



HAL
open science

The antagonistic milieu in theory of situations for didactic use: an illustration of the operating principles for musical learning

Adrien Bourg

► **To cite this version:**

Adrien Bourg. The antagonistic milieu in theory of situations for didactic use: an illustration of the operating principles for musical learning. *Journal de Recherche en Education Musicale*, 2021, 12 (1), pp.7-34. hal-04042142

HAL Id: hal-04042142

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-04042142v1>

Submitted on 3 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

LE MILIEU ANTAGONISTE EN THEORIE DES SITUATIONS A USAGE DIDACTIQUE : UNE ILLUSTRATION DES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT POUR LES APPRENTISSAGES MUSICAUX

Adrien BOURG¹

Introduction

Le concept de milieu antagoniste constitue l'un des concepts centraux de la théorie des situations didactiques². Il s'inscrit dans une conception piagétienne de l'apprentissage en retenant que le savoir est le fruit de l'adaptation de l'élève à un milieu. Sur le plan didactique, le but, pour un savoir donné, est la détermination de milieux et de situations qui permettront à l'élève de s'approprier le savoir de son « propre mouvement » (ces situations sont qualifiées d'a-didactiques). Nous nous situons dans une « conception moderne de l'enseignement », où ce n'est pas l'enseignant qui « dit » le savoir, qui le communique directement à l'élève, son rôle est de « provoquer chez l'élève les adaptations souhaitées par un choix judicieux des "problèmes" qu'il lui propose »³.

La théorie des situations didactiques est née en didactique des mathématiques dans les années 1970, à une époque où il s'agissait de construire des ingénieries didactiques⁴, c'est-à-dire de concevoir, réaliser, observer et analyser des séquences d'enseignement. Il ne s'agit pas d'une ingénierie de production et de développement qui viserait uniquement à produire un enseignement, mais d'une ingénierie de recherche à visée phénoménotechnique⁵ qui permet de produire des connaissances sur le fonctionnement du système didactique.

¹ Maître de conférences, HDR, Institut Catholique de Paris (EA 7403), membre associé à l'IReMus (UMR 8223).

² Brousseau, 1971, 1998.

³ Brousseau, 1986/1998, p. 59.

⁴ Voir : Artigues, 1988. Pour une lecture rétrospective de ces ingénieries didactiques, voir : Brousseau, 2013 ; Perrin-Glorian et Baltar Bellemain, 2019.

⁵ Brousseau reprend l'une des thèses de Bachelard (1934) quant au rôle de l'observation et de l'expérimentation dans le processus scientifique. Bachelard rompt avec le principe de l'observation empirique. Ce sont les dispositifs techniques d'expérience (ici, les réalisations didactiques) qui permettent au chercheur, sur le plan perceptif, d'accéder à l'objet d'étude, de produire des phénomènes (didactiques), mais aussi sur un plan rationnel, d'en prendre la mesure et de l'ordonner. Comme le précise Chevallard (1982) la réalisation didactique constitue une étape cruciale de l'activité de recherche à laquelle Bachelard a donné le nom parodique de phénoménotechnique : « Le contrôle de notre connaissance du phénomène passe par le projet de production du phénomène – et cette production engage notre théorie du phénomène dans une technique de sa production : une phénoménotechnique » (Chevallard, 1982, p. 40).

La présente contribution vise à exposer les principes de fonctionnement de ce type de situations et à en illustrer la portée pour certains apprentissages musicaux. Dans un premier temps nous illustrons ces principes à partir de la situation d'agrandissement d'un puzzle⁶, situation qui peut être considérée comme l'un des archétypes de ces situations a-didactiques qu'on appelle plus communément « situation-problème »⁷. Dans un second temps nous présentons une séquence didactique que nous avons élaborée. Elle s'inscrit dans un enseignement de Formation Musicale et vise, à travers une tâche de transposition tonale, la construction par les élèves de certaines connaissances liées au système tonal.

1. LE MILIEU ANTAGONISTE EN THEORIE DES SITUATIONS A USAGE DIDACTIQUE : PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT EN DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES

1.1 La notion de milieu en théorie des situations à usage didactique

Nous nous appuyons sur la notion de « milieu » telle qu'elle a été développée par Guy Brousseau, didacticien des mathématiques, dans le cadre de la première théorie des situations didactiques, celle des « situations à usage didactique »⁸. La notion de « milieu » repose sur une hypothèse psychologique, celui d'un apprentissage par adaptation⁹. Pour Jean Piaget la connaissance résulte toujours d'une interaction entre le sujet et l'objet, elle constitue une adaptation des structures de l'intelligence à la réalité à connaître. Cette adaptation de l'individu à son milieu se fait par un double processus, celui de l'assimilation (intégration d'un élément nouveau dans les structures mentales de l'individu) et celui de l'accommodation (ajustement des structures aux données nouvelles), qui tendent à favoriser l'équilibre du sujet dans son milieu. À partir de ce cadre psychologique, Guy Brousseau pose que :

⁶ Brousseau, 1998, 2004.

⁷ C'est à travers le terme de « situation-problème » que la théorie des situations didactiques a intégré le champ de la formation et de l'enseignement (Schneider et Mercier, 2005). Brousseau a utilisé lui-même l'expression de « situation-problème » à plusieurs reprises, concernant notamment la situation d'agrandissement d'un puzzle ou encore la situation liée à l'épaisseur d'une feuille de papier (Brousseau, 1998 : p. 238, p. 267, p. 279-281). Ce qui ne l'a pas empêché de prendre néanmoins ses distances par la suite avec cette terminologie, face notamment aux déviations, aux comportements de détournement de la théorie dans la sphère pédagogique où souvent les situations ont été diffusées sans leurs conditions d'élaboration et d'application : « Le terme [celui de situation-problème] a fait florès peu de temps après l'exposition des premiers principes de la théorie des situations. Il répondait à un besoin concret, et il a pu paraître se référer à la théorie des situations, mais en fait il lui était étranger. » (Brousseau, 2012, p.119).

⁸ Nous nous référons à la notion de « milieu » dans le cadre de la théorie des situations à usage didactique, premier point de vue de la théorie des situations didactiques (voir Brousseau, 1997 ; Salin, 2002). La notion de « milieu » a en effet été l'objet de plusieurs modélisations au sein même de la théorie des situations didactiques (Bloch, 2001 ; Perrin-Glorian, 1999 ; Salin, 2002), avant même de migrer et de se spécifier dans d'autres cadres théoriques des recherches en didactiques.

⁹ Piaget, 1936, 1975 : pour un positionnement, voir Brousseau, 2012.

« L'élève apprend en s'adaptant à un milieu qui est facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres, un peu comme le fait la société humaine. Ce savoir, fruit de l'adaptation de l'élève se manifeste par des réponses nouvelles qui sont la preuve de l'apprentissage. »¹⁰

Dans le cadre piagétien, l'enfant apprend en s'adaptant à un milieu (qui est non spécifié) dans une situation sans finalité didactique (situation non didactique). Guy Brousseau va retenir cette idée de non intentionalité (du point de vue du sujet), mais en l'inscrivant dans une situation didactique (situation où se manifeste une volonté d'enseigner). Car, comme il le souligne : « un milieu sans intentions didactiques est manifestement insuffisant à induire chez l'élève toutes les connaissances culturelles que l'on souhaite qu'il acquière »¹¹. C'est donc l'enseignant qui est chargé de provoquer chez l'élève les adaptations souhaitées par un choix judicieux des situations qu'il lui propose. Ces situations, porteuses du milieu auquel l'élève va s'adapter, sont qualifiées par Guy Brousseau d'adidactiques : c'est l'élève qui a la responsabilité de la construction de son savoir, il agit indépendamment des attentes de l'enseignant. La situation adidactique est donc une situation didactique, mais le sujet réagit comme si la situation était non didactique. Il s'agit bien sûr d'une fiction, que l'enseignant et l'élève peuvent partager un temps à travers le contrat didactique. Ce dernier qui réfère aux systèmes d'attentes réciproques entre l'élève et l'enseignant à propos du savoir contient un certain nombre de paradoxes qui est le fruit d'une négociation toujours renouvelée entre l'enseignant et l'élève.

Si l'on souhaite que l'élève produise la connaissance attendue de son propre mouvement, le professeur ne saurait lui fournir la réponse : « Si le maître dit ce qu'il veut, il ne peut plus l'obtenir »¹². L'élève, quant à lui, doit accepter de s'engager dans le problème posé alors même qu'il ne dispose pas de la connaissance nécessaire à sa résolution, celle-ci étant précisément l'enjeu de la situation didactique fixée par l'enseignant. Dans ce cadre, la connaissance « n'est pas à prendre dans le discours, ni dans le désir du maître, mais dans une relation avec le milieu »¹³.

Le milieu est considéré par Guy Brousseau comme « *tout ce qui agit sur l'élève et ce sur quoi l'élève agit* »¹⁴. « Il est le système antagoniste du système enseigné, c'est-à-dire de l'élève »¹⁵. Tout l'enjeu est alors de concevoir des situations dont le milieu va pouvoir fournir

¹⁰ Brousseau, 1986/1998, p. 59.

¹¹ *Ibid.*

¹² Brousseau, 1986, p. 316.

¹³ Brousseau, 1980, p. 124.

¹⁴ Brousseau, 1977, n. p., cité par Perrin Glorian, 1994, p. 129.

¹⁵ Brousseau, 1986/1998, p. 93.

une rétroaction¹⁶ à l'élève sur la validité des procédures qu'il engage dans la réponse à un problème. Il s'agit donc de transformer le savoir en problèmes¹⁷, de déterminer des milieux et situations¹⁸ qui permettent de faire fonctionner le savoir visé (par l'enseignement) comme connaissance (pour le sujet).

Dans la théorie des situations, Brousseau met l'accent sur la nécessité d'articuler différentes situations, afin de construire efficacement le savoir (mathématique). Pour cet auteur, il existe différentes « sortes de connaissances »¹⁹ (« connaissances en acte » et répertoires de schèmes, messages et langages, « théorèmes » et preuves...), chacune de ces « sortes de connaissance » ont été associées à des organisations typiques de situations « mathématiques » : situation d'action (elle met en évidence des situations permettant de faire des choix, de prendre des décisions), situation de formulation (elle permet de construire des connaissances susceptibles de décrire des systèmes de représentations sur les objets manipulés), situation de validation (elle construit les connaissances susceptibles d'établir des relations entre les objets organisés pour convaincre ou pour prouver en relation éventuelle avec une théorie). L'enjeu est donc de chercher pour chaque connaissance (mathématique) des situations qui puissent répondre aux conditions qui permettent d'assurer le « maximum d'autonomie à l'élève »²⁰.

Ces situations répondent à des caractéristiques spécifiques que précisent Guy Brousseau²¹, mais aussi Régine Douady²² lorsqu'elle indique les conditions pour que les problèmes puissent servir de déclencheur à la construction de nouvelles connaissances²³. Nous nous appuyons sur la synthèse reformulée par Arsac, Germain et Mante :

- a) *L'élève doit pouvoir s'engager dans la résolution du problème. L'élève peut envisager ce qu'est une réponse possible du problème*
- b) *Les connaissances de l'élève sont en principe insuffisantes pour qu'il résolve immédiatement le problème*

¹⁶ « On appelle rétroaction une information particulière fournie par le milieu : c'est-à-dire une information qui est reçue par l'élève comme une sanction, positive ou négative, relative à son action et qui lui permet d'ajuster cette action, d'accepter ou de rejeter une hypothèse, de choisir entre plusieurs solutions » (Bessot, 2003, p. 9).

¹⁷ Salin, 2002.

¹⁸ Selon le premier point de vue de la théorie des situations, la situation est « l'environnement de l'élève mis en œuvre et manipulé par l'enseignant ou l'éducateur qui la considère comme un outil » (Brousseau, 1997, p. 2).

¹⁹ Brousseau, 1998, p. 280-282.

²⁰ Brousseau, 2004, p. 219.

²¹ Par exemple, Brousseau 1986, 2004.

²² Douady, 1980, 1984, 1986, 1994.

²³ Si les travaux de Douady sont sensiblement différents de ceux de Brousseau (Artigue et Douady, 1986), ils partagent néanmoins des hypothèses et des éléments théoriques communs (voir Perrin-Glorian, 1999, p. 307-313 ; Perrin-Glorian et Baltar Bellemain, 2019, p. 57-59). Brousseau renvoie lui-même dans l'un de ses articles directement à Douady : « Quelles conditions font d'une situation-problème une situation d'apprentissage ou une situation d'enseignement ? R. Douady (1980) en propose une liste qui correspond bien en première approche, à celle que j'ai voulu satisfaire dans le processus proposé ci-dessus et que je ne peux pas exposer ici » (Brousseau, 1981/1998, p. 281).

- c) *La situation problème doit permettre à l'élève de décider si une solution trouvée est convenable ou pas*
 d) *La connaissance que l'on désire voir acquérir par l'élève doit être l'outil le plus adapté pour la résolution du problème au niveau de l'élève*²⁴

Nous proposons d'illustrer, dans la partie suivante, le fonctionnement des différents principes que nous venons d'esquisser, à travers la présentation d'une des situations, qui compte parmi les plus emblématiques, que Guy Brousseau a pu développer.

1.2 Une illustration par la situation d'agrandissement d'un « puzzle »

Parmi l'ensemble des situations que Guy Brousseau a construites, l'une consiste à modéliser les situations mathématiques où intervient une proportionnalité. Il s'agit de la situation d'agrandissement d'un puzzle²⁵.

On propose à des élèves (âgés de 9 à 11 ans) de fabriquer un agrandissement d'un puzzle (figure 1), de sorte que le segment qui mesure 4 cm sur le puzzle original mesure 7 cm sur le puzzle agrandi. La consigne générale adressée aux élèves est la suivante :

« Vous devez découper dans du carton un puzzle semblable à celui-ci (le modèle). Mais pour les enfants de l'école maternelle, vous devez le faire plus grand. Ce côté qui mesure 4 cm sur le modèle devra mesurer 7 cm sur l'image (ou reproduction). Mais il faut pouvoir faire les mêmes figures avec le grand puzzle image qu'avec le modèle. »²⁶

²⁴ Arsac, Germain et Mante, 1991, p. 99-100. Dans le cadre de la théorie des « jeux de cadres », Douady (Douady, 1986) émet une dernière condition : *Le problème peut se formuler dans plusieurs cadres entre lesquels on peut établir des correspondances (par exemple cadre physique, cadre géométrique, cadre graphique)*. Nous ne retiendrons pas dans le contexte de cette contribution cette dernière proposition trop spécifique aux mathématiques.

²⁵ Brousseau, 1981 ; 1998 ; 2004. Nous choisissons de présenter cette situation car elle a une valeur heuristique. Insistons cependant sur la vigilance qu'il faut tenir eu égard de ce choix, car nous participons des déformations fréquentes de sa présentation qui l'isolent des autres situations qui interviennent dans l'ingénierie sur les nombres rationnels.

²⁶ Version de la situation « puzzle » présentée par Brousseau en 2004, p. 217

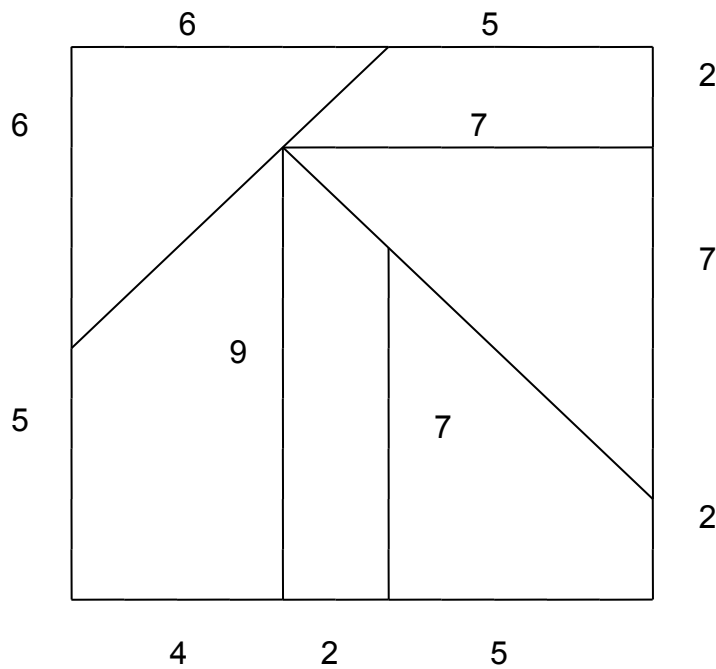


Figure 1 : matériel présenté aux élèves dans la situation « puzzle » (figure extraite de Guy Brousseau, 2004).

Un puzzle (ou tangram) est fourni par groupe (*équipe*) de 5 ou 6 élèves. Après une brève concertation, chaque membre du groupe est tenu de fabriquer au moins une pièce. A la fin de la réalisation des différentes pièces, le groupe discute des méthodes utilisées. En cas d'échec dans la reconstitution du puzzle, le groupe devra trouver une solution commune, chaque élève reconstruira alors sa pièce.

Les procédures mises en œuvre par les élèves s'appuient sur des connaissances concernant les entiers naturels et les agrandissements. Pour les élèves « agrandir c'est ajouter » ou multiplier par un entier (ce qui renvoie à une addition réitérée). Ainsi, parmi les procédures utilisées par les élèves, l'une consiste à ajouter 3 cm à toutes les dimensions : « de 4 à 7, on ajoute 3 » ; « donc on ajoute 3 à toutes les dimensions », plus précisément aux côtés des angles droits. Pour les élèves, agrandir en conservant la forme implique d'ajouter la même longueur à toutes les dimensions. Cette procédure possède cependant un domaine de validité : l'une des possibilités serait que toutes les pièces du puzzle soient composées de triangles isocèles rectangles. Une seconde procédure consiste à doubler la longueur et à retrancher 1. Mais l'utilisation de la procédure additive ne permet pas aux morceaux de se raccorder. Il y a donc ici rétroaction du milieu matériel, les morceaux du puzzle qui ne se raccordent pas indiquent aux élèves le caractère erroné des procédures qu'ils ont mis en œuvre. Ce n'est donc pas l'enseignant qui valide la procédure que l'élève a mise en œuvre, mais bien le milieu par sa rétroaction sur l'action de l'élève. Les élèves doivent alors

faire d'autres conjectures et mettre en œuvre de nouvelles actions pour les tester. L'enjeu est qu'ils arrivent à rejeter ce modèle additif (la prégnance de ce modèle constitue un obstacle épistémologique) afin d'accéder au sens de la multiplication par un nombre rationnel.

On peut imaginer que les nombres qui définissent le rapport de proportionnalité (dans l'exemple, le passage de 4 cm à 7 cm) peuvent avoir un fort impact sur les procédures et connaissances développées par les élèves. Il s'agit de « variables didactiques » qui peuvent donc être manipulées par l'enseignant (ou ajoutons, l'expérimentateur). Par exemple, si dans la consigne on avait demandé aux élèves un agrandissement faisant passer le côté de 4 cm à 8 cm (au lieu de 4 cm à 7 cm), les élèves seraient restés dans le modèle additif et les nombres entiers (multiplication par 2 qui renvoie à l'addition : $4 + 4$), alors que dans un passage de 4 cm à 7 cm aucune relation de ce type n'est possible²⁷.

Guy Brousseau, dans le cadre de ce problème, définit plusieurs situations. Tout d'abord, une situation d'action, dont l'enjeu est l'élaboration par l'élève de connaissances implicites comme moyen d'action sur le milieu. La rétroaction s'effectue par la perception visuelle de l'élève quant à la conservation de la forme du puzzle qui dépend de l'imbrication ou non des différentes pièces. Ensuite, une situation de formulation où l'élève explicite le modèle implicite de ses actions au reste de l'équipe. L'équipe choisit parmi les différentes procédures qui auront été mises en œuvre, une procédure commune, qu'ils devront défendre face aux autres équipes. La situation de validation permet de dépasser la validation empirique, il s'agit de convaincre et de prouver autrement que par l'action. Le milieu n'est ainsi plus seulement matériel (les pièces du puzzle), mais comporte aussi les rétroactions des autres élèves. Guy Brousseau ajoutera par la suite²⁸ une situation d'institutionnalisation (la situation devient didactique) où la connaissance acquise localement (à travers l'action, la formulation et la validation) devient un savoir reconnu et réutilisable pour des utilisations futures, qu'elles soient personnelles ou collectives. En ajoutant cette situation, Guy Brousseau sort ici d'une forme de constructivisme radical. En effet, l'acquisition d'une nouvelle connaissance, son caractère de nouveauté doit être identifié par quelqu'un de l'extérieur, l'enseignant, qui peut situer ces savoirs dans « l'ensemble des œuvres de savoir humaines » :

« D'une certaine façon, l'adaptation contredit l'idée de la création d'un savoir nouveau. Inversement, le savoir est presque la reconnaissance culturelle que la

²⁷ Pour une analyse de ces variables, voir Bessot, 2004.

²⁸ Selon Perrin-Glorian et Baletar Bellemain (2019), la nécessité de l'institutionnalisation a été formulée dès 1980 par Guy Brousseau, ainsi que l'existence d'un contrat didactique implicite.

connaissance directe est impuissante à résoudre naturellement certaines situations (par adaptation) »²⁹.

Observons maintenant la situation d'agrandissement d'un puzzle, à partir des critères que nous avons énumérés :

a) *L'élève doit pouvoir s'engager dans la résolution du problème. L'élève peut envisager ce qu'est une réponse possible du problème*

Dans la situation « puzzle » l'élève a un regard précis sur le but à atteindre : le dispositif comprend l'affichage au tableau par le maître d'une représentation agrandie du puzzle. L'élève envisage également la mise en œuvre de procédures (par exemple, « ajouter 3 »).

b) *Les connaissances de l'élève sont en principe insuffisantes pour qu'il résolve immédiatement le problème*

La procédure consistant à ajouter 3 ne permet pas à l'élève de reconstruire le puzzle à partir des différentes pièces.

c) *La situation problème doit permettre à l'élève de décider si une solution trouvée est convenable ou pas*

L'assemblage des pièces du puzzle ou son impossibilité constituent une rétroaction de la situation (les enfants ont déjà réalisé des puzzles et savent que les pièces doivent se raccorder). S'il y a échec, l'élève est obligé de remettre en cause ses procédures.

d) *La connaissance que l'on désire voir acquérir par l'élève doit être l'outil le plus adapté pour la résolution du problème au niveau de l'élève*

En effet, l'élève pourrait résoudre le problème, mais avec un autre outil qui ne correspond pas à la connaissance visée. Cela implique d'effectuer une *analyse a priori*³⁰ de la situation et de définir des variables didactiques (nous avons vu qu'un changement de valeur peut entraîner un changement de procédures).

2. A LA RECHERCHE D'UN MILIEU ANTAGONISTE POUR LES APPRENTISSAGES MUSICAUX

Cette partie vise à présenter la manière dont on peut faire fonctionner un milieu antagoniste pour les apprentissages musicaux. Les situations que nous allons présenter ont été construites selon le modèle de la situation « puzzle » que nous avons évoqué précédemment. Nous présentons dans cette contribution ce qui relève d'une analyse a priori, nous ne

²⁹ Brousseau, 1986/1998, p. 77.

³⁰ « L'objectif de l'analyse a priori est [donc] de déterminer en quoi les choix effectués permettent de contrôler les comportements des élèves et leur sens » (Artigue, 1988, p. 294).

présentons pas les résultats relatifs à l'expérimentation sur le terrain, même si nous en aborderons succinctement quelques aspects.

2.1 Objectifs et présentation de la tâche

L'ensemble des situations a été conçu pour se dérouler dans le cadre d'un cours de Formation Musicale (fin de premier cycle d'un conservatoire en France)³¹ dans lequel les élèves ont pour habitude d'apporter leur instrument respectif. Elles reposent sur une tâche de transposition tonale d'une mélodie réalisée à l'écrit. Le but assigné aux élèves est qu'ils jouent ensemble, à l'unisson, et avec leur instrument, une partition qui leur est proposée. La présence d'instruments transpositeurs au sein de la classe empêche bien sûr une réalisation sonore instantanée de la partition. Les élèves sont alors confrontés à un problème de transposition qu'ils doivent résoudre dans le cadre des différentes situations que nous avons aménagées à cet effet.

Les situations visent la mobilisation et la construction d'éléments de savoirs se rapportant à ce qu'on appelle communément le « système tonal » à travers un travail qui doit les amener plus précisément vers la notion de *ton*. Les élèves n'ont jamais effectué de transposition tonale. Plusieurs notions vont pouvoir être mobilisées (gamme, mode, intervalle, échelle, ton, tonalité³²) – implicitement et explicitement – dans le cadre d'une tâche qui relève de la « tonalité classique ». Effectuer un travail de transposition tonale permet en effet d'amener à ce que ces notions, éprouvées auparavant sous différentes formes par les élèves, à travers différentes activités (chant, dictée, théorie, pratique instrumentale...), mais aussi dans le cadre d'un apprentissage implicite (acculturation tonale), puissent commencer à s'organiser plus explicitement comme système. La principale conception que nous travaillons tient en l'idée que « transposer c'est jouer (écrire) plus haut ou plus bas une mélodie à partir d'un espacement qui est pensé en termes de nombre de notes ». C'est-à-dire qu'elle ne retient pas l'idée que la mélodie s'inscrit au sein d'une échelle particulière, l'échelle diatonique, et qu'en

³¹ Plus précisément, les situations ont été proposées à des élèves de premier cycle en 4^e année (1C4) d'une classe de Formation Musicale d'un conservatoire à rayonnement régional. Le nombre d'élèves dans la classe est de 12. Les différentes situations se sont déroulées sur deux cours qui ont été enregistrés sur plusieurs pistes audio à des fins d'analyse. Nous précisons que l'expérimentation se déroule en France. En effet, le système actuel de solfège « absolu » (en France et dans les pays latins) se fonde sur le « *do* fixe », alors que les pays germaniques utilisent d'abord la solmisation relative. Cette manière d'« entrer » dans le « solfège » a des incidences sur la lecture que nous pouvons faire des procédures de réalisation de la tâche de transposition tonale sur laquelle repose notre étude (pour un regard historique, pédagogique et psycho-pédagogique sur ces questions, voir : Chailley, 1965, 1966, 1983 ; Daignault, 2014 ; Madurell, 2010 ; Ribière-Raverlat, 1997).

³² Nous utilisons le terme « tonalité », plutôt que celui de ton, pour un usage impliquant les fonctions tonales. Pour désigner l'espacement entre deux notes, nous utilisons l'expression « intervalle de ton ».



Figure 3 : transposition pour la clarinette en *sib* (tonalité : Sol M)



Figure 4 : transposition pour le saxophone en *mib* (tonalité : Ré M)

2.2 Présentation synthétique du déroulement des situations

L'ensemble des situations suit un aménagement proche de la situation « puzzle »³⁵ en ce qui concerne les différents jeux d'interactions. Elle reprend les différentes situations dans leur succession : situation d'action, situation de formulation, situation de validation et situation d'institutionnalisation³⁶. Nous ajoutons une situation initiale - dite « situation d'amorce » - qui a pour fonction d'introduire le problème (et de le construire) et de permettre sa dévolution³⁷.

Situation d'amorce :

Cette première situation permet aux élèves de faire une première rencontre avec l'œuvre, elle vise à faire émerger le problème et de procéder à sa dévolution. Les élèves ont tout d'abord découvert la partition en la chantant avec le nom des notes (cette activité s'inscrit dans les habitudes de la classe), le chant étant soutenu harmoniquement par l'accompagnement au piano de l'enseignante. L'objectif consiste à ce que les élèves aient une image sonore du morceau, particulièrement de la ligne mélodique. Le morceau est répété autant de fois qu'il le faut afin que les élèves s'en imprègnent. Puis, les élèves sont invités à jouer le morceau avec leur instrument. Parmi les instruments, certains (nous l'avons mentionné plus haut) sont des instruments transpositeurs. Il en est ainsi de la clarinette en *sib*, et du saxophone en *mib*. Un constat partagé émerge au sein du groupe : cela ne « sonne » pas. L'enseignant fait circonscrire le problème par les élèves en permettant l'émergence de la

³⁵ Brousseau, 1998, 2004.

³⁶ Pour une discussion sur la pertinence, pour les apprentissages musicaux, de l'ensemble de ces situations et de leur dialectique, voir Bourg (à paraître).

³⁷ « La dévolution est l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage (adidactique) ou d'un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert » (Brousseau, 1998, p. 303).

notion d'instruments transpositeurs. Les échanges amènent à poser comme une nécessité la transposition de la partition afin qu'elle puisse être jouée avec les instruments transpositeurs de la classe.

Situation d'action

L'enseignante donne la consigne suivante : « Cette partition on doit la jouer tous ensemble, comme nous l'avons constaté il y a des instruments qui jouent sur d'autres notes (instruments dits transpositeurs). La clarinette si elle joue *do*, on entend *sib*, le saxophone alto si il joue *do* on entend *mib*. La partition doit sonner pour tous les instruments pareil (à l'unisson) ». Elle invite ensuite chaque élève à investir le problème : une partie de la classe travaille de manière individuelle sur la transposition de la clarinette en *sib*, l'autre partie sur celle du saxophone en *mib*. Chaque élève peut demander une fois, quand il le souhaite, une restitution sonore de sa production écrite. A ce moment, l'élève se déplace au piano avec sa transposition écrite qui est alors exécutée en duo par l'élève instrumentiste (clarinette ou saxophone) et l'enseignante qui de son côté joue au piano la ligne mélodique originale (avec le soutien harmonique).

Dans la situation d'action, la connaissance fonctionne comme moyen de prendre des décisions et d'agir. L'élève élabore des connaissances implicites comme moyen d'action sur le milieu (pour l'action). Le milieu lui apporte des informations et rétroactions en retour de ses actions. L'enjeu est de permettre à l'élève d'avoir un retour sur la pertinence (ou validité) de sa proposition, ce qu'il peut faire à partir de la mise en confrontation de la partition originale jouée au piano et de sa transposition réalisée par l'instrument transpositeur. Les deux productions doivent sonner à l'unisson. Les passages qui ne sont pas à l'unisson (qui peuvent être parfois dissonants, mais pas forcément) révèlent à l'élève les endroits où il a commis des erreurs dans sa transposition. L'enseignante peut encourager l'élève dans la recherche d'indices et proposer de lui rejouer sur sa demande certains passages, mais elle n'intervient pas davantage. Ce sont les élèves eux-mêmes qui doivent ajuster leur production écrite (ils peuvent prendre des notes, entourer les endroits qui ne vont pas) en s'appuyant sur la rétroaction sonore qu'ils reçoivent.

Situation de formulation

Après la situation individuelle de travail, commence une phase de travail en petits groupes (groupes de trois élèves ; deux groupes travaillent indépendamment sur la transposition qui concerne la clarinette, deux autres groupes sur celle pour le saxophone). Elle consiste à formuler ce que chacun a fait (lors de la « situation d'action »), de confronter les différentes productions et procédures possibles qui ont été réalisées par les différents membres du groupe et de s'entendre pour réaliser une production commune. Celle-ci comprend la transposition écrite, ainsi qu'une demande d'explicitation écrite de la « méthode » utilisée. Comme dans la situation d'action chaque groupe peut demander l'exécution instrumentale de sa production. Les élèves savent que dans un second temps il s'agira d'exposer sa production et de la défendre face aux autres groupes (le terme « équipe » est utilisé).

Dans la situation de formulation, l'élève formule le modèle implicite de ses actions. Ses connaissances se construisent comme moyen de communication. Pour que la formulation de l'élève ait du sens, il faut qu'elle soit, en tant que formulation, un moyen d'action sur un milieu qui lui apporte des informations et rétroactions en retour de ses formulations. Les rétroactions du milieu proviennent comme dans la situation d'action de l'exécution de la transposition, mais à cela s'ajoutent les autres élèves.

Situation de validation

L'enseignante fait passer au tableau les différents groupes par ton des instruments transpositeurs. Dans un premier temps passent les équipes qui ont travaillé sur la clarinette, puis celles sur le saxophone. Elles écrivent leur production chacune sur une portion du tableau, puis on les compare. Les différences sont mises en discussion, l'enseignante encourage à expliciter les procédures, demande des précisions, souligne certains désaccords ou éléments de justifications, fait la synthèse des procédures en présence et rappelle les argumentations. Les différentes équipes doivent se mettre d'accord, l'enjeu est d'arriver à une solution commune pour toute la classe. La situation prévoit que l'on puisse jouer les productions écrites afin de vérifier certaines propositions. Le milieu pour la validation est ainsi constitué par les messages et énoncés, explications et contre-exemples des différents protagonistes, mais aussi par un milieu pour l'action.

Dans cette situation, il s'agit de confronter les productions et procédures choisies par chacun des groupes. Il s'agit de discuter des choix de chaque groupe, se convaincre et

convaincre les autres, d'arriver à une solution commune. L'élève élabore des « preuves » de la validité et de la pertinence de son modèle d'action, à l'appui, mais aussi au-delà, de la validation empirique de son action. Ses connaissances se construisent comme moyen de prouver et de convaincre un interlocuteur.

Situation d'institutionnalisation

L'enseignante s'appuie sur les connaissances qui auront émergé au sein de la classe afin de procéder à l'institutionnalisation des savoirs (homogénéisation des connaissances de la classe, précision des conventions de langage). Elle peut dans ce cadre définir certaines propriétés de la transposition tonale (par exemple, « transposer c'est jouer la même mélodie en gardant les rapports de hauteur ») en les rattachant à certaines notions musicales (dont la notion d'intervalle en lien avec la notion d'échelle, la notion de gamme ou encore celle de ton), reprendre les procédures pour en formaliser certains aspects, mais aussi proposer une procédure plus académique (si elle n'a pas émergé) pour travailler plus spécifiquement la notion de *ton*.

Après cette phase d'institutionnalisation la production est jouée par tous les élèves qui ont amené leur instrument (les autres chantent). Il s'agit de valider cette fois-ci par le jeu instrumental et vocal les choix effectués, mais aussi de partager musicalement le travail. La séance se termine par l'écoute du morceau interprété par Charlie Parker, puis par Miles Davis (« reprise » dans un tempo plus lent). Il s'agit de recontextualiser ce travail théorique dans la sphère culturelle, esthétique³⁸ et de le vivre instrumentalement.

2.3 Procédures et conceptions des élèves

À partir de la tâche de transposition tonale proposée, les élèves vont mobiliser plusieurs procédures qui traduisent certaines de leurs conceptions du « système tonal ». La tâche a été construite de telle façon à amener les élèves à se détacher de certaines procédures et de les obliger à en élaborer de nouvelles plus proches des savoirs visés par l'enseignement.

La procédure canonique permettant de transposer un extrait musical consiste à définir la tonalité initiale du morceau, déterminer l'intervalle de transposition et la tonalité de transposition (avec son armure) et enfin de renommer les notes à partir des clés (ou intervalles). Bien sûr, d'autres stratégies sont possibles, notamment si l'on sort du cadre d'une

³⁸ Comme nous l'avons souligné, il ne s'agit pas du premier objectif de ces situations. Même si nous avons préservé certains éléments comme lors du premier cours, où les élèves sont invités à déchiffrer vocalement la partition dans une interprétation swinguée du jeu des croches (c'est-à-dire plutôt ternaire que binaire).

tâche de transposition tonale qui procède d'un travail qui est principalement médiatisé par une partition et de l'écrit. Certains instrumentistes, particulièrement chez les cordes, peuvent par exemple utiliser des stratégies motrices lors d'une transposition « à vue ». Cela ne concerne pas notre situation, car le jeu instrumental intervient soit comme rétroaction sonore lors de l'écoute par l'élève de sa transposition écrite (l'élève ne joue pas, il écoute), soit comme validation empirique de son travail écrit lorsqu'il joue à la fin de la séquence la partition avec l'ensemble de la classe.

Deux éléments vont participer au succès de la tâche : la constance du report de l'intervalle (transposer implique que les notes gardent le même rapport d'intervalle), ce qui ne constitue pas une difficulté particulière à ce niveau ; la manière dont est appréhendé l'intervalle. Les huit procédures que nous avons répertoriées chez les élèves (dont les plus importantes avaient été anticipées avant l'expérimentation) traduisent différentes manières de considérer l'intervalle, selon deux formes principales : il s'agit soit d'une appréhension des notes en termes de distance (on compte des notes, des tons et demi-tons, ou les deux ensembles ce qui renvoie à appréhender la nature de l'intervalle et sa qualification), soit d'une appréhension des notes en termes de relation. Concernant la deuxième forme, elle se rencontre notamment à travers une procédure que nous appelons « audio-vocale » où la recherche et reconnaissance de l'intervalle s'effectuent par l'intonation (procédé renvoyant à une sorte de solmisation relative). Ensuite, la plupart des procédures répondent à plusieurs techniques de mise en œuvre. Par exemple, l'élève opère la transposition en prenant chaque note isolément dans la manière dont elles se succèdent (par exemple, monter d'un ton chaque note de la version originale : pour la transposition avec un instrument en *sib*, le *do* devient un *ré* ; puis la seconde note, le *fa*, devient un *sol* etc.) ; ou encore l'élève considère les intervalles dans leur succession sur le plan mélodique, en les considérant un par un (par exemple, le premier intervalle est relatif aux notes *do-fa* : sachant que je pars de *ré*, je compte une quarte juste au-dessus, ce qui m'amène du *ré* au *sol*) ou enfin par plus grand groupe de notes (les notes sont considérées dans leurs rapports respectifs, ce qui revient à penser en termes de degrés, même si cela n'est pas explicite pour le sujet).

Parmi les différentes procédures utilisées³⁹, la plus spontanée consiste à monter ou descendre la mélodie d'un nombre de notes fixes sans prendre donc en compte la qualité des intervalles⁴⁰. Une autre procédure consiste à prendre en compte les intervalles (nombre de

³⁹ Dans le cadre de cet article nous ne présentons pas une analyse systématique des procédures mises en œuvre par les élèves et des erreurs qu'ils commettent dans leurs productions.

⁴⁰ Il faut noter que la représentation graphique des notes de musique sur la portée ne prend pas en charge les distances inégales (intervalles d'un ton ou d'un demi-ton) entre les notes de l'échelle diatonique.

tons et de demi-tons) soit en reportant une à une chaque note de la partition originale à la version transposée, soit en reportant les intervalles au niveau de la ligne mélodique. Les élèves peuvent mettre en correspondance les notes originales et les notes transposées (*do = ré, ré = mi, mi = fa#...*) dans une sorte de tableau d'équivalence réalisé en amont, et les reporter sur l'ensemble des notes, ils peuvent encore changer toutes les altérations de la clé mais sans changer les notes, ou appréhender la transposition par une sorte de solmisation relative, etc.

Ces procédures relèvent de différents niveaux d'intégration du système tonal, elles traduisent des conceptions spécifiques quant aux notions d'intervalle, d'échelle, de tonalité mais aussi quant à la manière dont ils pourraient faire un système. La première procédure par exemple qui consiste à ajouter un certain nombre de notes pour chaque note, n'en reste qu'à la prise en charge d'un espacement entre des notes. Les notes sont considérées isolément et non dans leurs relations, elles ne sont pas rapportées à l'idée d'échelle spécifique (ici, diatonique). La seconde, qui prend en compte le nombre de tons et de demi-tons sous-tend l'idée de la présence d'une échelle diatonique, bien qu'elle ne soit pas forcément explicite pour le sujet. Elle constitue aussi une passerelle possible pour penser après coup (le sujet repère des constantes au niveau des notes altérées dans la partition, pour les intégrer ensuite à la clé) le ton⁴¹ du morceau.

2.4 Milieu antagoniste et variables didactiques

L'un des enjeux de ces situations est d'amener les sujets à quitter la procédure qui consiste à compter des notes pour les amener vers une procédure qui prend en charge les intervalles spécifiques⁴² (et qui leur permet d'avoir une réalisation correcte de leur

⁴¹ Parmi les autres procédures, un élève a changé les altérations à la clé sans changer pour autant les notes de la ligne mélodique. Pour cet élève transposer implique un changement d'armure, voire de ton. Le fait de ne pas changer les notes pourrait correspondre à un souhait de vouloir préserver la structure mélodique telle qu'elle est organisée au sein d'une échelle diatonique : « en transposant, on ne change pas la mélodie dans sa structure ». Ce qui fait que la conception « changer de ton, c'est changer les altérations portées à l'armure » doit se lire non pas simplement comme un simple exercice que l'élève reproduirait (l'exercice de trouver les altérations correspondant à un ton ou inversement de déduire le ton à partir de l'armure est coutumier en classe de Formation Musicale), mais comme un indice d'une intention possible de préserver la structure mélodique (conservation des intervalles, conservation de la position scalaire des notes et éventuellement, selon les sujets, de leurs fonctions associées). La procédure pourrait néanmoins suggérer aussi une conception d'indépendance entre les notes et le ton, ce qui évacuerait l'idée selon laquelle le ton est attaché à une tonique d'une nouvelle gamme.

⁴² L'appréhension par intervalles « spécifiques » (« spécifiques », dans le sens où le sujet ne se cantonne pas à compter un nombre de notes, mais qu'il prend en considération au moins le nombre de tons et de demi-tons) ne va pas de soi, car elle implique d'appréhender plus ou moins fortement la spécificité et la présence de l'échelle diatonique. Duchez (1983) rappelant les principales acquisitions conceptuelles-perceptuelles quantifiées lors d'un article portant sur l'élaboration et organisation rationnelles de la discontinuité musicale et de sa représentation graphique, précise que l'intervalle « est le premier élément de constitution de l'échelle musicale et de différenciation des modes, une importance spéciale étant donnée à la notion de ton comme unité intervallique scalaire. Et il s'intègre facilement dans l'espacement de l'écriture musicale qu'il a contribué à créer » (Duchez, 1983, p. 39).

transposition). Ainsi, la tâche telle qu'elle a été aménagée à travers les différentes situations n'oblige pas les élèves à passer directement par une lecture en termes de tons (du ton initial et du ton de transposition), mais les oblige à penser les rapports d'intervalles au sein d'une échelle (l'échelle diatonique), ce qui contribue à la construction d'éléments du système tonal et à celui de ton (et de tonalité) en particulier.

Les rétroactions principales sont de nature sonore. La transposition écrite est jouée par l'instrument transpositeur en même temps que l'enseignante joue au piano la version originale. Les deux productions doivent sonner à l'unisson. Les passages qui ne sont pas à l'unisson permettent de renvoyer à l'élève (à condition qu'il entende) la validité des procédures qu'il a engagées.

Ces rétroactions du milieu sont conçues afin que la procédure spontanée qui consiste à monter ou descendre la mélodie d'un nombre de notes fixes (sans prendre donc en compte la qualité des intervalles) ne puisse pas fonctionner, au profit de procédures plus opérationnelles. En effet, cette procédure, même si elle est erronée, possède son domaine de validité : elle marche uniquement pour les mouvements transpositifs impliquant le bon intervalle dans le cadre de la composition des intervalles de l'échelle diatonique (par exemple, pour la note *mi*, si je la hausse d'une note, cela fera *fa*, alors que c'est un *fa#* qui est visé sur une transposition au ton supérieur ; en revanche pour les notes *do*, *ré*, *fa*, *sol*, *la*, la procédure fonctionne) sinon elle doit intégrer une analyse du ton dans lequel la mélodie est transposée (avec ses altérations). Ainsi, concernant la version pour la clarinette en *sib* cette procédure marche pour toutes les notes de notre partition, à l'exception du *mi*. Pour le *si*, comme il est bémol à la clé (élément que la plupart des élèves oublie), le principe de hausser la note d'une note fonctionne. Pour le *lab*, les élèves reportent le plus souvent l'altération (règle d'action : « lorsqu'il y a une altération accidentelle, on la reporte dans la version transposée »). Concernant la version dédiée au saxophone en *mib*, le principe fonctionne pour *do-fa-sol* (soit les deux premières mesures), mais ne marche pas pour les autres notes, car cela crée des tierces majeures (sauf pour la note *si* lorsqu'elle est pensée bémol) ; on notera que les notes *la* et *lab* (mesure 3) qui deviennent dans cette procédure avec la « règle d'action » de report de l'altération *fa* et *fab* (normalement ce sont les notes *fa#-fa bécarré*) peuvent inciter le sujet, face au *fab* (qui est vu soit comme une note qui n'existe pas, soit comme un équivalent à la note *mi* ; la note *mi* posera un problème lorsque le *sol* qui suit dans la version originale sera transposé en *mi*) à repenser sa procédure. Cette rétroaction est de nature différente de la précédente car elle s'appuie sur la mise en correspondance du contour mélodique tel qu'il s'exprime graphiquement sur la partition, avec le contour mélodique tel

qu'il est perçu auditivement par le sujet. Elle est susceptible d'agir pour le sujet comme élément déclencheur de la prise en compte de la composition de l'intervalle et peut provoquer le développement d'une nouvelle procédure.

Le choix de la tonalité initiale de l'œuvre ainsi que celui de l'intervalle de transposition ont une incidence sur les procédures et sur les rétroactions que peut renvoyer le milieu relativement à l'engagement de l'élève dans une procédure erronée. Ils participent des variables didactiques de la situation. Si la tonalité originale (version enregistrée de Parker, 1945) est en Fa M, elle correspond aussi à un choix didactique de notre part (nous aurions pu proposer le même morceau dans une autre tonalité, en le transposant). Par exemple, le ton initial de Sib M a été écarté, car il a l'inconvénient pour la transposition de la partie de clarinette (Do M) de permettre le fonctionnement de la procédure que nous avons présentée (comptage d'un nombre de notes) sur l'ensemble du morceau, sans que celle-ci ne puisse être mise en question par l'élève. L'intervalle de transposition est dépendant, dans le cadre expérimental choisi, des instruments transpositeurs disponibles au sein de la classe de Formation Musicale. Néanmoins, nous avons pu faire certains choix, en sélectionnant une classe dans laquelle il y avait deux instruments transpositeurs⁴³, ce qui nous permettait d'analyser les effets de la tonalité de transposition sur les procédures engagées par les élèves et qui créait en plus une dynamique dans la séquence, du point de vue des interactions sociales (et donc de la construction du savoir). Le choix de l'intervalle doit être mis en perspective avec la tonalité initiale, mais aussi avec les configurations mélodiques de l'œuvre et ce qu'elles impliquent au niveau du processus de transposition tonale. Par exemple, les notes qui composent le riff (*do-fa-fa-sol-do-fa*) peuvent être facilement transposées (sans créer d'erreurs) dans la majorité des tons majeurs avec toniques sans altérations, avec la procédure qui consiste à ajouter un nombre de notes (à l'exception des tons de Si M et de

⁴³ Indépendamment des instruments, nous avons envisagé d'autres possibilités, comme une transposition au demi-ton chromatique au-dessus ou au-dessous. Celle-ci n'implique pas les mêmes procédures (et connaissances associées) qu'une transposition réalisée à partir d'un autre intervalle. En effet, elle n'impose pas d'opérer un changement de clé (ou de notes), mais seulement un changement d'armure par rapport au ton où l'on transpose. Ainsi, pour transposer en Mi M un morceau écrit en Mib M, il suffit de substituer aux trois bémols (armure de Mib M), quatre dièses (armure de Mi M). Dans ce cadre, le fait de garder les mêmes notes oblige les sujets à prendre en charge directement la question des altérations (notamment à l'armure) et donc d'aller plus directement vers un travail sur les rapports entre transposition tonale et ton. Elle permet aussi de faire un travail autour des conceptions qui se regroupent autour du choix de notes enharmoniques (on imagine que certains élèves au lieu d'un *mib* peuvent écrire *ré#* : soit parce que pour eux c'est la même chose, ils mettent en effet, pour beaucoup, le même doigté à l'instrument et « traduisent » souvent les notes altérées par rapport à celles qu'ils connaissent le mieux ; soit parce que transposer implique pour eux de ne pas rester sur la même note que celle du morceau initial). La transposition au demi-ton chromatique a cependant pour inconvénient d'écarter les procédures qui passent par l'émergence d'une prise en considération, au premier plan, de la structuration intervallique (même si on peut envisager l'utilisation de procédures intervalliques qui révéleraient en partie des problèmes liés à la différenciation entre demi-ton diatonique ou chromatique).

Mi M). Ainsi, si nous avons eu à disposition une clarinette en *la* (qui jouerait donc le morceau en Lab M) la procédure aurait été contrainte dès le début du morceau. Nous souhaitons aussi permettre que les « connaissances de base » (l'expression est de Guy Brousseau) puissent fonctionner dans le cadre restreint de leur domaine de validité. Il s'agit du premier critère de la situation problème⁴⁴.

Les situations que nous avons construites obéissent ainsi à l'ensemble des critères que nous avons retenus :

- a) *L'élève doit pouvoir s'engager dans la résolution du problème. L'élève peut envisager ce qu'est une réponse possible du problème.*

L'élève peut s'engager dans la résolution du problème. Le chant ainsi que l'exécution instrumentale en groupe lui permettent d'avoir un regard précis sur le but à atteindre. Il peut envisager la mise en œuvre de procédures (par exemple, reporter de manière constante un même intervalle appréhendé en termes de nombre de notes). La tâche a été construite de telle façon que la procédure fonctionne sur les deux premières mesures.

- b) *Les connaissances de l'élève sont en principe insuffisantes pour qu'il résolve immédiatement le problème.*

La procédure consistant à ajouter un nombre de notes est insuffisante pour que l'élève résolve le problème. Il doit construire une procédure adéquate qui implique la prise en compte d'intervalles spécifiques, ce qui l'oblige à changer la manière dont il appréhende les notes (qui peuvent être considérées soit de manière isolée, soit dans leurs relations et au sein d'un système).

- c) *La situation problème doit permettre à l'élève de décider si une solution trouvée est convenable ou pas.*

Le milieu (dans la situation d'action) est lié à la rétroaction sonore que l'élève reçoit en écoutant l'exécution en duo (piano + instrument transpositeur) de sa transposition écrite. L'exécution doit sonner à l'unisson. En plus de l'unisson recherché dans l'exécution en duo, l'élève peut aussi confronter la ligne mélodique qu'il a mémorisée lors du déchiffrage chanté à l'exécution de l'instrument transpositeur ou encore repérer les conflits harmoniques entre l'accompagnement du piano et la(es) ligne(s) mélodique(s). Le milieu permet ainsi de renvoyer à l'élève la validité de sa réponse.

- d) *La connaissance que l'on désire voir acquérir par l'élève doit être l'outil le plus adapté pour la résolution du problème au niveau de l'élève.*

⁴⁴ Arsac et al., 1991.

La situation est construite de telle façon que l'élève n'a pas d'autre solution pour exécuter la tâche que de construire les connaissances souhaitées par l'expérimentateur. L'élève doit abandonner sa procédure initiale pour en mettre en œuvre une nouvelle qui implique de considérer les rapports d'intervalles au sein de l'échelle diatonique.

3. DISCUSSION

Le modèle d'un milieu antagoniste tel que le définit Guy Brousseau dans la théorie des situations à usage didactique pose le problème de la construction de situations adidactiques à des fins de production de savoirs. Nous avons présenté les principes de fonctionnement de ce type de situation à travers deux exemples. Le premier en didactique des mathématiques, domaine dans lequel est née la théorie des situations didactiques, le second est une proposition que nous avons faite concernant certains apprentissages musicaux. Le milieu antagoniste doit réagir aux actions de l'élève, il est constitué du « milieu matériel » dans la situation d'action de Brousseau, d'un « milieu-son » dans notre situation, mais aussi des autres élèves (« actants ») lors de la situation de formulation⁴⁵, puis de validation⁴⁶.

Dans la situation « puzzle », la rétroaction du milieu s'effectue par la perception visuelle : les pièces du puzzle s'assemblent ou non. Cette rétroaction permet à l'élève de connaître la validité de sa réponse, ce qui lui permet en cas de réponse erronée d'ajuster sa procédure et les connaissances qui lui sont associées. Il s'agit d'amener l'élève à quitter le modèle additif pour lui permettre d'entrer dans les savoirs que vise la situation (que l'enseignant a construite et qui correspond à l'objectif d'apprentissage) et qui concernent la proportionnalité. Dans la situation de transposition tonale nous avons également aménagé un milieu pour la validation. Les rétroactions s'effectuent par la perception sonore. Elles sont avant tout liées à l'exécution simultanée au piano (l'enseignante joue la partie originale) et à l'instrument transpositeur (l'élève clarinettiste ou saxophoniste joue la transposition) de la ligne mélodique, exécution qui ne doit pas sortir de l'unisson. Cette rétroaction va permettre à l'élève de repérer les erreurs qu'il a commises dans sa réalisation et l'inciter à changer sa procédure initiale qui consiste le plus souvent à ajouter pour chaque note de la mélodie un

⁴⁵ Nous nous sommes concentré dans cette contribution sur la situation d'action. Mais les rétroactions sont aussi liées aux situations de communication avec les autres élèves. La formulation est un moyen d'action sur un milieu (composé des autres élèves et de leurs systèmes de connaissances) qui va apporter au sujet informations et rétroactions afin de le faire progresser dans les connaissances. Cette situation a été décisive dans la progression des connaissances des élèves de notre expérimentation.

⁴⁶ Concernant la situation de validation, qui est une situation d'apprentissage de la preuve, la constitution d'un milieu antagoniste a été discutée par plusieurs auteurs en didactique des mathématiques (voir Hersant, 2010).

certain nombre de notes⁴⁷ (les intervalles sont appréhendés en termes de distance), pour une autre qui lui permettra de fournir une production valide sur le plan de la réalisation. Elle l'amènera à considérer les notes non plus de manière isolée, mais dans leurs relations, dans leur inscription au sein de l'échelle diatonique et plus largement du « système tonal ».

La nature de la rétroaction, ainsi que le caractère d'évidence qui en découle ne sont pas tout à fait semblables dans les deux situations. L'assemblage des pièces du puzzle renvoie à l'élève une rétroaction sans équivoque, bien qu'il faille souligner que certaines procédures rendent discutable sur le plan perceptif l'agencement des différentes pièces, ce qui pousse certains élèves à envisager la maladresse de découpage possible de ces différentes pièces⁴⁸. Dans notre situation, la rétroaction s'inscrit dans la temporalité du déroulement de l'œuvre lors de son exécution. L'élève doit prélever l'information sur le vif, cibler les endroits qui ne vont pas, les noter ou les mémoriser, mais surtout il doit s'engager dans un traitement perceptif plutôt complexe. Il faut préciser que la qualité de la discrimination perceptive de l'unisson est dépendante du jeu de l'élève instrumentiste (certains élèves lors de l'expérimentation ont évoqué la question de la « justesse » concernant le jeu de leur camarade, à l'image de la maladresse de découpage invoquée dans la situation « puzzle ») et qu'elle engage des phénomènes psychoacoustiques propres à la production simultanée de la même ligne mélodique qui est jouée par deux instruments différents (le timbre, la précision rythmique et de synchronisation des attaques et des chutes, la justesse etc. sont susceptibles de modifier ici les processus d'organisation perceptive⁴⁹). La perception de dissonances, plus ou moins saillantes en fonction des caractéristiques du matériau mélodique et harmonique⁵⁰, peut constituer une rétroaction possible. Mais ce n'est pas parce que la transposition sort de l'unisson qu'elle implique l'émergence d'une perception de la ligne mélodique en termes de dissonance (plusieurs réalisations ont d'ailleurs été effectuées à la tierce). Il existe aussi d'autres manières d'appréhender pour le sujet la validité de ses propositions. Ainsi, lors du troisième temps de la troisième mesure qui comporte une altération accidentelle, certaines transpositions réalisées par les élèves peuvent aller jusqu'à contraindre le contour mélodique : au lieu de descendre, il peut monter, descendre et monter, ou même parfois rester au même niveau de hauteur (par exemple, à la place de « *la-lab-sol* », un groupe d'élèves a proposé la

⁴⁷ Cette procédure est utilisée spontanément par 9 sujets sur les 12. Si elle est prépondérante, précisons que ces mêmes sujets ont utilisé d'autres procédures au cours de la transposition, en fonction de l'évolution des caractéristiques de la tâche (par exemple, en fonction des mouvements conjoints ou disjoints de la ligne mélodique).

⁴⁸ Voir Bessot, 2004.

⁴⁹ Voir, par exemple : Bregman, 1990 ; McAdams, 2015.

⁵⁰ Voir Zenatti, 1981.

transposition « *fa-fab-mi#* »). Ici ce joue un autre mécanisme lié au problème d'adéquation du contour mélodique⁵¹ tel qu'il est représenté graphiquement par le mouvement des notes sur la portée et du contour tel qu'il est perçu auditivement (lors d'une exécution qui inclut les altérations). Un autre exemple concerne le cas d'un élève qui va adapter sa réalisation, après l'écoute de son exécution, au niveau de la sensible qui amène vers une résolution sur la tonique (deux dernières notes). La transposition qu'il a réalisée (en Ré M) ne tient pas compte des altérations du ton (qui comporte deux dièses), ce qui fait qu'il finit le morceau sur les notes « *do-ré* » (au lieu de « *do#-ré* »). Après l'écoute de sa production écrite, il écrira sur sa copie « NUL » en indiquant par plusieurs flèches l'erreur d'altération qui se situe sur la note sensible, puis la réajustera en lui ajoutant un dièse. Il a repéré cette erreur, car la note est chargée d'une tension telle (d'autant plus que nous avons placé la note attractive sur le temps et non en levée) qu'elle ne saurait se diriger ailleurs que sur un degré précis (mouvement mélodique obligé). Lors de l'exécution, elle est en plus mise en valeur par l'accord de dominante (donc par l'harmonie sous-jacente) que fait retentir l'enseignante au piano sur ce mouvement cadentiel. Il ne s'agit pas seulement ici de l'appréhension d'une simple dissonance (qui peut s'entendre au niveau de la superposition des lignes mélodiques, mais aussi de l'harmonie). Cette attention particulière qu'accorde le sujet à ce passage traduit d'un point de vue psychologique une appréhension au minimum du dynamisme de la progression musicale au sein d'une figure dynamique constituée par l'alternance d'une tension et d'une détente⁵². Le sujet ne perçoit pas des distances entre hauteurs, des intervalles successifs, mais plutôt une hiérarchie tonale qui s'inscrit dans une temporalité et un vécu affectif. Il y a ainsi plusieurs stratégies de perception possibles. On précisera d'ailleurs que le sujet ne confronte pas seulement les deux lignes mélodiques jouées simultanément, il peut aussi confronter la ligne mélodique réalisée par l'instrument transpositeur avec le modèle mémorisé au cours du déchiffrage chanté et instrumental, ou encore confronter la ligne mélodique de la transposition exécutée au soubassement harmonique que fait entendre le piano. La dimension harmonique est ici fondamentale (qu'elle soit explicite ou implicite) dans le sens où toute production

⁵¹ L'appréhension du contour mélodique joue un rôle aussi bien dans les tâches de perception que dans les tâches de production. Dans le cas de productions chantées, elle constituerait une première étape du développement. Davidson (*Projet Zéro*) indique : « Les schèmes de contour apparaissent comme représentant la structure tonale pour l'enfant n'ayant pas reçu d'entraînement musical comme les échelles représentent la structure tonale pour ceux qui ont été davantage entraînés » (Davidson, 1994, p. 118, cité et traduit par Miroudot, 2000, p. 102). Dans le cas de la perception et reconnaissance de mélodies Dowling (2010) montre que les auditeurs qui ont une expérience musicale encodent les mélodies en termes de contour *et* d'échelle tonale, tandis que les auditeurs musicalement inexpérimentés le font en termes de contour *et* d'intervalles.

⁵² Voir Imberty, 2003.

mélodique implique la présence d'un schéma harmonique⁵³ qui sert d'appui à l'organisation des hauteurs discrètes.

Si les exemples que nous avons proposés décrivent en partie des processus de raisonnement logique (par exemple, dans la manière dont certains élèves déduisent l'intervalle de transposition et élaborent une règle qui consiste à systématiser son utilisation à l'ensemble des notes de la gamme), les situations que nous avons élaborées afin de permettre la construction de nouvelles connaissances musicales par les élèves intègrent de manière centrale des processus perceptifs. Ils relèvent d'apprentissages acquis précédemment par les élèves, au conservatoire ou à la maison, souvent de manière implicite. Le caractère « nouveau » de ces connaissances, dont la construction doit s'inscrire dans un temps long⁵⁴, n'est ainsi que relatif. En effet, comme nous l'avons souligné précédemment les très jeunes enfants acquièrent tout au long de leurs années d'expérience perceptive, les éléments de la syntaxe musicale de notre système tonal. Ces connaissances sont « nouvelles » dans le sens où elles vont pouvoir se développer dans le cadre d'un apprentissage intentionnel et explicite. Dans les situations didactiques proposées le sujet va mobiliser des schèmes sensoriels (ils servent de cadres cognitifs implicites pour organiser notre perception⁵⁵) dans l'action, ceux-ci vont faire l'objet de certains processus de traitement (ils sont décrits en termes de regroupements dans les théories cognitivistes⁵⁶). Nous faisons l'hypothèse que c'est leur structuration et leur intégration à des connaissances logiques (qui se construisent dans un temps abstrait, non dans l'immédiateté de l'écoute ou de la production) qui participent à l'élaboration d'une représentation de la connaissance en jeu pour les élèves. Cette représentation intègre des savoirs qui ne sont ainsi pas seulement d'ordre logique, mais qui sont issus d'expériences sensorielles, motrices et affectives (comme nous l'avons illustré par rapport à la gestion par un élève de la note sensible).

Selon Dowling, intervient dans l'audition d'une mélodie un ensemble de connaissances antérieures (relativement au schéma tonal) qui entrent « automatiquement en jeu dans le traitement de l'information mélodique plutôt qu'elle[s] n'est [ne sont]

⁵³ Une modélisation des principes d'organisation des hauteurs discrètes dans les systèmes musicaux est proposée par Leroy (2010). Il y indique comment la production mélodique même la plus élémentaire implique des schémas harmoniques en distinguant deux classes de complexes harmoniques : les schémas accordiques et les schémas scalaires.

⁵⁴ Les situations que nous avons présentées, à elles seules, sont bien sûr nettement insuffisantes. De la même façon il nous faut préciser que la situation « puzzle » de Brousseau n'est qu'une étape dans l'étude des rationnels et des décimaux (la 37^e leçon sur 65, nous précise Brousseau, 2004).

⁵⁵ Dowling, 1994, p. 146.

⁵⁶ On trouvera dans McAdams (2015) une description de certains processus d'organisation auditive.

explicitement accessible[s] à la réflexion consciente »⁵⁷. Les apprentissages qui impliquent des processus conduits par les données sensorielles sont difficilement accessibles à la description et à l'évocation verbale⁵⁸. On soulignera néanmoins que le recours à la médiation du langage verbal (comme « instrument psychologique » : Vygotsky, 1934) et plus largement à différents systèmes sémiotiques dans le cadre de dispositifs didactiques peut jouer un rôle important et même essentiel dans la construction du savoir. C'est ce que montre par exemple Guadalupe Segalerba⁵⁹ concernant le rôle que peut jouer la description verbale d'une mélodie lorsqu'elle est orientée sur certaines caractéristiques liées à la dimension des hauteurs (et de sa structuration, à partir notamment du contour mélodique) lors du passage de l'exécution vocale d'une mélodie à l'élaboration de sa représentation graphique. Néanmoins, dans notre expérimentation, la difficulté d'accès aux expériences de perception et à leur évocation ont pour conséquence, dans le cadre de la situation de formulation, puis dans celle de validation, à ce que les élèves privilégient des procédures énonçables et partageables. La procédure « audio-vocale » est peu explicite aux yeux des autres élèves. Sa formulation est impossible en dehors d'une monstration de celle-ci par l'intonation de la mélodie et à travers une démarche qui relève d'une forme d'exploration vocomotrice. Elle est peu comprise, car elle tient d'un vécu et de savoirs qui ne sont pas de nature logico-mathématique. De fait, elle ne fait pas autorité du point de vue des savoirs qui doivent être discutés et argumentés, contrairement à la procédure qui établit un tableau d'équivalence des notes et qui donne à voir une organisation logique, structurée et partageable du savoir.

Conclusion

La mise à l'épreuve du cadre théorique de Brousseau pour la didactique de la musique participe d'une démarche qui nous semble heuristique, dans le sens où elle nous oblige à mieux appréhender certains processus fondamentaux qui participent à la construction des connaissances musicales et à les penser en étroite interaction avec des situations didactiques. Les analyses que nous venons de produire montrent en partie les limites de l'utilisation de ce cadre théorique, lorsqu'on le confronte à la nature des savoirs musicaux, à la spécificité de

⁵⁷ Dowling, 1994, p. 149.

⁵⁸ « Les étudiants en musique apprennent progressivement à décrire la musique qu'ils entendent en employant des catégories verbales. La question demeure en suspens de savoir si la connaissance qu'ils emploient lorsqu'ils parlent de modulation d'une tonalité à l'autre, par exemple, est une verbalisation de la connaissance implicite relevant des mécanismes sensoriels qu'ils emploient effectivement lorsqu'ils entendent une modulation, ou s'il s'agit d'un système distinct et parallèle d'une connaissance « déclarative » créée précisément afin de parler de modulation » (Dowling, 1994, p. 169).

⁵⁹ Guadalupe Segalerba, Maria, « Le langage qui explicite la musique : une stratégie pour l'apprentissage de la notation des mélodies », *Journal de Recherche en Éducation Musicale*, 4(1), 2005, p. 5-29.

leurs modes d'appropriation, à la pluralité des registres d'intégration du musical (qui implique une composante émotionnelle, par exemple dans la manière de percevoir des formes de tensions et de détentes dans le flux musical). Le cadre broussaldien modélise une genèse du savoir mathématique (*théorie des situations mathématiques*⁶⁰). La typologie des situations à usage didactique (qui rend compte des relations dialectiques entre différentes formes de savoir et différents types de situations) ne va pas de soi lorsqu'on tente de la transposer aux apprentissages musicaux. Comme nous l'avons observé elle est contrainte dans la possibilité même de mise en expression des actions que réalisent certains sujets sur le milieu (lors des situations de formulation et de validation). De plus, il y a en musique, y compris par rapport à des savoirs qui sont ordinairement considérés comme plutôt théoriques, une prédominance du registre pragmatique (nous avons préservé dans chaque situation une validation empirique des productions musicales qui permet de donner une rétroaction à l'élève sur la tâche qu'il réalise) qui permet de rester au niveau assertorique sans se situer comme en mathématiques dans un registre épistémique.

On précisera enfin que l'un des atouts du type de rétroaction que nous avons conçu tient en sa dimension sonore et de son adéquation avec les enjeux de la discipline (la musique ou plus précisément la Formation Musicale). Dans la situation que nous avons présentée concernant les mathématiques, la rétroaction de la situation « puzzle » est de l'ordre de la perception visuelle (les pièces s'assemblent ou non), elle est plutôt donc éloignée des savoirs mathématiques visés, ce qui implique d'amener les élèves dans un second temps à passer d'un argument perceptif à un argument formalisé (par la symbolique numérique et par les opérations mathématiques). La rétroaction sonore que nous proposons s'inscrit en revanche entièrement dans les enjeux de la discipline et est partie prenante du savoir en construction. Elle permet d'inscrire le sujet dans une « éducation de l'oreille ». Ce qui constitue une priorité dans toute éducation musicale, que cela concerne le cours d'instrument ou celui de Formation Musicale. Dans notre expérimentation, la rétroaction permet au sujet de construire une image sonore de ce qu'il écrit ou du moins de travailler sur la mise en rapport du codage graphique et du phénomène sonore dans certaines de ses facettes, alors que beaucoup d'activités pédagogiques qui relèvent d'un travail d'écriture non seulement ne travaillent pas sur cette mise en relation, mais peuvent tout à fait permettre au sujet de l'ignorer.

⁶⁰ Voir Brousseau, 2010, concernant la distinction entre la *théorie des situations mathématiques* et la *théorie des situations didactiques en mathématiques*.

BIBLIOGRAPHIE

- ARSAC, Gilbert, GERMAIN, Gilles, MANTE, Michel, *Problème ouvert et situation-problème*, Villeurbanne, IREM de Lyon, 1988.
- ARTIGUE, Michel, « Ingénierie didactique », *Recherches en didactique des mathématiques*, 9(3), 1988, p. 281-308.
- ARTIGUE, Michèle, DOUADY, Régine, « Note de synthèse. La didactique des mathématiques en France - Emergence d'un champ scientifique », *Revue française de pédagogie*, 76, 1986, p. 69-88.
- BACHELARD, Gaston, *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, PUF, 1934.
- BESSOT, Annie, « Une introduction à la théorie des situations didactiques », *Les cahiers, Leibniz*, 91. En ligne : <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00078794/document>
- BLOCH, Isabelle, « Différents niveaux de modèles de milieu dans la théorie des situations », Jean-Luc Dorier, Michèle Artaud, Michèle Artigue, René Berthelot, Ruhai Floris (dir.), *Actes de la 11^e Ecole d'été de didactique des mathématiques*, Grenoble, La Pensée Sauvage, 2001, p. 125-139.
- BOURG, Adrien, « Une situation adidactique pour les apprentissages pianistiques », *Éducation & Didactique*, sous presse.
- BREGMAN, Albert S., *Auditory Scene Analysis : The Perceptual Organization of Sound*, Cambridge, MIT Press, 1990.
- BROUSSEAU, Guy, « Processus de mathématisation », *Cahiers de l'IREM*, 9 (1971), et *Bulletin de l'association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public*, numéro Spécial (1972), « La mathématique à l'école élémentaire », p. 428-442. En ligne : <https://guy-brousseau.com/952/processus-de-mathematisation/>
- BROUSSEAU, Guy, « Les échecs électifs en mathématiques dans l'enseignement élémentaire », *Revue de Laryngologie otologie rhinologie*, 101, 3-4, 1980, p. 107-131.
- BROUSSEAU, Guy, « Problèmes de didactique des décimaux », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 2(1), 1981, p. 37-127.
- BROUSSEAU, Guy, « Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(2), 1986, p. 33-115.
- BROUSSEAU, Guy, « La théorie des situations didactiques », cours donné lors de l'attribution à Guy Brousseau du titre de Docteur Honoris Causa de l'Université de Montréal, 1997. En ligne : <http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2011/06/MONTREAL-archives-GB1.pdf>
- BROUSSEAU, Guy, *Théorie des Situations Didactiques (1970-1990)*, Paris, La Pensée sauvage, 1998.
- BROUSSEAU, Guy, « Des dispositifs d'apprentissage aux situations didactiques en mathématiques », texte présenté à l'Université de Genève en 2004, lors de la collation du doctorat Honoris Causa de Guy Brousseau, 2004. En ligne : <http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2012/12/Des-dispositifs-dapprentissage-aux-situations-didactiques-en-math%C3%A9matiques.pdf>
- BROUSSEAU, Guy, « Recherches en éducation mathématique », *APMEP*, 457, 2004, p. 213-224. (Original en français de la Conférence donnée en anglais à ICME 10, à Copenhague, à l'occasion de la réception de la médaille Félix Klein 2003). En ligne : <https://www.apmep.fr/IMG/pdf/AAA05021.pdf>
- BROUSSEAU, Guy, « Les situations mathématiques, propriétés et composantes », cours donné en 2010. En ligne : <https://guy-brousseau.com/1023/cours-2010-les-situations-mathematiques-proprietes-et-composantes/>
- BROUSSEAU, Guy, « Des dispositifs Piagétien... aux situations didactiques », *Éducation & Didactique*, 6(2), 2012, p. 103-129.

- BROUSSEAU, Guy, « Introduction à l'Ingénierie Didactique », texte en ligne sur le site de l'auteur, 2013. En ligne : <http://guy-brousseau.com/wp-content/uploads/2013/12/Introduction-%C3%A0-ling%C3%A9nierie-didactique3.pdf>
- CAPORALETTI, Vincenzo, « La théorie des musiques audiotactiles et ses rapports avec les pratiques d'improvisation », *Filigranes*, 8, 2008. En ligne : <http://revues.mshparisnord.org/filigrane/index.php?id=361>
- CHAILLEY, Jacques, « Solmisation relative ou solfège absolu ? », *L'Éducation Musicale*, 123, 1965, p. 26-27.
- CHAILLEY, Jacques, « Solmisation relative ou solfège absolu ? », *L'Éducation Musicale*, 125, 1966, p. 18.
- CHAILLEY, Jacques, « La solmisation Kodaly », *L'Éducation Musicale*, 295, 1983, p. 7-10.
- CHEVALLARD, Yves, « Sur l'ingénierie didactique », Présenté à la *Seconde Ecole d'été de Didactique des Mathématiques* (5-17 juillet), Olivet, 1982. En ligne : http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Sur_1_ingA_c_nierie_didactique_-_YC_-_1982.pdf
- CUGNY, Laurent, « Théorie des musiques audiotactiles et notation », 2016. En ligne : <https://www.iremus.cnrs.fr/sites/default/files/cugny19iii2016.pdf>
- DAIGNAULT, Louis, « Do fixe ou Do mobile ? : Un débat historique », *Recherche en éducation musicale*, Faculté de Musique de Laval, Québec, 31, 2014, p. 23-34. En ligne : http://www.mus.ulaval.ca/reem/REEM_31_DO%20fixe.pdf.
- DOUADY, Régine, « Approche des nombres réels », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 1(1), 1980, p. 77-110.
- DOUADY, Régine, « Jeux de cadres et dialectique outil-objet », *Cahier de Didactique*, 3, Paris, IREM Paris-VII, 1984. En ligne : <http://www.irem.univ-paris-diderot.fr/up/publications/IPS00002.pdf>
- DOUADY, Régine, « Jeux de cadres et dialectique outil-objet », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(2), 1986, p. 5-31.
- DOUADY, Régine, « Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir », *Repères –IREM*, 15, 1994, p. 37-61.
- DOWLING, W.Jay, « La structuration mélodique : perception et chant », Arlette Zenatti (dir.), *Psychologie de la musique*, Paris, PUF, 1994, p. 145-176.
- DOWLING, W.Jay, « La perception de la musique et la mémoire des mélodies », Laurent Guirard (dir.), *50 ans de psychologie de la musique. L'école de Robert Francès*, Montauban, Alexitière, 2010, p. 109-128.
- DUCHEZ, Marie-Elisabeth, « La représentation spatio-verticale du caractère musical grave-aigu et l'élaboration de la notion de hauteur de son dans la conscience musicale occidentale », *Acta Musicologica*, 51(1), 1979, p. 54-73.
- GUADALUPE SEGALERBA, Maria, « Le langage qui explicite la musique : une stratégie pour l'apprentissage de la notation des mélodies », *Journal de Recherche en Éducation Musicale*, 4(1), 2005, p. 5-29.
- HERSANT, Magali, *Empirisme et rationalité au cycle 3 : vers la preuve en mathématiques*, Mémoire complémentaire pour l'Habilitation à diriger des recherches en Sciences de l'Éducation, Université de Nantes, 2010.
- IMBERTY, Michel, « Langage, musique et cognition : quelques remarques sur l'évolution nécessaire des problématiques psychologiques des vingt dernières années », *Circuit*, 13(2), 2003, p. 93-110. En ligne : <https://www.erudit.org/en/journals/circuit/2003-v13-n2-circuit3625/902275ar.pdf>

- IMBERTY, Michel, « Formes de la répétition et formes des affects du temps dans l'expression musicale », *Musicae Scientiae*, 1(1), 1997, p. 32-62.
- LEROY, Jean-Luc, « Principes d'organisation des hauteurs discrètes dans les systèmes musicaux », *Musurgia*, XVII(1), 2010, p. 17-47.
- MADURELL, François, « France : An uncertain and unequal combat », *The Origins and Foundations of Music Education. Cross-Cultural Studies of Music in Compulsory Schooling*, Gordon Cox & Robin Stevens (dir.), London, Continuum International Publishing Group, 2010, p. 29-44.
- MCADAMS, Stephen, *Perception et cognition de la musique*, Paris, Vrin, 2015.
- MIROUDOT, Laurent, *Structuration mélodique et tonalité chez l'enfant*, Paris, L'Harmattan, 2000.
- PERRIN-GLORIAN, Marie-Jeanne, « Théorie des situations didactiques : naissance, développement, perspectives », Michèle Artigue, Régis Gras, Colette Laborde, Patricia Tavignot (dir.), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France. Hommage à Guy Brousseau et Gérard Vergnaud*, Grenoble, La Pensée Sauvage, 1994, p. 97-147.
- PERRIN-GLORIAN, Marie-Jeanne, « Problèmes d'articulation de cadres théoriques : l'exemple du concept de milieu », *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(3), 1999, p. 279-322.
- PERRIN-GLORIAN, Marie-Jeanne, BALTAR BELLEMAIN, Paula Moreira, « L'ingénierie didactique entre recherche et ressource pour l'enseignement et la formation des maîtres », *CEMeR*, 9(1), 2019, p. 45-82. En ligne :
<https://pdfs.semanticscholar.org/72fb/714c2194b630afd3896bfca96ad969363584.pdf>
- PIAGET, Jean, *L'équilibration des structures cognitives*, Paris, PUF, 1975.
- PIAGET, Jean, *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*, Paris, Delachaux & Niestlé, 1936/1977.
- RIBIERE-RAVERLAT, Jacquotte, *Développer les capacités d'écoute à l'école. Ecoute musicale, écoute des langues*, Paris, PUF, 1997.
- SALIN, Marie-Hélène, « Repères sur l'évolution du concept de milieu en théorie des situations », Jean-Luc Dorier, Michèle Artaud, Michèle Artigue, René Berthelot, Ruhul Floris (dir.), *Actes de la 11^e Ecole d'été de didactique des mathématiques*, Grenoble, La Pensée Sauvage, 2002, p. 111-124.
- SCHNEIDER, Maggy, MERCIER, Alain, « Situation adidactique, situation didactique, situation-problème : circulation de concepts entre théorie didactique et idéologies pour l'enseignement », Actes du Colloque *Didactiques : quelles références épistémologiques ?*, Bordeaux, 2005. En ligne :
https://www.researchgate.net/publication/320555726_Situation_adidactique_situation_didactique_situation-probleme_circulation_de_concepts_entre_theorie_didactique_et_ideologies_pour_l%27enseignement
- VYGOTSKI, Lev Semionovitch, *Pensée et langage* (tr. fse. F. Sève : 1985), Paris, La Dispute, 1935/1985.
- ZENATTI, Arlette, *L'enfant et son environnement musical. Etude expérimentale des mécanismes psychologiques d'assimilation musicale*, Issy-les-Moulineaux, Editions EAP, 1981.