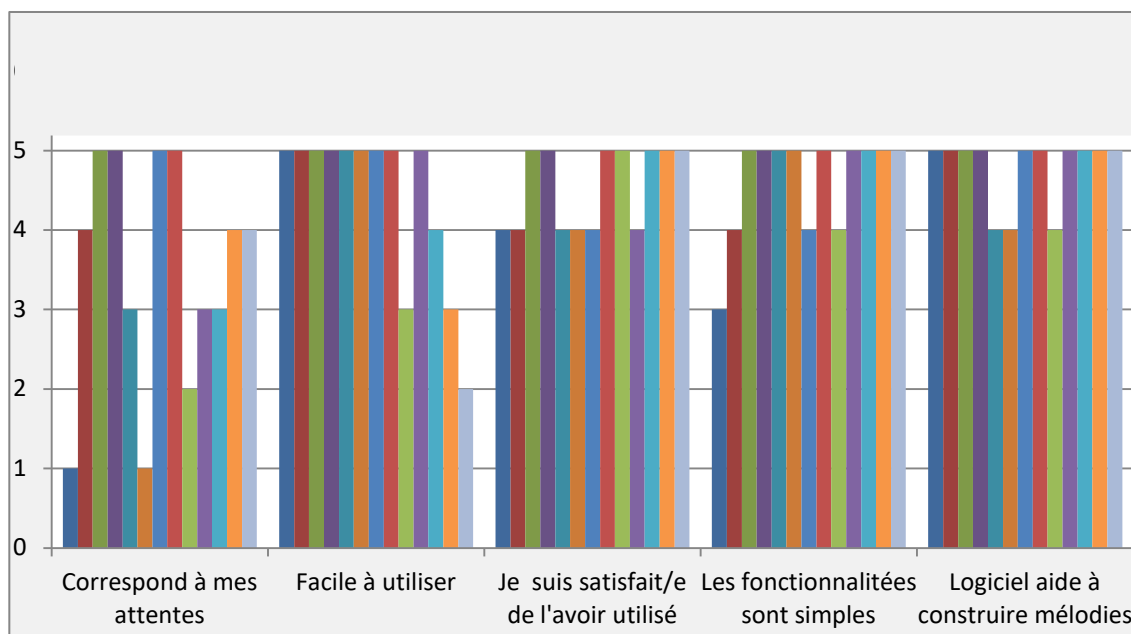
Regroupe le nombre de notes correctes par Faible et Fort		Moyenne	Erreur type	Part
Nombre de notes correctes du prétest	Groupe faible	1,333	1,211	6
	Groupe fort	7,222	2,048	9
Nombre de notes correctes du posttest	Groupe faible	3,167	2,483	6
	Groupe fort	3,889	2,260	9

Tableau 7. Moyenne de contours correctement identifiées (faibles/forts)

Regroupe résultat des contours corrects par Faible et Fort		Moyenne	Ecart type	Part
Nombre des contours corrects du prétest	Groupe faible	1,625	0,744	8
	Groupe fort	5,286	1,281	7
Nombre de notes correctes du posttest	Groupe faible	3,167	2,483	6
	Groupe fort	3,889	2,260	9

Quant à l'utilisabilité du dispositif du point de vue de l'élève, et à l'adéquation des contours mélodiques et de la typologie représentée par les lignes brisées en tant qu'objets d'apprentissage, nous considérons le fait que tous les élèves aient réalisé tous les exercices comme étant l'indicateur le plus fort. En outre, les perceptions des élèves ont fait l'objet d'un questionnaire visant les diverses dimensions au sujet desquelles ils ont exprimé leurs impressions et sentiments. Ce questionnaire a été structuré sur l'échelle de Likert à 6 niveaux entre 0 (zéro, pas du tout d'accord) et 5 (cinq, tout à fait d'accord). En ce qui concerne les fonctionnalités et les interactions des élèves avec LOCREAM, la question concernant les attentes a été posée par rapport aux explications que nous avons fournies au début de l'expérimentation, avant la première dictée. Cette question est celle qui présente le plus de variations. À part cette dimension, les réponses au questionnaire montrent que les impressions sont très majoritairement positives. Le tableau 8 indique les réponses²⁰ relatives aux dimensions liées à l'expérience des élèves avec LOCREAM.

Tableau 8. Appréciation de l'expérience par les élèves



²⁰ 13 des 15 élèves participants à l'expérience ont répondu au questionnaire, chaque barre correspondant à un participant.

DISCUSSION

Tout d'abord nous attirons l'attention sur le fait qu'il n'y a pas eu d'analyse individuelle de performance. Il s'agit d'un choix car nous avons estimé qu'une telle analyse aurait pu nous conduire à un grand nombre de particularisations, et par conséquent, d'interprétations des résultats menant à des impasses difficilement résolubles. Par ailleurs, les résultats obtenus par l'expérimentation en ce qui concerne l'ensemble des apprenants ne nous permettent pas d'affirmer que l'activité de construction de mélodies avec LOCREAM ait eu un effet sur leurs capacités de discrimination des notes d'une dictée. En dehors du fait que le nombre très réduit de participants ne permet pas d'en arriver à des conclusions statistiquement indiscutables concernant ces résultats, certains éléments difficiles à détecter ont pu constituer des facteurs ayant une influence sur ces résultats. Il pourrait s'agir, par exemple, de difficultés plus subtiles dans les dictées du post-test ou encore de particularités liées au mode d'apprentissage des participants, comme le besoin de réaliser l'activité plusieurs fois pour que les connaissances construites puissent avoir une incidence sur leurs capacités auditives.

Cependant, il faut relever que l'analyse des résultats concernant les moyennes faibles et fortes a révélé une tendance à la hausse de ceux du groupe faible. Cela ouvre la voie à plusieurs interprétations, dont notamment la possibilité que certaines difficultés liées à la discrimination des éléments discrets d'une mélodie que constituent les notes, puissent être surmontées par des étapes intermédiaires, en passant notamment par la discrimination des segments.

Pour conclure cette partie, il nous semble important de retenir ce qui a pu être observé tant à partir des résultats de l'ensemble des moyennes que de l'analyse intergroupe (faible/fort) ; cette démarche s'est avérée riche en enseignements et, pour cette raison, il serait souhaitable de la reprendre lors de futures expériences avec le dispositif LOCREAM.

Du point de vue de l'interface et de ses fonctionnalités (glisser/déposer les segments, choix des notes, etc.), la réalisation des exercices s'est déroulée sans entraves. Après 10 minutes de prise en main du logiciel, sur les 15 élèves participants à l'expérience, 13 ont réalisé la tâche, du début à la fin sans interruption, et deux élèves se sont tournés vers les encadrants pour poser des questions. Par respect du protocole, nous n'avons pas pu leur répondre, et ces élèves ont tout de même réussi à finir leurs tâches. Le déroulement fluide de l'expérience indique l'adéquation du logiciel aux possibilités cognitives des élèves. Par ailleurs, cette indication est également étayée par les réponses au questionnaire indiquant que le logiciel a été apprécié par les participants.

À noter, enfin, que le nombre réduit des participants à cette expérience ne nous permet pas d'en discuter les résultats dans une perspective statistique et, par conséquent, les résultats présentés ici ont un rôle de simples indicateurs.

CONCLUSION

Pour la première question de recherche, concernant la conception d'un logiciel de support à la formation auditive, cet article présente comme réponse la conception et le développement de LOCREAM, un logiciel destiné à devenir un support pour des exercices de perception de mélodies. L'apprentissage par la créativité a été adopté comme cadre pédagogique pour ce développement. À partir d'un objectif d'apprentissage bien défini, à savoir, le développement de la notion de contour mélodique, nous nous sommes tournés vers la didactique, adoptant comme fondement théorique trois concepts : la transposition didactique (Chevallard, 1991, p. 5), la situation didactique (Brousseau, 2011, p. 2) et le milieu didactique (Brousseau, 1988, 2000, p. 5). Ainsi, au fur et à mesure de la construction du logiciel, nous avons mis en relation ces concepts didactiques avec la création/construction d'un objet, nommément, le contour mélodique.

En ce qui concerne l'ingénierie des logiciels éducatifs, l'accent a été mis ici sur une interface logicielle dont le graphisme et les fonctionnalités devaient être compris le plus rapidement possible par l'utilisateur.

Pour observer l'intégration de LOCREAM dans un contexte réel d'éducation musicale, nous avons proposé à deux classes en formation musicale de l'École de Pers-Jussy, une activité pendant laquelle les élèves ont été invités à assembler de brefs segments de mélodies en vue de la création/construction d'un contour mélodique. Le but de l'activité était d'aider les élèves à prendre conscience du contour déterminé par les mouvements ascendants et descendants des notes, en réalisant un double exercice, soit la manipulation des segments, en vue de la construction d'une mélodie, et l'écoute engagée au moment de choisir ces segments mélodiques. Ceci nous amène aux questions concernant, d'une part, l'adéquation des segments mélodiques en tant que matériau sonore de base pour la création/construction des objets mélodiques ; et, d'autre part, la pertinence de leur représentation sous forme de lignes brisées. L'expérience menée montre que les participants ont pu construire leurs mélodies sans difficulté à partir des brèves indications fournies par les encadrants, montrant ainsi que le matériel proposé a été bien compris, et mettant en évidence l'adéquation tant des segments mélodiques, en tant que matériau sonore, que de leurs représentations en lignes brisées.

Du point de vue de la didactique de la musique, la question consistait à savoir si la transposition du contour mélodique, de savoir savant à savoir à apprendre, était bien réussie. Les résultats des performances des élèves, lors des dictées de segments mélodiques, révèlent de forts indices d'une amélioration de leur perception des contours.

Dans l'expérience présentée ici, l'élève interagit librement avec les segments mélodiques pour construire un contour, avec comme seule contrainte le fonctionnement de l'environnement. Pour des études à venir, nous envisageons de proposer une expérience où

le travail des élèves sera réalisé selon des consignes données par l'enseignant, l'idée étant que des enseignants puissent explorer les possibilités du logiciel et ainsi, proposer des exercices comportant certaines contraintes. On pourrait imaginer, par exemple, que la consigne soit d'utiliser au moins trois fois des segments du type « A » et qu'ensuite, l'enseignant puisse discuter avec chaque élève, afin de savoir comment et pourquoi il a utilisé cette figure à tel endroit plutôt qu'un autre, quel effet il recherchait, etc. Ceci nous permettrait d'abord de vérifier le potentiel de ce logiciel en tant que milieu didactique (Brousseau, 1988) pour l'apprentissage, tel que présenté dans ce travail, mais également comme milieu didactique agencé par l'enseignant en fonction de ses objectifs. Dans la mesure où ce type d'exercices serait réalisé en classe, il serait aussi envisageable d'observer la situation didactique (Brousseau, 2011) mettant en interaction directe élèves et enseignant via ce milieu que constitue LOCREAM, et de voir comment se mettent en place les « clauses » de ce contrat tacite entre les acteurs, que Brousseau appelle le contrat didactique (Brousseau, 1988 ; Brousseau, 1980).

Du point de vue de la prise en main, l'adoption sans entrave de LOCREAM par le groupe élèves/enseignant ainsi que les réponses au questionnaire d'utilisabilité tendent à confirmer notre hypothèse selon laquelle le dispositif numérique, pour être bien intégré dans la classe, doit répondre à une demande réelle, quoiqu'encore latente, du groupe enseignant/élèves. Ce qui confirme l'hypothèse de travail selon laquelle l'exercice de création/construction est un moyen d'appréhension du contour mélodique. En revanche, l'hypothèse découlant de celle-ci, qui envisage l'exercice de création/construction comme une étape facilitatrice vers l'identification des notes, n'a pas pu être vérifiée en raison de résultats non concluants.

En extrapolant les frontières de l'expérience présentée ici, les facteurs qui nous semblent centraux dans la conception et le développement d'un logiciel éducatif, en particulier pour l'éducation musicale, sont d'une part la nécessité d'ancrage conceptuel et l'établissement d'un objectif didactique (ou exploratoire) qui soit immédiatement compris ; et d'autre part, l'approche interdisciplinaire, en établissant un dialogue effectif entre, d'un côté, la pédagogie et la didactique de la musique, et de l'autre, l'ingénierie logicielle. Cependant, comme il s'agit de domaines disciplinaires vastes, l'efficacité du dialogue dépend aussi d'une délimitation de champs pour chacun d'eux. Dans ce sens, le présent travail montre un exemple de délimitation lorsque, dans la didactique, nous traitons de la transposition, du milieu et de la situation didactiques. L'approche pédagogique est liée à la créativité et pour le champ de l'interface interactive nous avons puisé nos idées dans les études en environnement informatisé d'apprentissage humain (EIAH).

Ce qui nous semble nouveau dans cette démarche est que LOCREAM vient proposer une activité pédagogique totalement conçue pour un environnement informatique, démontrant ainsi que la technologie numérique en éducation peut aller au-delà de la simple automatisation de tâches connues, pour se convertir en instrument innovateur du point de vue des processus éducatifs.

Enfin, avec cette expérience, nous avons proposé un ensemble de dimensions destinées tant à la conception qu'à l'évaluation de logiciels destinés à l'enseignement et à l'apprentissage de la musique.

Références bibliographiques

- Adams, C. R. (1976). Melodic contour typology. *Ethnomusicology*, 20 (2), 179.
doi:10.2307/851015
- Aristides, M. A. M. (2015). *Vers un dispositif numérique pour l'enseignement-apprentissage du solfège : convergence de la pédagogie et de la didactique de la musique avec la technologie numérique*. Thèse de doctorat. Université de Genève. Repéré à <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:74632>
- Assayag, G., McAdams, S., Ayari, M. et Lartillot, O. (2004). Segmentation et reconnaissance de patterns dans la musique. Dans *Actes des journées (SCO/0039) : Action Concertée Incitative (ACI) « Systèmes complexes en Sciences sociales »*.
- Bamberger, J. et Hernandez, A. (2000). *Developing musical intuitions: A project-based introduction to making and understanding music*. New York : Oxford University Press.
- Bouchard-Valentine, V. (2007). *L'éducation musicale scolaire contemporaine : vers un modèle axiologique*. Montréal : Université du Québec à Montréal. Repéré à <http://www.archipel.uqam.ca/4806/1/D1528.pdf>
- Bronckart, J.-P. et Plazaola Giger, I. (1998). La transposition didactique : histoire et perspectives d'une problématique fondatrice. *Pratiques*, 97-98, 35-58.
- Brousseau, G. (1980). L'échec et le contrat. *Recherches*, 41, 177-182.
- Brousseau, G. (1984). Le rôle central du contrat didactique dans l'analyse et la construction des situations d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques. Dans *Actes du colloque de la troisième Université d'été de didactique des mathématiques d'Olivet*. Adelaïde. Repéré à <http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2012/02/84-Le-r%C3%B4le-central-du-contrat.pdf>
- Brousseau, G. (1988). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9 (3), 309-336.
- Brousseau, G. (2000). Education et Didactique des mathématiques. *Educación matemática*, 12 (1), 5-39.
- Brousseau, G. (2011). La théorie des situations didactiques en mathématiques. *Education & Didactique*, 5 (1), 101-104.
- Burnard, P. (2017). Teaching music creatively. Dans Burnard, P. et Murphy, R., *Teaching Music Creatively* (p. 43-64). London : Routledge.

- Chevallard, Y. (1981). Pourquoi la transposition didactique. Dans *Actes de l'année 1981 Instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques* (vol. 1982, p. 167–194). Marseille : Instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné* (2^e éd. revue et augmentée, en coll. avec Marie-Alberte Joshua ; 1^{re} éd., 1985). Grenoble : Ed. La Pensée Sauvage.
- Delalande, F. (1989). Le rôle des dispositifs dans une pédagogie de la création musicale enfantine. Dans *L'éducation musicale à l'école* (p. 34-46). Paris : Melun.
- Douady, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Cahier de didactique des mathématiques*, p. 25.
- Fregona, D. (1995). *Les figures planes comme « milieu » dans l'enseignement de la géométrie : interactions, contrats et transpositions didactiques*. Thèse de doctorat. Bordeaux 1.
- Gardner, H. (1990). *Art Education and Human Development*. Los Angeles, California : Getty Publications.
- Giglio, M. (2007). Créativité musicale et réflexions partagées : étude pilote chez des élèves d'école secondaire. *Recherche en éducation musicale*, 26, 195-207.
- Giglio, M., Joliat, F. et Schertenleib, G.-A. (2009). Dispositif multimodal d'activités de création et d'exécution musicales pour l'enseignement et la formation. Communication présentée aux *Journées francophones de recherche en éducation musicale*, Université d'Ottawa, 7 au 9 mai 2009. *Recherche en éducation musicale*, 28, 119-142.
- Grabócz, M. (2009). *Musique, narrativité, signification*. Paris : Harmattan.
- Guilloret, M.-R. (2010). *Éducation musicale et créativité : Une expérience pédagogique en grande section maternelle et cours préparatoire*. Thèse de doctorat. Université de Nantes.
- Lando, P. (2006). Conception et développement d'applications informatiques utilisant des ontologies : application aux EIAH. *Ires Rencontres jeunes chercheurs en EIAH, RJC-EIAH*. Repéré à http://events.it-sudparis.eu/rjc_eiah2006/proceeding/Article22.pdf
- Lartillot, O. (2002). Une appréciation de la créativité par induction du créé. Repéré à <http://articles.ircam.fr/textes/Lartillot02a/index.pdf>

- Leroy, J.-L. (2010). Jalons pour une didactique de la créativité en musique. Dans F. Joliat (dir.), *Professionnalisation de la formation des enseignants d'éducation musicale : état de la recherche et vision des formateurs* (p. 209-229). Paris : Harmattan.
- Meeùs, N. (1992). A propos de logique et de signification musicales. *Analyse musicale*, 28, 57-59.
- Mialaret, G. (1991). *Pédagogie générale*. Paris : Presses universitaires de France.
- Mili, I. (2012). Créativité et didactique dans l'enseignement musical. *Éducation et francophonie*, 40 (2), 139-153.
- Nattiez, J.-J. (2004). La signification musicale. Dans *Une encyclopédie pour le XXI^e siècle* (vol. 2, p. 256-260). Paris : Actes sud/Cité de la musique.
- Paynter, J. (1978). A place for music in the curriculum? Schools Council Project. Music in the Secondary School Curriculum. Working Paper.
- Périer, E. (2003). *Formation musicale et informatique : l'enseignement de la musique assisté par ordinateur* (1^{re} éd.). Paris : Cité de la musique.
- Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir de pratiques : des savoirs aux compétences. *Revue des sciences de l'éducation*, 24 (3), 487. doi:10.7202/031969ar
- Ravet, H. (2010). Sociologies de la musique. *L'Année sociologique*, 60 (2), 271-303. doi:10.3917/anso.102.0271
- Ruwet, N. (1972). *Langage, musique, poésie*. Paris : Seuil.
- Schoenberg, A. (1970). *Fundamentals of musical composition*. London : Faber & Faber.
- Sheinberg, E. (2012). *Music Semiotics: A Network of Significations: In Honour and Memory of Raymond Monelle*. London : Ashgate Pub.
- Swanwick, K. (1979). *A basis for music education*. Windsor : NFER-Nelson.
- Swanwick, K. (1999). *Teaching music musically*. London : Routledge.
- Tchounikine, P. (2009). Précis de recherche en Ingénierie des EIAH. Université Joseph Fournier de Grenoble.
Repéré à <http://lig-membres.imag.fr/tchounikine/Articles/PrecisV1.pdf>
- Terrien, P. (2012). Pour une didactique de l'enseignement musical. Dans Elalouf, M.-L., Robert, A., Belhadjin, A. et Bishop, M.-F. (dir.), *Les didactiques en question(s). Etat*

des lieux et perspectives pour la recherche et la formation (p. 170-179). Bruxelles : De Boeck. Repéré à <http://espe-versailles.fr/colloques/pdf/manifestations2010/Terrien.pdf>

Wangermee, R. (1998). Le concept de tonalité selon Fetis. *Revue belge de Musicologie / Belgisch Tijdschrift voor Muziekwetenschap*, 52, 35. doi:10.2307/3686911