Création et perception d'une œuvre de musique contemporaine:
***The Angel of Death* de Roger Reynolds**

Sandrine Vieillard(1), Stephen McAdams(1,2), Emmanuel Bigand(3) et Roger Reynolds(4)
(1) Ircam-CNRS, Paris
(2) Département d'Etudes Cognitives, Ecole Normale Supérieure, Paris
(3) LEAD-CNRS, Université de Bourgogne, Dijon
(4) Department of Music, University of California at San Diego, La Jolla, California

INTRODUCTION

La musique est une forme libre d'expression artistique qui repose néanmoins sur des systèmes de règles destinés à être subtilement dépassés puis remplacés. Cette extensibilité hors du cadre conventionnel, qui caractérise la création musicale, renseigne sur l'ajustement continu des systèmes cognitifs qui produisent et comprennent des styles musicaux en perpétuelle évolution. La question se pose aujourd'hui de savoir quelles sont les possibilités (plasticité du fonctionnement cognitif) et les limites (capacités de traitement) de la cognition humaine pour apprécier et comprendre une œuvre de musique contemporaine (voir McAdams, 1987, 1989 ; Bigand, Perruchet et Boyer, 1998). Adressée principalement aux spécialistes de la cognition musicale, cette question ne préoccupe pas moins les compositeurs à la recherche de nouvelles propositions sonores et sensibles (Reynolds, 2002a). Le présent travail se situe dans une problématique fondamentalement d'ordre cognitivo-artistique et vise à actualiser la relation entre l'activité de création musicale et les recherches empiriques sur les potentialités du système cognitif qui la reçoit. Une manière de donner corps à cette interaction a consisté à travailler en étroite collaboration avec un compositeur de musique contemporaine. L'objectif de l'étude, qui sera développée ici, a été de fournir des éléments de réflexion issus de la démarche empirique sur les questions de la perception et de la compréhension des matériaux musicaux d'une œuvre contemporaine.

Notre contribution concerne à la fois les processus de création et de résolution de problèmes dans la composition musicale et les processus cognitifs impliqués dans le traitement des matériaux de l'œuvre. Elle a d'abord consisté à suivre de très près la conception et la composition de l'œuvre en cours de création en étroite collaboration avec le compositeur. Nous avons ensuite développé trois principaux axes d'investigation. Le premier vise la compréhension des processus de

In M. Borillo, (Ed.), *Approches cognitives de la création artistique* (pp. 129-153). Brussels, Belgium: Pierre Mardaga.

traitement perceptifs et mnésiques des matériaux musicaux. Le second a pour but d'étendre cette compréhension aux processus qui sont impliqués dans le traitement des variations et des transformations de ces matériaux. Le troisième enfin s'emploie à décrire comment l'œuvre entière est perçue et traitée en temps réel. Ces trois directions convergent vers la question fondamentale de l'intégration cognitive de la grande forme en musique contemporaine.

1- LA CREATION MUSICALE : *THE ANGEL OF DEATH*

The Angel of Death est un concerto pour piano solo, orchestre de chambre (5 cordes, 4 cuivres, 4 bois, 3 percussions) et sons traités par ordinateur. Cette pièce a été composée par Roger Reynolds pour une commande de l'Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique (Ircam). Sa création mondiale s'est déroulée en juin 2001 au Centre Pompidou dans le cadre du Festival Agora et sa création nord-américaine s'est faite lors du Time Forms Festival à l'Université de Californie à San Diego en avril 2002.

Compositeur de renommée internationale et professeur de composition musicale à l'Université de Californie à San Diego, Roger Reynolds se distingue par son intérêt actif pour la recherche dans les domaines des technologies musicales et des sciences cognitives. Il a participé notamment au développement des travaux sur le traitement numérique des sons et leur spatialisation sonore. Les divers algorithmes de transformation sonore qu'il a introduit dans *The Angel of Death* en sont une illustration intéressante. Certains des algorithmes produisent une réorganisation temporelle des évènements sonores naturels et viennent ainsi perturber le sens des liens de causalité perçus. Ces transformations électroacoustiques ne font rien de moins que jouer avec les processus perceptifs et bouleverser les attentes des auditeurs.

Du point de vue de sa structure générale, la pièce de Roger Reynolds a été organisée autour de cinq thèmes qui regroupent chacun un ensemble de matériaux thématiques appelés « sections » (voir Reynolds, 2002b). Les sections appartiennent à un réseau de relations qui forment des zones de combinaisons entre deux thèmes ou encore des zones de transitions d'un thème à un autre. L'œuvre a par ailleurs été conçue en deux moitiés inscrites dans le même cadre temporel. Ces deux moitiés se distinguent à la fois par le type d'instrumentation choisie pour chacune d'elles (piano ou orchestre) et par le type de structure sur laquelle elles reposent. On distingue en effet une structure en « sections » bien délimitées et une structure en « domaines » plus diffuse, où les matériaux thématiques se chevauchent et s'interpénètrent de façon organique (figure 1).

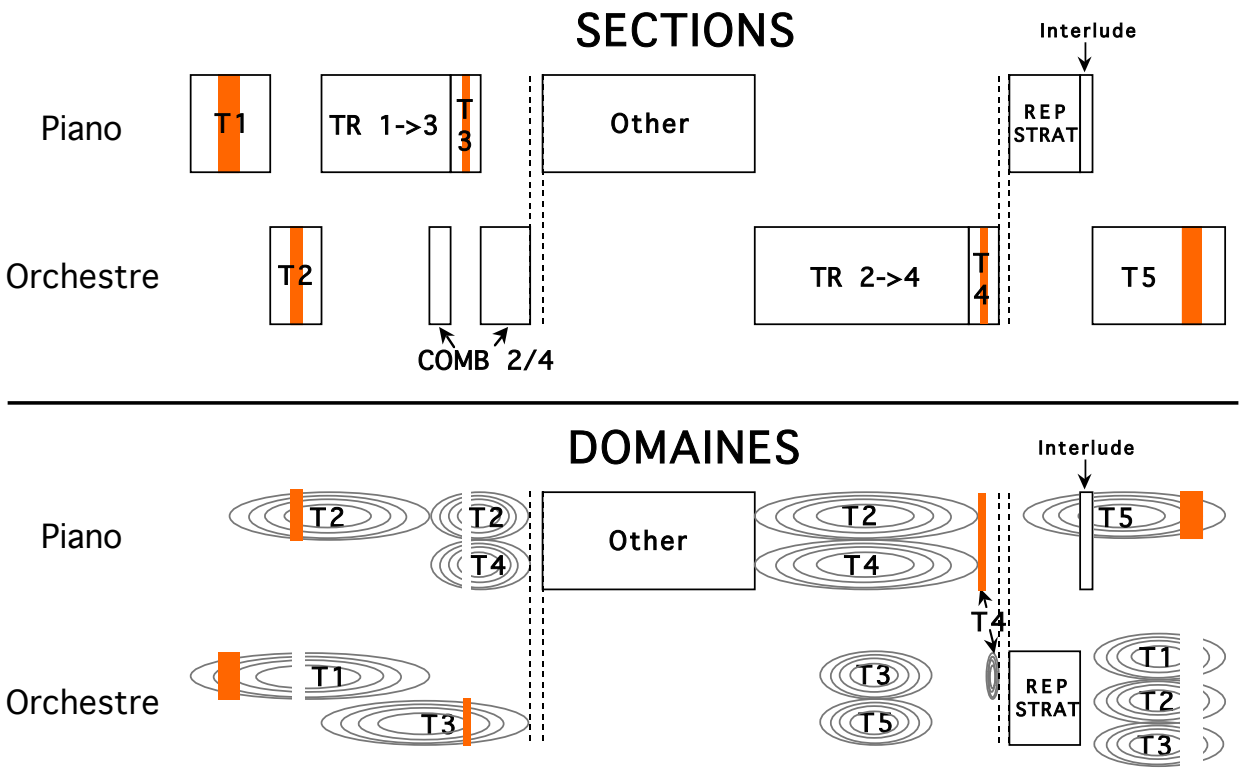

Figure 1 — Structure générale de la pièce *The Angel of Death* présentée dans ses deux moitiés « Sectionnelle » et « Domaniale » comprenant chacune l'ensemble des thèmes (T), ainsi que des zones de combinaison (COMB) et de transition (TR) jouées au piano ou à l'orchestre. D'autres sections de la pièce qui n'ont pas une relation directe avec les matériaux thématiques sont « Other » (« autre » en anglais), une section de strates en ostinati (REP STRAT) et une interlude pour piano.

Les sections emblématiques de chaque thème (indiquées en orange sur la figure 1), que Reynolds appelle les « élements noyaux », forment l'ossature de la structure générale de chaque moitié de l'œuvre. Les noms donnés par le compositeur aux cinq thèmes : « Équilibre in extremis », « Assertion contradictoire », « Incertitude frémissante », « Déchirures déchiquetées » et « Ligne intérieure » est une bonne illustration de leur conception comme identités distinctes possédant des caractères très différents. Ces thèmes contiennent respectivement 9, 7, 4, 7 et 7 sections. Ces 34 sections, composées à la fois pour piano et pour orchestre de chambre, forment les extraits à partir desquels la partie électroacoustique de l'œuvre et les parties composées pour les instruments sont dérivées. Certaines des expérimentations présentées ci-après ont été réalisées sur ces sections.

Les deux moitiés dites « Sectionnelle » et « Domaniale » peuvent être jouées dans les deux ordres possibles, offrant ainsi deux versions de l'œuvre. Pour chacune des deux versions, une partie

électroacoustique accompagne toujours la deuxième moitié, indépendamment de son instrumentation ou de sa structure (figure 2). Nous verrons plus loin que la structure générale de la pièce a été conçue de telle façon qu'elle puisse répondre aux objectifs de la démarche expérimentale.

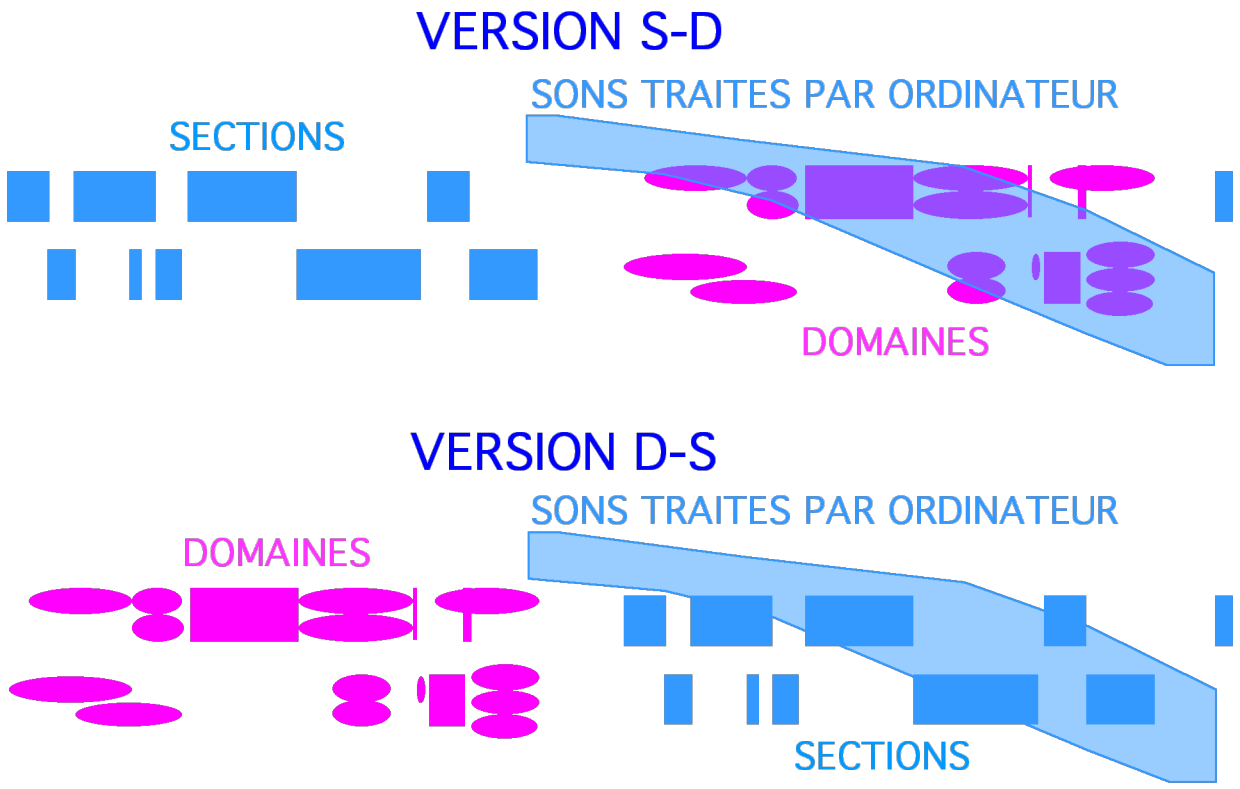

Figure 2 — Représentation macroscopique de la pièce symbolisant les deux ordres d'interprétation possibles des moitiés « Sectionnelle » et « Domaniale », ainsi que l'apparition systématique de la partie électroacoustique en deuxième moitié.

2- LES PROCESSUS DE CRÉATION ET DE RÉSOLUTION DE PROBLÈME DANS LA CRÉATION MUSICALE

Le compositeur a abondamment documenté sa pensée en décrivant la structure de sa pièce grâce à des représentations symboliques accompagnant la notation musicale traditionnelle. Ces descriptions symboliques constituent un ensemble de commentaires, de dessins, de tableaux de durées et de proportions, de références artistiques et scientifiques ou encore des esquisses et des plans de composition. Tous ces éléments font partie intégrante du processus de composition pour Roger Reynolds. Il est possible par exemple de trouver dans ces ressources documentaires une caractérisation verbale des matériaux musicaux ou encore des représentations visuelles des

textures et des configurations musicales. Cette somme d'informations est précieuse pour l'étude du processus de composition.

Par exemple, afin d'offrir une caractérisation plus développée des matériaux thématiques de l'œuvre, le compositeur a conçu des cartes de texture représentant la forme et la structure en différentes sections des thèmes (figure 3) dont les propriétés dramatiques ont été caractérisées verbalement. Chaque thème est envisagé comme un individu possédant ses propres traits de personnalité. De plus, chacun d'eux comporte ce que le compositeur a appelé un « élément noyau », c'est-à-dire une section dont la fonction est de représenter l'essence du thème, son identité centrale.

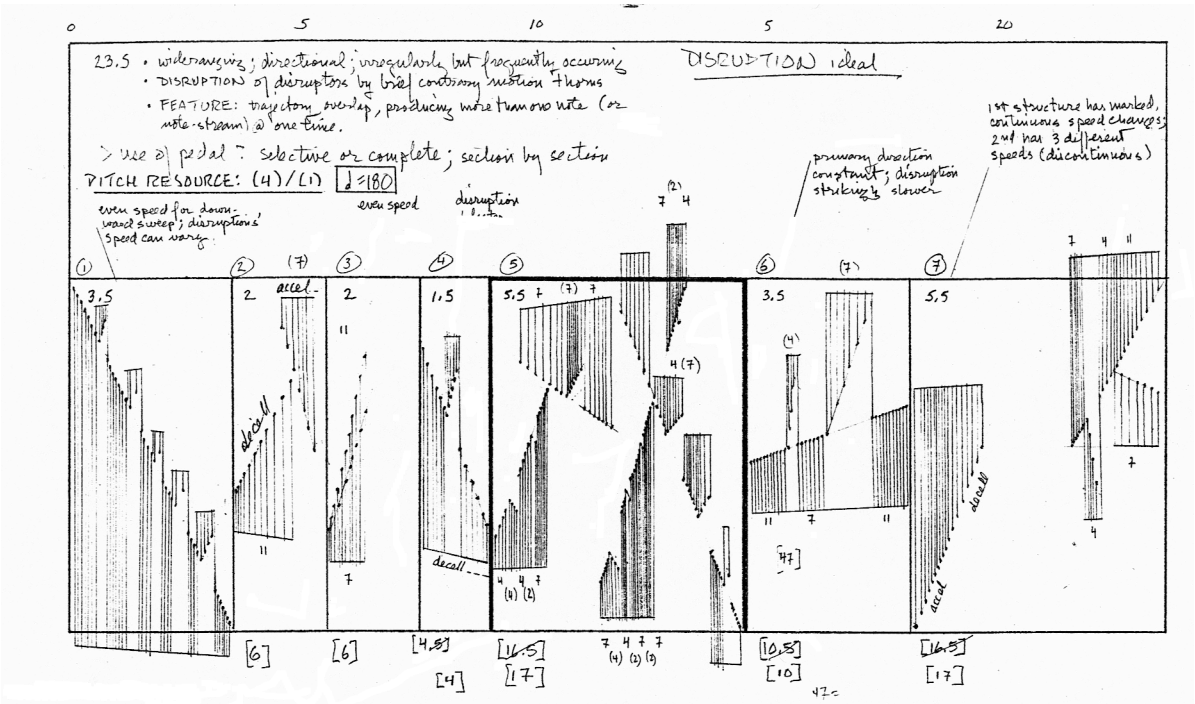

Figure 3 — Exemple d'une carte de texture représentant les 7 sections du quatrième thème de la pièce avec ses caractérisations textuelles. Chaque section est délimitée par un segment vertical. L'élément noyau est l'élément central encadré par des segments plus épais.

Le travail de composition a intégré un ensemble de problématiques liées à la spécificité de la démarche expérimentale. Afin de rendre compte au mieux de la dynamique des processus perceptifs et mnésiques impliqués dans la reconnaissance et la compréhension des différents matériaux de l'œuvre, la structure musicale devait offrir des paramètres et des variables suffisamment larges. Par exemple, l'ordre interchangeable des deux moitiés de l'œuvre,

possédant chacune une structure (Sectionnelle ou Domaniale) et une instrumentation différente (piano ou orchestre), a permis l'étude des phénomènes d'interaction, en vue d'examiner l'effet de l'écoute préalable d'une moitié de la pièce sur la compréhension de l'autre moitié, et vice versa.

Ces différentes contraintes instrumentales et structurelles, imposées d'emblée par le compositeur, ont posé un certain nombre de problèmes compositionnels qu'il a été amené à résoudre en développant différents types de stratégies (McAdams & Reynolds, 2002). La question de la résolution de problèmes dans la composition musicale est particulièrement intéressante à aborder notamment parce qu'elle n'a pas beaucoup été étudiée dans la littérature (voir néanmoins Sloboda, 1985, chap. 4). Ainsi, une première contrainte a été imposée par la nécessité de composer cinq matériaux thématiques interprétables aussi bien au piano que par un orchestre de chambre, quelle que soit la moitié de la pièce dans laquelle ils apparaissaient. Pour résoudre ce problème, le compositeur a utilisé les contraintes d'exécution imposées par le jeu au piano. Les textures musicales des matériaux ont été imaginées pour être jouées avec deux mains, les timbres de l'orchestre devant alors se déployer à l'intérieur de ce schéma. Toutefois, au piano, il est possible de réaliser des gestes très complexes parfaitement synchronisés et de couvrir une large gamme de hauteurs, alors que pour l'orchestre, les différents instruments sont synchronisés de l'extérieur (chef d'orchestre) et possèdent une gamme de hauteurs très réduite en comparaison avec celle du piano. La solution du compositeur a donc reposé, pour l'orchestre, sur l'utilisation de tempi relativement rapides et sur l'introduction d'enchaînements entre instruments synchronisés sur les temps principaux de la métrique. Cette technique a permis une sorte de tuilage des instruments pour réaliser les grands gestes pianistiques tout en laissant la liberté aux timbres des instruments de l'orchestre de se déployer.

Le cadre temporel identique des deux moitiés de l'œuvre présentait une autre contrainte pour le travail de composition. Pour une moitié de l'œuvre, la structure musicale repose des frontières claires entre les sections (moitié Sectionnelle) pouvant correspondre à un matériau thématique donné, à une combinaison entre matériaux issus de différents thèmes ou encore à des transitions entre deux thèmes. L'autre moitié de la pièce repose au contraire sur une architecture plus floue qui induit une perception plus diffuse des matériaux dont certaines parties superposées créées des champs d'influence d'un thème sur un autre (moitié Domaniale). La conception des deux moitiés de l'œuvre est donc assujettie à l'intégration et à la structuration distinctes de matériaux de base

strictement identiques. Autrement dit, la relation entre les matériaux varie d'une moitié à l'autre pour créer deux configurations musicales à la fois parentes et singulières. La stratégie de résolution a reposé sur l'élaboration d'une représentation spatiale commune intégrant des points d'ancrage (les éléments noyaux) situés exactement au même moment dans les deux moitiés. La moitié Sectionnelle a été composée en premier et la structure métrique (une mesure de 4/4 suivi d'une mesure de 3/8, etc.) de cette moitié a été reportée à l'identique à la moitié Domaniale. La métrique identique des partitions et la présence des points d'ancrage offraient ainsi une articulation judicieuse entre les deux moitiés de l'œuvre.

Le fait que la pièce soit jouée dans les deux ordres possibles (S-D versus D-S)[1] a introduit une nouvelle contrainte : la partie électroacoustique de l'œuvre qui apparaît systématiquement en deuxième partie doit être conçue pour accompagner indistinctement les deux moitiés de la pièce. Pour résoudre ce problème, le compositeur a choisi de travailler sur les durées en divisant la partie électroacoustique en une série de régions dont les débuts coïncidaient avec celles de certaines zones instrumentales de la seconde moitié de l'œuvre. L'alliance entre la partie électroacoustique et la partie instrumentale a été possible dans la mesure où les matériaux traités par ordinateur ont été tirés de l'enregistrement des matériaux thématiques originaux joués soit au piano soit à l'orchestre.

La description des stratégies de résolution du compositeur est une manière originale d'approcher l'œuvre. Elle illustre le cheminement de sa pensée musicale pour dévoiler la complexité et la richesse structurelle de la pièce à travers ses matériaux musicaux, leur organisation temporelle et leurs relations réciproques. Ce qui intéresse le psychologue, en plus des processus de création, est de savoir comment les formes musicales ainsi créées sont perçues par l'auditeur néophyte ou adepte de la musique contemporaine. Autrement dit, il s'agit saisir, du point de vue des processus cognitifs, ce qu'entend, ce que comprend et ce qu'éprouve l'auditeur à l'écoute d'une telle œuvre.

3- LES PROCESSUS PERCEPTIFS ET COGNITIFS IMPLIQUÉS DANS L'APPRÉCIATION ET LA COMPRÉHENSION DE L'ŒUVRE

Trois séries d'expérimentations ont été réalisées pour étudier la perception et la mémorisation des matériaux musicaux ainsi que la compréhension de la structure globale de la pièce. L'ensemble

de ces études a été réalisé à la fois avec des auditeurs musiciens professionnels et des auditeurs n'ayant aucune formation musicale. La prise en compte de l'expertise musicale visait à mieux comprendre la nature des connaissances impliquées dans l'activité de perception et de compréhension des matériaux de l'œuvre.

Le travail expérimental a débuté avec l'étude de la perception et du traitement des matériaux thématiques de la pièce. Chronologiquement, ces matériaux ont été les premières composantes disponibles avant que la totalité de la pièce ne soit entièrement écrite. Dans la pièce, ces matériaux sont déclinés en un ensemble de transformations et de variations. Il était donc intéressant d'une part d'examiner comment les auditeurs percevaient ces transformations et d'autre part d'évaluer dans quelle mesure ils les reconnaissaient explicitement ou implicitement comme étant relié aux matériaux originaux. L'étude de la perception et de la compréhension des interactions entre matériaux originaux et transformés a également été réalisée en situation d'écoute en temps réel pour explorer les processus dynamiques impliqués dans les jugements à la fois structuraux et affectifs de la pièce. Ce dernier volet d'expérimentations a constitué une première dans le domaine de l'étude de la perception et du traitement des matériaux en situation d'écoute contextualisée.

3.1. Le traitement des matériaux thématiques de l'œuvre

Les matériaux thématiques correspondent aux différentes sections musicales issues des cinq thèmes de l'œuvre. La particularité de chaque thème réside dans « l'autonomie » de sa musicalité reposant sur l'articulation de sections parfois musicalement différentes mais structurées de telle façon à définir une unité sonore. La première série d'expériences aborde les questions de la perception de la similarité musicale entre les différentes sections, de leur segmentation perceptive et enfin de la perception de leurs relations temporelles.

3.1.1.Percevoir la similarité entre les sections d'un même thème et entre les sections provenant de thèmes différents

L'objectif de ce travail était de spécifier les critères perceptifs et cognitifs utilisés par les auditeurs pour juger la similarité entre les différentes sections de la pièce (Vieillard et al., 2002a). Deux expériences ont été réalisées respectivement sur les versions pour piano et orchestre avec

[1] D pour moitié Domaniale ; S pour moitié Sectionnelle.

plus d'une centaine d'auditeurs musiciens et non musiciens. Pour chacune des deux versions, les 34 sections thématiques ont été présentées. La tâche des auditeurs consistait à les écouter attentivement pour ensuite les regrouper selon leur « air de famille musical ». Cette activité de regroupement correspondait à une tâche de classification libre car aucun critère de catégorisation ni aucune limite de temps n'étaient imposés. Les auditeurs pouvaient donc regrouper autant d'extraits qu'ils le souhaitaient dans autant de classes différentes. Une fois la tâche terminée, ils devaient expliquer verbalement les raisons de leurs regroupements en précisant quels étaient les points communs qui reliaient les extraits au sein d'une même classe.

Les résultats de cette expérience ont tout d'abord montré que le niveau d'expertise musicale n'influençait pas la façon dont les relations de similitude entre les différentes sections des thèmes étaient perçues. Les auditeurs font des regroupements qui coïncident plus ou moins fortement avec l'organisation thématique de la pièce selon la version dans laquelle elle est jouée. Pour la version piano, le nombre et le contenu des classes sont très proches de l'organisation thématique. Ainsi, le pourcentage de sections qui appartiennent au même thème et qui ont été mise dans une même classe atteint respectivement 44 %, 71 %, 75 %, 71 % et 71 % pour les thèmes 1 à 5. Cela suggère que les relations de similarité entre les sections thématiques sont plutôt bien perçues. En revanche, pour la version orchestrée, le degré d'appariement est moins grand. Les auditeurs ont tendance à effectuer plus de classes que de thèmes, et la nature des regroupements ne correspond pas toujours exactement à l'organisation thématique de la pièce. Cette différence n'est guère surprenante dans la mesure ou la richesse musicale de la version orchestrée conduit les auditeurs à multiplier le nombre de critères de classification. La disparité des regroupements observée pour la version orchestrée ne signifie pas pour autant que les relations de similarité ne sont pas perçues. Le pourcentage d'appariements est identique à celui de la version piano pour les thèmes 1 et 2 et atteint 50 % pour les thèmes 3, 4 et 5, ce qui correspond à une décroissance d'environ 20 % en comparaison avec la version pour piano. Ainsi, les relations de similitude et de dissemblance entre les sections sont en partie préservées avec le changement d'instrumentation, mais les liens créés par le timbre des instruments dans la version pour orchestre s'imposent parfois comme critère de classification.

Les propriétés musicales impliquées dans la perception de la similarité ont été analysées à partir des verbalisations des auditeurs. Ceci a permis de mettre en évidence une multiplicité de critères

perceptifs de classification allant de la prégnance de patrons rythmiques et de hauteurs à des qualités d'atmosphère ou encore des dominances instrumentales (tableau 1). Ces critères semblent indiquer que, de manière générale, les auditeurs s'attachent préférentiellement aux caractéristiques de surface comme le timbre (en particulier pour la version orchestrée), la dynamique, le tempo et la tonalité pour extraire les indices de similarité entre les matériaux plutôt qu'aux relations structurelles comprenant l'harmonie ou encore les palettes de hauteurs et de durées.

	Piano	**Orchestre**
Classe 1	*Suite rapide de notes, mouvements ascendants et descendants.*	*Timbre caractéristique des instruments à cordes avec mouvements rapides, sans directionalité.*
Classe 2	*Caractère disjoint et imprévisible avec réitération d'éléments individuels.*	*Grande directionalité, fluidité et grâce.*
Classe 3	*Jeu rapide, fluide et doux, sans directionalité.*	*Rythme lent, contexte harmonique stable évoquant une atmosphère lyrique*
Classe 4	*Impression de lenteur et de douceur associées à une vitesse d'exécution fluctuante.*	*Energie importante avec une dominance de cuivres évoquant un danger.*
Classe 5		*Caractère incongru et capricieux avec réitération d'éléments individuels.*

Tableau 1 — Synthèse des verbalisations des auditeurs pour les différentes classes d'extraits réalisées en fonction de leur « air de famille musical ».

Pour tester la stabilité de ces critères, une seconde expérience a été réalisée dans laquelle de nouveaux auditeurs ont apparié les 34 extraits de l'œuvre à des portraits verbaux. Ces portraits verbaux étaient tirés des verbalisations associées à chacune des classes créées dans l'expérience de classification libre (tableau 1). Il s'agissait de vérifier si les appariements confirmeraient les relations observées entre verbalisation et classification. Pour chacune des versions

instrumentales, l'analyse de la fréquence des appariements a permis de montrer que les auditeurs n'appariaient pas les extraits aux portraits de manière aléatoire. Les données montrent une consistance de l'organisation des appariements avec celle des classes mises en évidence par la tâche de classification libre. Ainsi, pour la version piano, les extraits d'une même classe sont pour 85 % des cas appariés aux portraits dérivés des verbalisations associées à la classe. Pour la version orchestrée, la consistance est légèrement plus faible, mais demeure relativement bonne si l'on tient compte de la multiplicité des dimensions perceptives utilisées pour apparier les extraits joués à l'orchestre à leurs portraits. Globalement, les portraits verbaux fournissent des critères perceptifs adéquats pour y associer chaque extrait, validant ainsi les critères perceptifs qui ont permis aux auditeurs d'extraire les relations de similarité et de dissemblance entre les sections des différents thèmes de la pièce.

Il apparaît que les auditeurs perçoivent une grande partie des relations de similarité entre les sections des thèmes. Il reste à vérifier, s'ils parviennent à percevoir avec autant d'acuité les implications structurelles des matériaux musicaux, sachant que l'organisation en cinq thèmes et la structure interne de chacun d'entre eux reposent sur l'articulation de sections parfois musicalement différentes.

3.1.2. Percevoir et comprendre les fonctions thématiques des sections musicales

Une autre formulation de la problématique pourrait être : Les auditeurs perçoivent-ils les fonctions thématiques des sections ? Si oui, sont-ils en mesure de percevoir leur organisation temporelle à l'intérieur d'un thème donné ? Une manière de répondre à ces questions a consisté, dans un premier temps, à demander à des auditeurs musiciens et non musiciens de se familiariser avec les 5 thèmes en portant différents types de jugements perceptifs, esthétiques et sémantiques sur eux (Bigand et al., 2002a). Des paires d'extraits issus des 5 thèmes étaient ensuite présentées. Chacune de ces paires contenait le passage identifié par le compositeur comme étant « l'élément noyau » du thème. La tâche des sujets était double : ils devaient indiquer si les deux extraits de la paire appartenaient au même thème et si oui, préciser lequel des deux apparaissait « avant » l'autre.

Pour l'auditeur, ce type de tâche oblige à évaluer la plausibilité musicale du regroupement des deux extraits dans un même thème et à calculer l'ordre temporel d'apparition des deux extraits. Elle implique par conséquent un effort de compréhension des implications structurelles des

extraits car celles-ci ne se confondent pas nécessairement avec les relations de similarité perçues. Deux extraits peuvent êtres musicalement très différents et pourtant contribuer à définir l'identité d'un même thème. Les résultats ont montré que les sujets parvenaient avec difficulté mais à des seuils supérieurs au hasard à réaliser la tâche d'appartenance, y compris les non musiciens. Seuls les musiciens répondent à des taux supérieurs au hasard à la seconde tâche d'ordonnancement temporel. Les données les plus intéressantes concernent les performances remarquables de petits groupes d'auditeurs non musiciens, qui bien que ne connaissant absolument pas ce type de musique, et ne portant pas de jugements esthétiques très favorables, parviennent malgré tout à des performances aussi élevées dans les deux tâches que celles des meilleurs musiciens. Cela signifie que si les fonctions thématiques des matériaux de base de la pièce ne sont pas toujours aisément perçues par tous, elles restent malgré tout perceptibles. À ce stade, l'enjeu de la recherche psychologique sera de préciser les variables différentielles et de mettre en évidence les caractéristiques associés à ces petits groupes qui semblent très bien « comprendre » la structure des matériaux contemporains sans pourtant y être nécessairement familiers.

Au cours de l'exposition des matériaux thématiques de l'œuvre, les auditeurs perçoivent donc clairement leurs relations de similarité et parviennent, pour certains d'entre eux, à comprendre la structure et l'organisation des sections thématiques. Cette capacité est indépendante des connaissances musicales et repose principalement sur l'extraction des éléments les plus saillants de la pièce comme le rythme, le timbre, les moments de tension et de détente.

L'œuvre de Roger Reynolds ne se résume cependant pas aux matériaux thématiques puisque ces derniers se déclinent en un ensemble de transformations et de variations donnant chair à l'œuvre. La structure générale de l'œuvre s'enracine donc à la fois dans les matériaux thématiques originaux et transformés. C'est pourquoi la compréhension de l'œuvre renvoie nécessairement à la perception des matériaux transformés.

3.2. Le traitement des versions transformées des thèmes de l'œuvre

Pour appréhender certains aspects de la structure globale de la pièce, l'auditeur doit comprendre le rapport entre les matériaux originaux et leurs transformations (McAdams & Matzkin, 2002). La démarche du psychologue consiste à tester la perception des matériaux dérivés et à examiner comment les auditeurs les reconnaissent, explicitement ou implicitement, comme étant liés aux matériaux originaux. Parmi les transformations et les variations de l'œuvre, deux catégories ont

été étudiées. La première correspond aux changements perceptifs liés à un changement d'instrumentation (piano versus orchestre) entre la première et la seconde moitié de la pièce. La seconde concerne les algorithmes de transformation électroacoustique destinés à produire une réorganisation temporelle des événements sonores à l'intérieur des thèmes.

3.2.1. La reconnaissance des thèmes avec changements d'instrumentation

Pour comprendre l'impact d'un changement de timbre lié à un changement d'instrumentation sur la mémorisation des extraits musicaux de l'œuvre, il a été demandé à des musiciens et des non musiciens d'écouter et de mémoriser 9 extraits de l'œuvre joués soit au piano soit à l'orchestre (Bigand et al., 2002b). Après cette phase d'apprentissage, un test de mémoire était réalisé. Il consistait à présenter ces 9 extraits parmi 9 nouveaux extraits de l'œuvre. Deux groupes indépendants d'auditeurs ont été testés. Pour le premier groupe, cette tâche était relativement facile puisque le timbre ne changeait pas. En revanche, le second groupe d'auditeurs était informé que les extraits allaient être joués par une autre formation instrumentale et que leur tâche consistait à reconnaître ceux préalablement entendus.

Les données de cette étude ont révélé un très fort effet de la présence du changement de timbre sur les performances de mémoire, indiquant que la constance perceptive des thèmes à travers ce changement de timbre n'est pas une évidence en musique contemporaine. Dans l'ensemble, l'expertise musicale n'entraîne pas de meilleures performances. Mais elle conduit à réagir de façon très différente aux changements de timbre. Ainsi, les musiciens qui ont des performances bien meilleures que les non musiciens en l'absence de changement de timbre ont des performances catastrophiques lorsque ce changement se produit. Ces performances restent au niveau du hasard. De manière surprenante, elles sont pires que celles, supérieures au hasard, des non musiciens. Il apparaît donc que les traits musicaux stockés en mémoire diffèrent en fonction de l'expertise musicale des auditeurs. Chez les non musiciens, le contenu des traces mnésiques serait associé à des caractéristiques indépendantes de la couleur du son et semblerait plutôt être liée au rythme, au contour et à la densité sonore. Chez les musiciens en revanche, les éléments codés en mémoire seraient très proches de la surface musicale et semblent également inclure les couleurs des sons et la reconnaissance des familles instrumentales. Ce codage différentiel traduit-il des caractéristiques générales du fonctionnement de la mémoire où renvoie-t-il à des stratégies spécifiques de mémorisation de la musique contemporaine ? Pour répondre à cette question, une

expérience identique a été réalisée avec un poème symphonique de Liszt dont il existe une version orchestre et une version pour piano et dont les caractéristiques structurelles étaient par certains points comparables à celles de la pièce contemporaine. Les résultats de cette étude ont montré que pour la musique tonale romantique, la constance perceptive d'un thème à travers des changements de timbre était possible et cela quel que soit le niveau d'expertise musicale.

L'ensemble des données recueillies à partir de deux œuvres très différentes suggère que le système cognitif possède des procédures de représentation des informations musicales différentes selon la familiarité des auditeurs avec les styles des œuvres présentées. Dans le cas d'une œuvre tonale romantique, ces procédures conduisent à construire une représentation des extraits entendus à l'aide de formats relativement abstraits (thèmes, harmonies, etc.) qui sont faiblement affectées par un changement d'instrumentation. Dans le cas de la musique contemporaine, ce niveau d'abstraction semble faire défaut chez des auditeurs experts en musique. Ceci pose donc le problème de la perception de la grande structure de l'œuvre, laquelle repose sur une alternance des expositions thématiques par deux groupes instrumentaux différents. Mais qu'en est-il de la perception et de la mémorisation du lien entre les thèmes et leurs transformations électroacoustiques ?

3.2.2. L'influence des processus de transformations électroacoustiques sur la mémorisation des matériaux thématiques originaux

La question de la perception de la similarité entre les matériaux de la pièce se pose aussi tout particulièrement pour la relation entre les matériaux thématiques et leurs transformations électroacoustiques. Deux d'entre elles correspondent à une réorganisation systématique des sections des thèmes selon des algorithmes paramétrés et reposent par conséquent sur une communauté de matériaux avec les thèmes originaux. L'hypothèse sous-jacente au travail du compositeur est que cette communauté de matériaux rend possible la perception d'une relation. En même temps, sur un plan dialectique, la nature de la transformation impose une « signature » à chaque algorithme. Pour l'expérimentateur, l'objectif était d'examiner cette relation du point de vue du traitement mnésique des matériaux à partir de l'hypothèse selon laquelle l'auditeur peut, de manière implicite, mettre en rapport les matériaux thématiques et transformés (Vieillard et al., 2002b). Il s'agissait de savoir si l'écoute préalable d'extraits thématiques favorisait la reconnaissance des transformations appliquées à ces mêmes thèmes. Cette question a été testée à

l'aide d'un paradigme d'amorçage dans lequel la présentation préalable d'un stimulus « amorce » doit normalement faciliter le traitement ultérieur d'un stimulus « cible » dont la particularité est d'entretenir une relation perceptive ou sémantique avec « l'amorce ». L'étude a porté sur deux types de transformations produites par des algorithmes de segmentation différents et appliquées aux enregistrements des matériaux thématiques. Ces transformations électroacoustiques, rappelons-le, conservaient la nature des sons originaux à l'intérieur du thème tout en imposant un remaniement de sa structure temporelle (Reynolds, 2002a).

Une première transformation électroacoustique appelée « *SPIRLZ* » désignait une série de segments contigus de durée identique. Une réorganisation temporelle débutait vers le milieu de la série puis procédait par la concaténation progressive des segments pris de part et d'autre de ceux déjà utilisés. L'algorithme opérait de cette façon sur plusieurs cycles en utilisant des durées de segment de plus en plus petites ou de plus en plus grandes afin de créer une impression d'accélération ou de décélération. D'un point de vu perceptif, l'algorithme produisait une sorte de mouvement en spirale à travers le matériau d'origine. Un second algorithme appelé « *SPLITZ* » segmentait le matériau musical d'origine et spatialisait les segments pairs et impairs (joués respectivement dans l'oreilles droite et gauche pour nos stimuli expérimentaux). Les segments impairs étaient joués dans l'ordre chronologique du matériau d'origine, tandis que les segments pairs étaient joués dans l'ordre inverse. Ces deux séries se superposaient dans le temps avec des enveloppes d'amplitude différentes. Ce type de transformation donnait l'impression d'un son très irrégulier et saccadé, avec beaucoup de silences.

Dans l'expérience, des extraits thématiques étaient d'abord présentés aux auditeurs qui avaient pour consigne de simplement écouter les extraits. Dans un second temps, ils devaient mémoriser de nouveaux extraits correspondant à des transformations électroacoustiques dont seule la moitié étaient dérivées des extraits thématiques exposés dans la première phase d'écoute. Dans une phase test, les auditeurs devait alors reconnaître, parmi de nouvelles transformations électroacoustiques, celles qu'ils avaient mémorisées. Ce plan d'expérience a été conçu de manière à favoriser la construction de traces en mémoire des matériaux thématiques destinées à servir d'amorce pour la mémorisation de leurs transformations dérivées. Il s'agit d'une mémorisation implicite des points communs entre les matériaux, les extraits originaux et leurs transformations algorithmiques. Cette relation, stockée en mémoire, est supposée faciliter la récupération

ultérieure de ces mêmes transformations. Les résultats obtenus n'ont toutefois pas permis de mettre en évidence un effet d'amorçage. Pour cette raison, la relation entre thèmes et transformations a été testée une seconde fois à partir d'une tâche de rafraîchissement en mémoire. Le but était de vérifier si le rafraîchissement des transformations par leurs thèmes d'origine pouvait faciliter la reconnaissance ultérieure de ces mêmes transformations présentées parmi d'autres. Les résultats de cette seconde étude ont révélé l'existence d'un effet de rafraîchissement des thèmes sur les transformations de type *SPIRLZ* c'est-à-dire sur des algorithmes qui produisaient une impression de figure sonore en spirale avec un effet d'accélération et de décélération au cours de la séquence. En revanche, aucun effet de rafraîchissement n'a été observé pour les transformations caractérisées par des figures sonores spatialisées dans lesquelles des plages de silence plus ou moins longues étaient introduites (*SPLITZ*). Ceci est peut-être lié à la présence de silences susceptibles de faire obstacle à l'encodage et à la formation de traces mnésiques suffisamment saillantes pour la reconnaissance des transformations. La densité d'information inégale entre les deux algorithmes pourrait donc être l'origine de la perception plus ou moins forte d'une relation entre matériaux originaux et transformations algorithmiques. Dans une troisième étude, cette particularité a donc été prise en compte et la densité des événements entre les deux types de transformations a été harmonisée pour obtenir des extraits comparables. La même tâche de rafraîchissement a été proposée à de nouveaux auditeurs. Les résultats obtenus montrent que même si les auditeurs distinguent facilement les anciens des nouveaux extraits transformés, ils ne semblent pas bénéficier d'un quelconque effet de rafraîchissement, ni pour *SPLITZ*, ni pour *SPIRLZ*.

Il apparaît en définitive que les auditeurs ne profitent pas ou peu des contextes d'amorçage ou de rafraîchissement introduits parmi les phases d'écoute et de reconnaissance des extraits transformés. Cela soulève une question essentielle relative au traitement en mémoire des matériaux de l'œuvre. Les auditeurs bénéficient-ils de suffisamment de traces mnésiques pour encoder les indices de similarité entre les versions originales et transformées d'un même extrait ? Une hypothèse, à démontrer, serait que les tâches d'amorçage et de rafraîchissement ne portent que sur des composantes locales de l'œuvre. Un encodage partiel de l'œuvre ne permet sans doute pas d'intégrer l'ensemble des relations entre les différents matériaux. Les traces en mémoire sur leur similarité ne sont donc pas suffisamment élaborées pour être disponibles et opérationnelles. Cette hypothèse mériterait d'être examinée dans une situation d'écoute où l'auditeur a la

possibilité d'encoder l'œuvre entière. Une situation d'écoute plus écologique constituerait en effet le meilleur cadre expérimental pour étudier la manière dont les auditeurs appréhendent la structure globale et les aspects esthétiques de l'œuvre. Ce dernier point a donc fait l'objet du troisième volet d'expérimentations développé plus bas.

3.3. La dynamique des processus cognitifs à l'œuvre dans l'écoute contextualisée

La prise en compte du contexte de l'œuvre est une étape nécessaire à l'étude de la cognition musicale parce qu'elle est la seule façon de rendre compte des aspects dynamiques du traitement des informations musicales. Paradoxalement, peu d'études ont abordé les réactions des auditeurs au cours du temps sur les œuvres musicales complètes, notamment en ce qui concerne l'expérience esthétique et affective qui sont des processus essentiels pour la compréhension de la grande forme musicale (voir Fredrickson, 1995; Schubert, 1996; Tillmann et Bigand, 1996 ; Krumhansl, 1997; Sloboda & Lehmann, 2001). L'expérience émotionnelle induite par la musique est un des principaux ressorts du plaisir de l'auditeur. Elle constitue un accès privilégié à l'œuvre et crée une médiation directe entre la structure musicale et sa perception. De ce point de vue, la compréhension des matériaux sonores engage nécessairement les processus émotionnels. Une hypothèse est que l'émotion induite par une œuvre musicale implique des mécanismes implicites de traitement de la structure musicale (Gabrielsson & Lindström, 2001; Scherer & Zentner, 2001). Ce traitement reposerait sur l'apprentissage implicite des régularités musicales auxquels tout auditeur est exposé au cours de sa vie. L'acquisition de ces connaissances se doublerait d'une intégration des patterns émotionnels qui leur sont intimement liés. Un tel cadre de pensée permet de rendre compte des expectatives qui se développent chez l'auditeur au cours de l'écoute d'une œuvre classique. En revanche, il s'applique moins facilement aux œuvres contemporaines dont les règles de composition n'appartiennent pas au système tonal. Il apparaît donc crucial de comprendre quelle est la relation entre l'expérience émotionnelle de l'auditeur et la grande forme musicale d'une œuvre contemporaine.

Trois principales approches théoriques de la compréhension de la grande forme en musique ont été développées. Une première approche, issue de la musicologie classique, envisage la grande forme comme une arborescence hiérarchique des différents éléments musicaux (p. ex., Lerdahl et Jackendoff, 1983). Ce modèle purement structurel repose sur l'idée d'une forme « hors temps ».

Il ne permet donc pas de rendre compte des processus responsables de l'intégration des éléments au cours du temps, puisqu'il ignore les limites de la mémoire humaine. Une approche antagoniste au modèle musicologique postule au contraire l'existence d'un présent perceptif qui pourrait être assimilé à une sorte de fenêtre mobile et temporelle évoluant avec les différents moments de l'œuvre. Cette conception concaténationniste (Levinson, 1997), très intéressante du point de vue des processus dynamiques, rejette cependant toute idée d'intégration et d'expérience d'une grande forme. Une troisième approche alternative consiste donc à tenter de rendre compte à la fois des processus dynamiques mnésiques et attentionnels responsables de l'intégration des différents moments musicaux au cours du temps, et des processus de construction d'une représentation mentale de la structure générale de l'œuvre. Cette approche postule l'existence d'un traitement cognitif des divers aspects structurels et affectifs de l'œuvre et des interactions entre les différents moments musicaux. La forme musicale à grande échelle est donc envisagée ici comme l'expérience dynamique de différents moments de la pièce et de leurs réminiscences pour une intégration progressive de la grande forme (McAdams et al., 2002).

Aborder la dynamique des processus perceptifs, cognitifs et émotionnels, nécessite la mesure des réponses comportementales en temps réel. Une troisième grande étude a donc été conduite pour enregistrer en continu les jugements des auditeurs sur les aspects structuraux et affectifs de l'œuvre. Dans ce type de procédure, la mesure en continu des réponses comportementales nécessite une double implication de la part de l'auditeur puisqu'il doit à la fois écouter et réagir à la pièce tout en traduisant son expérience par l'intermédiaire d'une interface d'enregistrement en temps réel. Pour l'étude, les auditeurs ont utilisé un boîtier de réponse[2] doté d'un curseur destiné à être déplacé sur une échelle de jugement continu. Selon que le jugement se rapportait à la structure de l'œuvre ou à l'expérience affective, deux échelles étaient prévues. La première concernait la perception de la familiarité des matériaux musicaux par rapport à ce qui avait été entendu depuis le début de la pièce. Cette échelle explorait la dynamique de la perception de la similarité des matériaux musicaux et leur reconnaissance dans un contexte musical réel. L'autre échelle concernait la force de l'émotion ressentie pendant l'écoute et visait notamment à explorer les effets de la grande forme sur l'expérience esthétique et affective spontanée.

[2] Le dispositif de mesure a nécessité l'utilisation de 128 boîtiers, 3000 m de câblerie, 4 interfaces de conversion, et 2 ordinateurs en parallèle (Smith, 2001).

Lors de la création mondiale de l'œuvre à Paris et de la création nord-américaine à San Diego, des auditeurs volontaires ont utilisé en situation de concert les boîtiers de réponse pour effectuer leurs jugements continus soit sur l'échelle de familiarité soit sur l'échelle de force émotionnelle. Pour le jugement des aspects structurels de l'œuvre, les consignes précisaient que la « familiarité » n'était relative qu'à ce qui avait été entendu depuis le début de la pièce, et cela, indépendamment de toute référence musicale antérieure. Les instructions relatives au jugement des aspects conatifs précisaient que des réactions émotionnelles positives ou négatives d'une force équivalente devaient être jugées de façon identique sur l'échelle. Pour les deux concerts parisien et américain, les deux versions de l'œuvre étaient présentées. À Paris, ces deux versions ont d'abord été jouées dans l'ordre D-S puis S-D tandis qu'à San Diego, l'ordre inverse a été joué. Les deux versions étaient séparées par une autre pièce à l'issue de laquelle était prévu un entracte. L'expérience en situation de concert se terminait par un questionnaire sur la formation musicale des auditeurs et sur leurs réactions à chaud face au dispositif d'enregistrement.

L'intérêt principal de l'expérience visait à mettre en relation les réponses structurales et émotives avec la structure musicale de l'œuvre. L'analyse a porté sur le profil moyen des réponses en continu, c'est-à-dire sur la réaction moyenne des auditeurs face aux changements structurels ou émotionnels perçus d'un moment à l'autre de la pièce. Ce profil moyen intègrait les réponses des musiciens et non musiciens car le premier niveau d'analyse n'a pas révélé de différences de réaction structurelle et émotionnelle entre ces auditeurs. Cette similitude entre les réactions spontanées des musiciens et des non musiciens à la première écoute de l'œuvre peut s'expliquer parce que les musiciens possèdent, pour la plupart, une culture musicale classique qui leur vaut, comme les non musiciens d'être peu familiers avec la musique contemporaine.

3.3.1. Les jugements de familiarité

Une première caractéristique importante du profil de réponse moyen est la présence de fonctions en paliers traduisant une réaction subite des auditeurs aux matériaux nouveaux ou déjà entendus depuis le début de la pièce. Lorsque l'on superpose ce profil temporel à la structure globale de la pièce, il apparaît clairement que la succession des réactions de nouveauté et de familiarité des auditeurs aux différents moments de la pièce s'apparie de manière cohérente avec l'exposition et la re-exposition des matériaux. De manière générale, le profil évolue au cours de l'œuvre dans le sens d'un niveau de familiarité plus grand avec les matériaux. Ceci traduit une familiarité accrue,

au fil de l'écoute, au style du compositeur et aux matériaux de base utilisés pour sa construction. Lorsque l'examen du profil temporel moyen se situe à un niveau plus local, l'ampleur et la vitesse des réponses de familiarité varient selon la nature des frontières structurale de la pièce. Pour la partie « Sectionnelle » où le début et la fin des thèmes sont clairement délimités, le profil de réponse est plus ample que pour la partie « Domaniale » qui se caractérise par des zones de recouvrement entre thèmes et donc par une perception beaucoup plus floue des frontières.

Rappelons que la structure de l'œuvre est construite sur un principe d'exposition répétée des mêmes matériaux présentés soit à l'identique, soit dans une version transformée. Cette dernière est basée soit sur un changement d'instrumentation soit sur l'introduction d'un algorithme de transformation électroacoustique. La courbe de familiarité montre clairement que l'apparition de matériaux nouveaux ou le retour de matériaux déjà présentés sont souvent reconnus en tant que tels. Plus précisément, 9 frontières[3] structurales ont été choisies dans chaque moitié de la pièce pour décrire plus finement le profil des jugements de familiarité des auditeurs. Les latences des réponses aux frontières ont été prises en compte et la différence de familiarité de part et d'autre de ces frontières a été comparée aux différences calculées pour des périodes temporelles semblables à l'intérieur de chaque section juste avant et juste après la frontière. Des analyses statistiques inférentielles attestent le fait que la sensation de frontières est généralement plus forte pour la moitié Sectionnelle que pour la moitié Domaniale.

Par ailleurs, l'aptitude des auditeurs à reconnaître, dans le contexte musical, les éléments noyaux des thèmes (toujours avec un changement d'instrumentation dans l'œuvre) a été examinée en prenant en compte l'augmentation globale de familiarité décrite précédemment. La mesure a consisté à rapporter systématiquement le niveau de familiarité de l'élément noyau d'un thème aux périodes adjacentes de durée semblable de part et d'autre de ce noyau. Pour inférer une reconnaissance du thème, la familiarité devait augmenter davantage pour le noyau que pour les éléments adjacents. Le résultat de ce test indique que seul le thème 1 est reconnu plus loin dans la pièce. Ce type de résultats n'est pas sans rappeler l'absence d'effet d'amorçage ou de rafraîchissement en mémoire ou encore la difficulté de reconnaître un matériau présenté avec un changement d'instrumentation observées dans les études précédentes. Si l'on s'intéresse plus

[3] Ces frontières correspondent aux entrées du thème 2, du thème 3, d'Other, de la région de transition entre T2 et T4 (TR24), du thème 4, de REP STRAT, de l'Interlude, ainsi que la frontière entre l'Interlude et le thème 5, et celle entre le thème 5 et le solo pour ordinateur (section D10 suivant la première moitié et section S7 suivant la deuxième moitié) (voir fig. 1).

particulièrement à la situation d'écoute en contexte musical, on peut avancer l'hypothèse selon laquelle les auditeurs ont des difficultés à opérer une forme de segmentation des moments musicaux familiers car les grandes plages de développement de ces matériaux génèrent déjà un sentiment diffus de familiarité avec le contexte musical. Du point de vue du compositeur, la saillance perceptive affectée par l'auditeur à un matériau musical pourrait dépendre de sa durée relative. La durée assez courte des éléments noyaux et leur intégration musicale dans le contexte environnant ne constituent peut-être pas la forme d'instantiation la plus dramatique pour les faire émerger en tant que tels.

3.3.2. Les jugements émotionnels

D'après les réponses recueillies aux questionnaires de fin d'expérience, il semblerait que cette situation de jugement émotionnel ait permis aux auditeurs d'entrer beaucoup plus facilement dans cette œuvre jusqu'alors étrangère. Ceci suggère que la focalisation de l'auditeur sur les aspects émotionnels de son expérience musicale constitue une médiation efficace pour la compréhension de l'œuvre dans sa globalité. Contrairement à l'idée généralement répandue selon laquelle la musique contemporaine est une musique froide et trop intellectuelle, la mesure des réponses conatives en temps réel témoigne de la force émotionnelle ressentie à l'écoute de l'œuvre et démontre que l'accès à ce style musical emprunte largement les voies de l'expérience sensible, esthétique et affective. Il existe en effet une relation étroite entre la structure de l'œuvre et le profil moyen des réponses émotionnelles. Cette relation s'observe tout particulièrement pour les moments musicaux conçus par le compositeur comme étant les temps émotionnels les plus forts[4].

Un dernier aspect intéressant du profil de réponse est l'effet potentiel de la grande forme musicale sur le jugement émotionnel. Selon que la moitié Sectionnelle ou Domaniale est jouée en premier ou en second, la forme globale du profil des réponses émotionnelles se révèle être très différente. Ceci pourrait s'expliquer par la différence d'interprétation entre les deux exécutions ou encore par l'apparition de la partie électroacoustique en seconde moitié, susceptible d'affecter les réactions émotionnelles. Une troisième hypothèse est que l'écoute préalable d'une moitié peut moduler la réaction à l'écoute de l'autre et vice versa. Ces hypothèses alternatives sont

[4] Il s'agit notamment de deux soli pour ordinateur qui correspondent à l'arrivée de l'ange de la mort et d'une dernière séquence musicale réintroduisant par rappel successif les matériaux thématiques de l'ensemble de la pièce et générant ainsi l'étrange sentiment d'un ultime passage de la pièce « devant » les oreilles de l'auditeur avant l'épilogue pour piano qui symbolise le dénouement final.

particulièrement intéressantes et l'objectif des futures investigations sera de tester l'influence de la partie électroacoustique sur les jugements émotionnels en présentant la pièce entière sans l'introduction de cette partie.

CONCLUSION

À la fois commande artistique et scientifique, *The Angel of Death* marque une étape importante pour la compréhension des stratégies de composition et pour la découverte des processus psychologiques impliqués dans l'écoute de la musique contemporaine. L'approche expérimentale qui a représenté la part la plus importante du projet, a porté sur le traitement des structures musicales dans des contextes d'écoute très différents de laboratoire ou de concert. La technique d'enregistrement des jugements en temps réel développée à cet effet, constitue par son envergure et son originalité, une première dans le domaine de la cognition musicale.

Les données disponibles à ce jour montrent que les difficultés à percevoir l'identité perceptive des thèmes par-delà leurs transformations, s'observent autant en condition d'écoute en laboratoire qu'en situation de concert. Ainsi, quelle que soit le contexte, les auditeurs ne semblent pas bénéficier des traces mnésiques héritées de l'exposition préalable aux matériaux thématiques. Cela renseigne sur la nature cognitive des difficultés rencontrées lors de l'appréhension d'une œuvre contemporaine à sa première écoute. La mise en évidence de ces limites ne constitue pourtant pas toute la somme des données recueillies car une partie d'entre elles ont permis de mettre en évidence un certain nombre de potentialités perceptives et cognitives. Par exemple, les auditeurs sont tout à fait capables de percevoir les relations de similarité entre les sections des thèmes et à comprendre globalement les articulations temporelles à l'intérieur de ces thèmes. Ils parviennent à percevoir la structure complexe de l'œuvre, mais sur un laps de temps relativement court. Autrement dit, ils comprennent la façon dont les matériaux sont localement reliés et organisés mais rencontrent des difficultés pour intégrer l'ensemble de ces matériaux. En revanche, les réactions affectives aux matériaux se développent sur un laps de temps beaucoup plus large, comme pourrait le suggérer l'effet potentiel de la grande forme sur les profils émotionnels. Cette potentialité constitue à n'en pas douter une piste de recherche très intéressante pour l'analyse des processus intégrateurs impliqués dans la compréhension de la grande forme musicale.

D'autres pistes se dessinent pour les recherches futures, par exemple sur la question de la compréhension des matériaux de l'œuvre et des contenus lexicaux, sémantiques et imagés des représentations spontanées des auditeurs. L'étude de la relation entre ces contenus de représentations et les intentions du compositeur (documentées sous forme de dessins de texture et descripteurs verbaux) devrait permettre de rendre compte du degré de compréhension de l'œuvre par les auditeurs. Pour tester l'adéquation entre la construction musicale a priori du compositeur et les évocations spontanées des auditeurs, ces derniers pourraient effectuer une tâche qui consiste à apparier les dessins et les descripteurs verbaux du compositeur aux thèmes musicaux. Au regard des précédentes données qui indiquent l'attachement des auditeurs aux éléments de surface de la pièce, il est probable que l'appariement soit fortement médiatisé par ces mêmes caractéristiques de surface.

Une analyse musicologique permettrait de caractériser les processus de variation et de transformation des thèmes afin d'évaluer de manière objective le degré de similarité musicale qui subsiste après un processus de transformation. Ces éléments d'analyse devraient compléter l'interprétation des données expérimentales. Par ailleurs, la question des invariants communs entre matériaux originaux et transformés réclame de nouvelles expérimentations pour tester la capacité des auditeurs à abstraire des indices de similarité. Par exemple, une tâche de catégorisation perceptive pourrait être un bon moyen de vérifier comment le degré plus ou moins saillant des propriétés figurales des transformations électroacoustiques permet un recouvrement avec le matériau thématique d'origine. Couplées à une étude en situation d'écoute contextualisée, ces données devraient permettre de spécifier la nature des traces conservées en mémoire, et de mieux comprendre les phénomènes d'oubli et d'interférence résultant de l'interpolation de matériaux entre leur première apparition dans un thème et leur retour sous une forme identique ou transformée.

Les mécanismes mnésiques jouent en effet un rôle particulièrement important dans la perception et la compréhension des matériaux musicaux. La dynamique de ces processus et plus spécifiquement la nature des connaissances impliquées dans le traitement des matériaux d'une œuvre de musique contemporaine et les effets de ces traitements sur la forme temporelle de l'expérience affective seront appelés, dans le futur, à faire l'objet d'investigations systématiques.

Références

Bigand, E., Perruchet, P. et Boyer, M. (1998). Implicit learning of an artificial grammar of musical timbres, *Current Psychology of Cognition, 17*, 577-600.

Bigand, E., D'Adamo, D., Madurell, F., et Poulin, B. (2002a). A preliminary investigation of the perceptual structure of musical materials in The Angel of Death. *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition,* Sydney, (Eds. C. Stevens, D. Burnham, G. McPherson et al.), (Causal Productions, Adelaide [CD-ROM], Sydney).

Bigand, E., Vieillard, S., Madurell, F., McAdams, S. et Poulin, B. (2002b). Effects of instrumentation on the memorization of musical materials. *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition,* Sydney, (Eds. C. Stevens, D. Burnham, G. McPherson et al.), (Adelaide: Causal Productions [CD-ROM], Sydney).

Frederickson, W. E. (1995). A comparison of perceived musical tension and æsthetic response, *Psychology of Music, 23*, 81-87.

Gabrielsson, A. et Lindström, E. (2001). The influence of musical structure on emotional expression. In *Music and Emotion: Theory and Research,* (Eds. P. Juslin and J. A. Sloboda), pp. 223-248. Oxford : Oxford University Press.

Krumhansl, C. L. (1997). An exploratory study of musical emotions and psychophysiology, *Canadian Journal of Experimental Psychology, 51*, 336-352.

Lerdahl, F. et Jackendoff, R. (1983). *The Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge, MA : MIT Press.

Levinson, J. (1997). *Music in the Moment*. Ithaca, NY : Cornell University Press.

McAdams, S. (1987). Music: A science of the mind ? *Contemporary Music Review, 2* (1), 1-61.

McAdams, S. (1989). Psychological constraints on form-bearing dimensions in music, *Contemporary Music Review, 4* (1), 181-198.

McAdams, S. et Matzkin, D. (2002). The roots of musical variation in perceptual similarity and invariance. In *The Biological Foundations of Music*, (Eds. I. Peretz et R. Zatorre), pp. 80-94. Oxford : Oxford University Press.

McAdams, S. et Reynolds, R. (2002). Problem-solving strategies in the composition of The Angel of Death. *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition,* Sydney, (Eds. C. Stevens, D. Burnham, G. McPherson et al.), (Adelaide: Causal Productions [CD-ROM], Sydney).

McAdams, S., Smith, B. K., Vieillard, S., Bigand, E. et Reynolds, R. (2002). Real-time perception of a contemporary musical work in a live concert setting. *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception et Cognition,* Sydney, (Eds. C. Stevens, D. Burnham, G. McPherson et al.), (Causal Productions, Adelaide [CD-ROM], Sydney).

Reynolds, R. (2002a). *Form and Method: Composing Music (The Rothschild Essays)*, (Ed. S. McAdams), New York, Routledge.

Reynolds, R. (2002b). Compositional strategies in The Angel of Death for piano, chamber orchestra and computer processed sound. *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition,* Sydney, (Eds. C. Stevens, D. Burnham, G. McPherson et al.), (Causal Productions, Adelaide [CD-ROM], Sydney).

Scherer, K. R. et Zentner, M. R. (2001). Emotional effects of music: Production rules. In *Music and Emotion: Theory and Research*, (Eds. P. Juslin and J. A. Sloboda), pp. 361-392. Oxford : Oxford

University Press.

Schubert, E. (1996). *Continuous response to music using a two-dimensional emotion space*. Proceedings of the 4th International Conference on Music Perception and Cognition, Montréal, (Eds. B. Pennycook et E. Costa-Giomi), pp. 263-268, McGill University, Montréal.

Sloboda, J. A. (1985). *The Musical Mind*. Oxford: Oxford University Press.

Sloboda, J. A. et Lehmann, A. C. (2001). Tracking performance correlates of changes in perceived intensity of emotion during different interpretations of a Chopin piano prelude, *Music Perception, 19*, 87-120.

Smith, B. K. (2001). *Experimental setup for The Angel of Death*, http://www.ircam.fr/pcm/bks/death, Ircam-Centre Pompidou.

Tillmann, B. et Bigand, E. (1996). Does formal musical structure affect perception of musical expressiveness ? *Psychology of music, 24*, 3-14.

Vieillard, S., Bigand, E., Madurell, F., McAdams, S. et Reynolds, R. (2002b). Can listening to excerpts of original versions of contemporary musical materials facilitate recognition of their transformed versions ? *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition,* Sydney, (Eds. C. Stevens, D. Burnham, G. McPherson et al.), (Adelaide: Causal Productions [CD-ROM], Sydney).

Vieillard, S., McAdams, S., Houix, O. et Reynolds, R. (2002a). Perceptual and cognitive criteria used in the categorization of thematic excerpts from a contemporary musical piece. *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition,* Sydney, (Eds. C. Stevens, D. Burnham, G. McPherson et al.), (Adelaide: Causal Productions [CD-ROM], Sydney).