



**HAL**  
open science

# Étude des processus compositionnels : un langage pour représenter les processus de production sonore

Antoine Vincent, Alain Bonardi, Bruno Bachimont

## ► To cite this version:

Antoine Vincent, Alain Bonardi, Bruno Bachimont. Étude des processus compositionnels : un langage pour représenter les processus de production sonore. Journées d'informatique musicale, May 2013, Saint-Denis, France. hal-01106914

**HAL Id: hal-01106914**

**<https://hal.science/hal-01106914v1>**

Submitted on 16 Jan 2021

**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.

# ÉTUDE DES PROCESSUS COMPOSITIONNELS : UN LANGAGE POUR REPRÉSENTER LES PROCESSUS DE PRODUCTION SONORE

*Antoine Vincent*  
Univ. de Technologie de Compiègne  
Heudiasyc UMR 7253 CNRS  
& IRCAM  
antoine.vincent@hds.utc.fr

*Alain Bonardi*  
Université Paris 8  
CICM EA 1572  
& IRCAM  
alain.bonardi@ircam.fr

*Bruno Bachimont*  
Univ. de Technologie de Compiègne  
Heudiasyc UMR 7253 CNRS  
bruno bachimont@utc.fr

## RÉSUMÉ

Les pratiques de composition ont évolué avec les nouvelles technologies, ce qui n'est pas sans poser des problèmes de représentation des œuvres sonores : le manque d'écriture abstraite d'un objet sonore peut empêcher sa rejouabilité dans le respect des intentionnalités du compositeur. La méthode de préservation actuelle qui reste la référence est la mise à jour régulière et perpétuelle des œuvres afin d'en assurer la rejouabilité. Notre idée est d'accompagner ces mises à jour en proposant un accès intelligent aux informations nécessaires. Pour cela, nous avons créé un langage de représentation des processus de production sonore, riches en informations intéressantes afin de capter certaines intentions du compositeur. Ce langage, réalisé dans le cadre du projet Gamelan<sup>1</sup>, avec l'aide d'experts du domaine et créé à partir de plusieurs cas réels, est entouré d'outils de suivi de production et de navigation au sein d'un flux de données, en vue de proposer à la fois l'acquisition et le tri des données récupérées durant la production sonore, ainsi que l'extraction et la navigation au sein des informations représentées dans la modélisation.

## 1. INTRODUCTION

La production sonore est en perpétuelle évolution : de tout temps, des nouvelles pratiques ont émergé, n'ayant pour seules limites que celles des compositeurs. Durant le dernier siècle, les technologies ont donné de nouvelles opportunités de création d'œuvres musicales : l'alliance séculaire entre le son produit et sa représentation est désormais rompue, car il est dorénavant possible de travailler directement les matériaux sonores sans utiliser les notes.

Cette évolution amène les spécialistes du domaine de la production musicale à chercher comment retrouver une représentation qui permettrait de décrire comment reproduire un son créé directement. Cette question se pose notamment au moment où les outils sont frappés d'obsolescence et difficile à remobiliser : il faut savoir comment prendre en compte l'évolution des techniques qui

permettent de produire des sons. L'obsolescence technologique rend les objets musicaux virtuels très fragiles dans le temps si nous ne savons pas comment reproduire deux fois le même son, c'est-à-dire s'il n'est pas possible de prescrire l'usage des outils techniques pour le produire.

Dans la première section de notre article, nous présenterons le problème actuel autour du manque de représentation abstraite d'un objet sonore et son impact sur la préservation des œuvres musicales contemporaines, puis notre méthodologie de création d'un langage permettant de représenter la production d'une œuvre. Dans la deuxième partie nous exposerons les étapes de réalisation de notre travail et notamment les différents aspects de base du langage. Enfin nous terminerons sur un exemple d'utilisation du langage pour représenter certaines informations provenant d'une production sonore afin d'illustrer la portée actuelle du travail réalisé et justifier l'intérêt de notre approche.

## 2. MOTIVATION : LE BESOIN DE REPRÉSENTATION

### 2.1. La production sonore aujourd'hui

#### 2.1.1. Contexte

La production sonore a largement évolué ces dernières décennies. L'introduction des technologies, puis leurs évolutions, ont entraîné une transformation des pratiques de composition. Elles ont notamment ouvert le champ des possibles dans la manipulation des sons. Mais leur représentation n'a pas réussi à suivre ce bouleversement : la *partition*, l'un des substrats les plus importants permettant de représenter les notes est en partie caduque : il n'est pas possible de représenter un *son* comme une *note*.

Les piliers importants de la représentation des œuvres musicales sont :

- la *partition*, représentation abstraite nécessaire pour rejouer l'œuvre ;
- les *instruments*, qui peuvent maintenant être électroniques ou numériques, et donc largement soumis à l'obsolescence technologique ;
- la *lutherie*, pratique permettant d'acquérir et de conserver le savoir-faire autour de la fabrication les

1. Projet ANR Gamelan : un environnement pour la Gestion et l'Archivage de la Musique et de l'Audio Numériques – <http://www.gamelan-projet.fr/>

instruments, mise à mal depuis l'apparition des technologies bien souvent propriétaires ;

- le *conservatoire*, qui enseigne les savoir-faire, notamment l'écriture musicale et l'utilisation des instruments, qui tente de s'adapter aux nouvelles pratiques de composition (exemple du Master Réalisateur en informatique musicale à l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne).

Parmi ceux-ci, certains ne sont plus en phase avec les nouvelles pratiques de production sonore. En effet, il faut mettre en perspective la création actuelle : de plus en plus d'acteurs peuvent être impliqués dans une production, dans des lieux géographiques très éloignés ; les home studios permettent aussi la création par des compositeurs moins experts, parfois amateurs, qui peuvent aussi travailler avec des technologies complètement fermées et donc impossible à reproduire et à représenter. Or, ces évolutions des pratiques entraînent une perte des substrats stables dans le temps. La partition ne permet pas de représenter les sons ; il n'est plus possible d'avoir une organologie des instruments, la classification utilisée pour les instruments dit classiques est caduque avec les nouveaux instruments qui se multiplient de manière exponentielle ; et la lutherie ne permet pas d'apprendre à reproduire les instruments technologiques (propriétaires ou non) car ce savoir-faire n'est pas accessible. Les conservatoires évoluent plus rapidement : ils s'adaptent plus facilement aux changements des pratiques, et abordent notamment les difficultés de préservation avec les technologies.

Quand nous parlons de *préservation*, nous parlons d'offrir la possibilité de rejouabilité : ainsi, préserver une œuvre, c'est anticiper une future *re-création*. Dans le cas de la musique dite classique, tout était assez simple, et nous le voyons aujourd'hui. La partition, l'abstraction de l'œuvre rédigée par le compositeur lui-même était garante de l'authenticité, et permettait sans difficulté de relire l'œuvre (à condition de conserver les compétences de lecture et de jeu). Les instruments classiques, même s'ils ont subi des modifications mineures au cours du temps, sont toujours présents et permettent de rejouer les œuvres. Or, comment penser la préservation quand nous perdons l'écriture, ainsi que le savoir-faire sur la création et l'utilisation des instruments ?

### 2.1.2. Constat

Notre idée n'est pas de chercher une alternative aux pratiques de préservations actuelles [4]. Il est commun actuellement d'utiliser le concept de préservation active, c'est-à-dire que la préservation passe par les mises à jour régulières des œuvres : porter les œuvres à chaque nouvelle représentation permet d'anticiper les éventuelles évolutions technologiques afin de maintenir les matériaux numériques opérationnels. À chaque évolution des technologies, les mises à jour régulières permettent d'anticiper les transformations qui pourraient être brutales : le meilleur moment pour faire évoluer l'œuvre est le moment où cohabitent les deux technologies car il est possible de

comparer les deux résultats sonores afin de coller au maximum à l'identité de l'œuvre sonore.

Nous souhaitons ainsi accompagner au mieux les mises à jour. Les constantes re-créations restent la référence des mises à jour, nous voulons simplement aider ces travaux afin qu'ils se déroulent dans les meilleures conditions possibles, car nous voyons qu'aujourd'hui il est parfois difficile d'effectuer les migrations des œuvres. En règle générale, il est toujours possible de rejouer une œuvre, mais le coût peut être important : il est par exemple tout à fait possible qu'il faille faire des choix entre plusieurs rendus sonores, et que par manque d'information le choix effectué ne soit pas celui qui correspondait le plus aux souhaits originaux du compositeur.

## 2.2. La création d'un langage de représentation d'une création sonore

### 2.2.1. Problématique

Notre objectif est de travailler sur les informations nécessaires afin d'accompagner au mieux les migrations ou autres techniques de mises à jour des œuvres car il est nécessaire de disposer des bonnes informations, c'est-à-dire utiles pour des prises de décision. Les informations abstraites et complètes se trouvaient sous la forme de la partition. Or, comment pouvons-nous représenter les informations sans la partition ? Ou encore, quelle alternative pouvons-nous trouver à la partition ? Pour créer cette alternative, que devons-nous tenter représenter ? La réponse première serait de chercher à poser une abstraction de l'œuvre à plat, comme le fait la partition pour la musique plus classique : mais aucune tentative jusqu'alors tentée n'a donné de résultat viable. Certains travaux permettent de représenter une part de l'œuvre (ASTREE<sup>2</sup>) mais pas la totalité [3]. Nous préférons nous concentrer sur la documentation des processus de production.

Le processus de production d'une œuvre sonore est riche en informations : c'est pendant la composition que les informations sont les plus accessibles, les plus objectives et les plus complètes possibles. C'est durant ce processus que nous aurons accès au compositeur, et à toutes les traces extractibles des différentes phases de la création de l'œuvre. Il est possible d'extraire du processus de production des données, automatiquement ou non, qui permettent d'étudier les choix opérés. Il est ainsi nécessaire de travailler sur l'organisation de toutes les traces que nous pouvons récupérer du processus de production, qui peuvent rapidement s'accumuler pour former un ensemble de données très volumineux. Il faut se poser la question des informations que nous souhaitons (et celles que nous ne souhaitons pas) conserver, et travailler sur leur accessibilité afin de les offrir à l'étude pour faciliter la compréhension de la création d'une œuvre.

---

2. Projet ASTREE : analyse et synthèse de traitements temps réel

## 2.2.2. Objectif

Notre idée concernant la classification et l'accessibilité des informations est la création d'un langage qui permettra d'exploiter toutes les traces. Ce langage de représentation du processus de production permettra ainsi de s'intéresser à la traçabilité de l'information. Toute étape du processus pourra être transcrite, réécrite via le langage, pour ainsi indexer l'information de telle manière qu'elle sera réexploitable. Le but restant d'offrir la possibilité d'accéder à l'information afin d'accompagner au mieux les migrations des œuvres ou leur compréhension.

Un langage, qu'il soit informatique ou non, est défini avec trois briques de base (que nous trouvons par exemple dans les principes des compilateurs [1]) :

- le *lexique* : c'est le *vocabulaire*, c'est-à-dire la création des mots, du dictionnaire ;
- la *syntaxe* que nous pouvons assimiler à la *grammaire* : c'est l'art de composer des phrases qui sont correctes au niveau de leur structure, même si elles sont des *non-sens* ;
- la *sémantique* concerne le travail sur le sens : une phrase correcte syntaxiquement doit véhiculer une idée, et être compréhensible, voire même *bien formée*.

Pour élaborer ce langage, nous allons ainsi devoir travailler sur la définition d'un vocabulaire, base essentielle pour être capable d'exprimer des informations. Il faut aussi élaborer des règles syntaxiques pour pouvoir relier les morceaux d'informations et les organiser, les préciser ; en bref établir des phrases, une grammaire. Ce langage sera utilisé dans un environnement développé dans le cadre du projet Gamelan qui a pour objectif d'élaborer un méta-environnement, permettant d'extraire les informations durant la production sonore, en suivant le travail des compositeurs et offrant la possibilité de naviguer au sein de la production.

## 2.3. Approche itérative et concrète

### 2.3.1. Méthodologie

Nous souhaitons élaborer un cadre formel pour décrire les œuvres, c'est-à-dire les modéliser. Nous devons ainsi poser les bases nécessaires à la création d'un langage, en commençant par l'élaboration d'un vocabulaire commun aux différents types de production étudiés, puis définir la syntaxe qui permet de construire des phrases porteuses d'informations utiles pour notre objectif de préservation. Mais nous travaillerons aussi à élaborer une manière de prescrire le bon usage du langage ainsi développé, toujours en vue de capter les informations porteuses de sens et supprimer le bruit, comme le ferait un guide de bonnes pratiques.

Pour cela, nous nous attacherons à travailler directement avec les acteurs de la production sonore, suivant une approche itérative et concrète : à chaque œuvre que nous aurons la chance d'étudier, nous remettrons notre travail à plat pour intégrer les nouvelles informations [9]. Il semble

très important aussi d'inclure les experts dans ce travail de représentation, car c'est par un travail collaboratif que nous pourrions isoler les informations qui serviront à la compréhension de la production.

### 2.3.2. Classification des œuvres étudiées

Afin de définir un corpus d'étude, nous allons déjà nous attacher à déterminer un moyen de distinguer les œuvres sonores. Dans le cas de la musique classique, une classification de la production sonore était présente ; or avec les œuvres numériques, nous ne pouvons plus nous fier à une telle organologie. Afin de différencier les différentes productions des œuvres sonores, nous reprenons une idée développée sur la modélisation des dispositifs de musique numérique [7], que nous couplons avec l'idée des processus de production sonore, pour obtenir une classification selon deux axes.

Le premier axe reprend assez intuitivement l'idée du processus : nous pouvons distinguer les différentes étapes d'un processus créatif ou celles des processus potentiels de re-création des œuvres. Nous pouvons dès lors distinguer les différentes étapes des processus de manière assez classique car issues des standards du monde audiovisuel (en adoptant notamment les notions de *pré-production*, de *production* et de *post-production*, historiquement définies comme étant les phases de préparation, de génération des matériaux puis d'activité de montage du produit final).

Le second axe concerne les dispositifs numériques utilisés, en précisant les technologies employées pour la création de l'œuvre, puis les transformations effectuées entre cette création originale et les re-créations suivantes. Nous reprenons trois familles de dispositifs :

- la *mémoire* regroupe ce qui concerne l'utilisation de contenus, comme le travail sous ProTools. Nous pouvons y placer des échantillonnages ou des captations sonores, et même d'autres données ;
- l'*algorithme* représente une catégorie de traitement du signal, comme Max/MSP. La synthèse FM et les transformations temps réel trouvent leur place ici ;
- l'*interface homme-machine* contient les éléments manipulés, pour le déclenchement ou la représentation en situation de concert. Les instruments classiques ou les claviers MIDI utilisés pour réaliser les performances sont des exemples.

Notre classification, succincte, ne tente pas de créer un standard ou même de justifier les choix effectués, mais elle nous permet de chercher des œuvres qui sont différentes, que nous pourrions choisir d'analyser car nous semblent intéressantes dans le but de couvrir notre terrain d'étude.

### 3. LANGAGE : LE COUPLE DIMPO & PATRONS DE CRÉATION

#### 3.1. Digital Music Production Ontology (DiMPO)

##### 3.1.1. Spécifier un vocabulaire commun

La première étape, dans la réalisation de notre travail, consiste à développer le vocabulaire de base. Ce lexique doit être clairement posé, car il doit être commun :

- à des mondes différents en apparence, c'est-à-dire le monde informatique (représentation des connaissances) et musical (pratiques de production) ;
- à des processus de production qui peuvent sembler différents d'une œuvre à une autre (un objet sonore est un prototype [5]).

Notre premier travail consiste à élaborer un vocabulaire qui ne posera aucune ambiguïté entre tous les protagonistes. Nous pouvons citer le simple exemple de *création*, terme portant un sens très précis dans le monde de la production sonore, alors qu'il est très commun pour l'informatique. D'autres termes plus précis comme *patch* ou *montage* sont très différents en fonction du contexte : pour éviter tout problème dans le choix des termes, nous allons travailler la sémantique des termes choisis.

Pour ce travail sémantique, à partir des termes sélectionnés après avoir étudié les flux de production et en avoir abstrait les connaissances qui semblent importantes de conserver, nous allons utiliser les principes différentiels [2] : l'objectif est de classer dans une *taxinomie* tous les concepts présents, ce qui est une première étape nécessaire dans le but de poser une terminologie de la production sonore, mais en ajoutant pour chaque concept quatre principes qui permettent de justifier sa position dans l'arbre créé, tout en le définissant au mieux :

1. la similitude entre le concept fils et le père (*similarity with parent*, SWP) ;
2. la similitude entre le concept et ses frères (*similarity with siblings*, SWS) ;
3. la différence entre le concept et ses frères (*difference with siblings*, DWS) ;
4. la différence entre le concept fils et père (*difference with parent*, DWP).

Nous voyons sur la figure 1 un exemple de hiérarchisation de nos concepts avec l'application des principes différentiels. Ce travail nous permet de justifier l'arborescence que nous développons dans notre taxinomie [8].

##### 3.1.2. Élaborer les règles syntaxiques

À partir de la taxinomie ainsi créée, nous pouvons travailler à créer les syntaxes qui permettront de représenter les connaissances. L'idée ici est le développement d'une *ontologie*, dans laquelle nous ajoutons des propriétés, des relations et des restrictions, qui permettent d'exprimer les informations et de poser la grammaire qui complète le

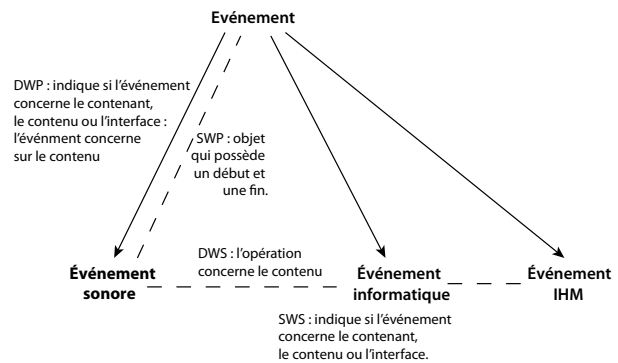


Figure 1. Application des principes différentiels sur l'Événement Sonore.

lexique élaboré précédemment. Par l'étude des pratiques, nous affinons nos choix de concepts en cherchant à spécifier pour chacun d'entre eux ce que nous souhaitons ajouter : nous pouvons préciser des informations (avec une propriété) ou le lier à un autre concept (via une relation). Les restrictions permettent de limiter l'utilisation des relations afin de préciser l'expressivité de l'ontologie au niveau des concepts les plus importants, en éliminant les non-sens les plus évidents. Avec les relations que nous avons ajoutées, nous pouvons par exemple exprimer une relation d'*appartenance* ou de *destination* (figure 2).

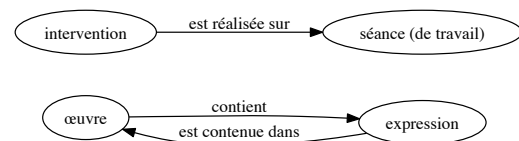


Figure 2. Exemple de relations entre les concepts.

Lors de l'élaboration de l'ontologie DiMPO (*Digital Music Production Ontology*), nous travaillons en nous basant sur de l'existant. Nous avons par exemple intégré les concepts de vCard qui permettent de gérer un carnet d'adresses : ainsi, une part d'interopérabilité est prévue à la base. Nous avons aussi une relation forte entre DiMPO et des concepts de FRBR (spécifications fonctionnelles des notices bibliographiques) : nous reprenons les quatre concepts de base qui permettent de définir une classification des livres (figure 3).

Prenons un exemple pour illustrer le modèle FRBR et la similitude avec les œuvres sonores :

- l'*œuvre* est pour les livres le concept le plus abstrait : *Wizard's First Rule* de Terry Goodking. Nous retrouvons la même chose dans le monde sonore : *Nuages Gris* de Franz Liszt ;

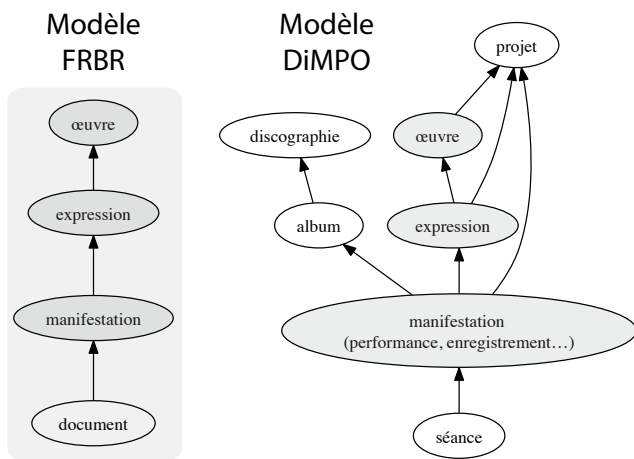


Figure 3. Similitude entre le modèle FRBR et DiMPO.

- l'*expression* est un niveau plus précis présentant l'une des expressions du livre : le texte traduit en français par Jean-Claude Mallé, *La Première Leçon du Sorcier*. Pour le versant musical, nous aurions l'œuvre *Nuages Gris* interprétée par Emmanuelle Swiercz et enregistré en décembre 2010 à l'Espace de Projection de l'IRCAM ;
- la *manifestation* est le concept exprimant la manifestation de la version : le livre sorti en janvier 2003 par l'éditeur Bragelonne avec la couverture de Keith Parkinson. Avec notre exemple musical, nous pourrions parler de la commercialisation de *Nuages Gris* sur le CD *Liszt Voyageur* de 2012 chez le label Intrada ;
- le *document* représente l'exemplaire physique : ici l'exemplaire du livre ou le CD possédé. Dans le cas musical, ce concept n'est pas toujours présent : une œuvre peut se manifester par une performance en situation de concert sans enregistrement. Et l'objet musical n'est pas facilement bornable, c'est d'ailleurs tout l'enjeu de nos travaux ; ce qui explique aussi tous les concepts nécessaires en vue de détailler la production d'une œuvre.

### 3.2. Patrons de créations

#### 3.2.1. Prescrire le bon usage du modèle

Avec DiMPO, nous sommes capables d'exprimer des connaissances en utilisant tous les concepts extraits de notre étude des processus de production. Mais il n'est pas aisé d'utiliser correctement ce cadre conceptuel, notamment lorsque nous n'avons pas participé à son développement. Nous n'avons pas trop restreint son utilisation pour coller avec l'infinité des processus qui existent et laisser la possibilité d'en représenter une majorité. Ainsi nous pouvons nous demander quelle méthode serait nécessaire et intéressante afin de préconiser un bon usage du cadre formel, sachant que nous avons toujours besoin de travailler sur un nombre important de flux de production distincts.

Notre idée est l'utilisation du patron : largement utilisé

dans le monde de la couture, il permet de concevoir un vêtement à partir du modèle. En informatique, la notion de patron de conception (*design pattern*) est très répandue, notamment en développement logiciel : il est issu de l'expérience des concepteurs et décrit, généralement sous forme de diagrammes, les grandes lignes d'une solution, que nous pouvons adapter en fonction des besoins. Ils permettent ainsi de capitaliser les connaissances et préconiser des bonnes pratiques.

Nous reprenons cette idée, déjà portée sous la forme de *patrons d'indexation* qui permettraient de préconiser la bonne indexation de document audiovisuel [6], et créons des *patrons de création* qui eux préconiseront la bonne utilisation de DiMPO en fonction du processus de production et de l'étape au sein de celui-ci. Ces patrons, issus des grandes étapes et de la similitude entre les processus de production, permettent de représenter la généricité extraite des différentes œuvres, et ainsi de construire une modélisation de l'œuvre suivie qui possèdera les informations minimales à connaître.

#### 3.2.2. Graphe-patron

Prenons un exemple de graphe-patron, qui représente une étape extraite du processus de production, que nous pourrions nommer le *montage* d'une œuvre. Cette étape, nous pouvons l'imaginer comme celle qui concerne le mixage : nous avons déjà le matériel de base nécessaire, et nous l'agençons, le corrigeons, le modifions pour générer une première version de l'œuvre. Cette définition peut difficilement représenter tous les types de musiques, mais tente de s'en approcher.

Pour dessiner les graphes, nous commençons par lister les concepts nécessaires pour représenter les informations de l'étape du processus souhaitée en les prenant de DiMPO. Dans notre cas, nous allons avoir besoin de ces termes :

- *objet informationnel*, c'est l'élément de base car c'est celui qui représente l'objet modifié durant cette étape du processus ;
- un deuxième *objet informationnel* qui inclut généralement le premier (la plus petite unité sémantique est en principe un sous-élément d'une unité globale) ;
- un dernier *objet informationnel*, qui est en fait le premier dans un état antérieur : c'est ce qui permet de gérer tous les états de l'objet suivi ;
- des propriétés permettant surtout de *dater* et de gérer des *positions* (surtout temporelles) et/ou des *paramètres* de configuration ;
- l'*objet informationnel* est présent dans un *objet virtuel* ;
- cet *objet virtuel* est lui-même présent au sein d'un *objet processus* ;
- ce *processus* faisant partie d'une *manifestation* ;
- la *manifestation* étant une *expression* d'une *œuvre*.

Avec ces concepts, et via les relations de DiMPO, nous pouvons dresser le graphe-patron représentatif de l'étape (figure 4). Ainsi nous avons le patron qui permet de modéliser l'œuvre et mettre la représentation à jour à chaque

nouvelle action dans cette étape du processus, avec les concepts nécessaires en vue de retrouver une bonne instantiation. Cette dernière portera les informations minimales pour une future exploitation.

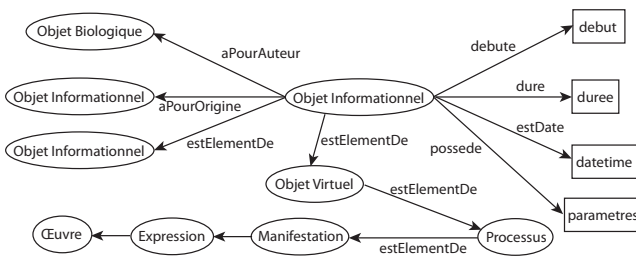


Figure 4. Patron assemblage.

### 3.3. Déclinaison de patrons

#### 3.3.1. Représenter des informations factuelles

Avec le patron précédent, nous avons une couverture transversale des processus créatifs : il fonctionne sur la plupart des cas étudiés. Il est ainsi garant de la généralité des points communs : il réduit les différents cas étudiés et en extrait les similitudes pour assurer que nous sommes capables de capter au minimum les informations essentielles des flux de production. Ce patron utilise les concepts de niveau moyen du modèle (les concepts *noyaux*), qui sont assez abstraits pour s'adapter à différents types d'œuvres.

Certaines limites apparaissent : la capture de la généralité est contraire à la recherche d'informations sémantiquement parlantes, car nous captions des données qui ne sont pas assez porteuses de sens : il faudrait pour cela utiliser les concepts du niveau bas de l'ontologie développée (concepts *domaine*). En utilisant ces concepts, les informations seraient factuelles, bien plus porteuses de sens et donc utiles. L'idée développée va être de spécialiser le patron en fonction du type de l'œuvre ou du processus : en déclinant le patron, il gèrera directement les informations les plus intéressantes : cette idée permet de capturer des données beaucoup plus précises.

Les cas de figures sont assez différents dans ce besoin de déclinaison :

- dans les cas les plus classiques, nous dérivons un patron pour en créer un autre qui servira pour un ou plusieurs types de production sonore ;
- nous aurons parfois uniquement le patron générique, car il répond déjà à des questions assez précises et est applicable sur l'ensemble des types de production ;
- ou nous n'aurons tout simplement pas de patron générique, pour une pratique qui est exclusive à un type bien particulier : le patron sera ainsi créé (dans sa version déclinée) uniquement pour un cas de figure.

Nous remarquons qu'une fois encore nous avons la possibilité de capturer à la fois la généralité et la spéci-

ficité des flux de production, ce qui permet ainsi d'avoir un système à la fois flexible et précis dans son utilisation.

#### 3.3.2. Déclinaison du patron de création

En reprenant le graphe patron de l'assemblage, nous allons examiner une déclinaison pour un enregistrement en vue d'une publication sur support. Après une première étape d'enregistrement en studio, nous avons les différents artefacts qui seront utilisés en vue d'effectuer le montage. Dans ce cas de figure, nous allons chercher à descendre dans les concepts les plus précis possibles de DiMPO à partir du patron générique :

- l'*objet informationnel* central suivi est la *région*, la plus petite entité sélectionnée, la plus précise lors du montage dans un séquenceur ;
- la *région* est un élément d'un autre *objet informationnel* qui est la *piste* ;
- la *région* peut provenir d'une autre *région*, ce qui est particulièrement utile pour avoir un historique des transformations ;
- les propriétés sur les paramètres ne sont pas nécessaires de base, en revanche la *position* et la *durée* sont très importantes ;
- la *région* et la *piste* sont tous deux des éléments du *fichier de session* (un *objet virtuel*) et la *région* étant un élément de la *piste*, la relation de transitivité nous permet de simplifier et de marquer uniquement le lien entre la *piste* et le *fichier de session* ;
- le *fichier de session* est un élément d'un *processus*, plus particulièrement d'une *séance*, une unité temporelle de travail sur l'œuvre ;
- les items *manifestation*, *expression* et *œuvre* ne changent pas.

Nous atteignons un graphe-patron en figure 5 qui permet de travailler avec des informations sémantiquement parlantes et précises, donc beaucoup plus utiles pour étudier et comprendre l'étape de montage sur une œuvre.

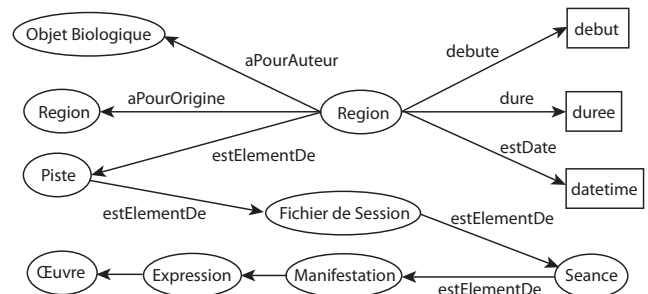


Figure 5. Patron assemblage décliné pour le montage sous un séquenceur.



## 4. EXPÉRIMENTATION : LISZT VOYAGEUR

### 4.1. L'exemple développé

#### 4.1.1. L'œuvre en question

Nous utiliserons l'enregistrement de l'œuvre *Nuages Gris* de Franz Liszt, interprétée par Emmanuelle Swiercz et enregistrée à l'Espace de Projection de l'IRCAM en 2010 pour l'album *Liszt Voyageur*. Cet exemple ne pose pas à proprement parler de problème de préservation mais est un cas très intéressant pour le développement du modèle et des patrons car nous avons eu l'opportunité d'étudier la globalité de son processus de production. Nous avons représenté son champ de couverture sur la figure 6 : nous avons un processus, que nous avons suivi dans sa totalité, qui couvre le domaine de la *mémoire*, car nous avons une mise sur support avec une activité d'enregistrement en studio. Nous avons ajouté sur la figure les documentations générées durant la production (en ne poussant pas la précision pour ne pas cataloguer exhaustivement toutes les informations) et un bilan de ce qu'il reste après la production dans le dossier d'archive constitué initialement.

Nuages Gris E. Swiercz		Création (2010)			Documentation restante
		Pré-prod.	Production	Post-prod.	
Mémoire	Œuvre		- Partitions annotées - Acquisitions initiales - Fichiers projet - Informations de montage (représentation et évaluation de ce qui a été enregistré, choix de montage) - Photographies & films		- Livret de l'album - Acquisitions initiales - Liste du matériel utilisé - Présence des protagonistes - Notes d'intention
	Documentation générée	- Documentation sur les intentionnalités (emails, enregistrements de répétitions préparatoires, enregistrements de référence choisis) - Montage du projet - Documents organisationnels (plannings, intervenants)		- Livret de l'album - Master - Liste du matériel utilisé	
Algo.	Œuvre				
	Documentation générée				
IHM	Œuvre				
	Documentation générée				

Figure 6. Couverture de *Nuages Gris*

Nous pouvons nous demander quelles sont les informations que nous souhaiterions retrouver plus tard, à partir de ce qui a été généré durant le processus et en fonction de ce qui existe déjà dans le dossier d'archive. Si la préservation n'est pas un objectif intéressant, l'étude du processus peut nous permettre de retrouver les souhaits de l'interprétation : quelle était l'idée défendue, l'intention souhaitée dans cette version de l'œuvre ? Pourquoi avoir choisi certains passages plutôt que d'autres ? Quel était l'objectif artistique ciblé ?

Sans la présence des principaux protagonistes, une telle expertise permet à des musicologues de proposer une vision des intentionnalités, ainsi qu'une portée pédagogique sur les choix techniques et sonores dans le montage d'une œuvre musicale : la capitalisation des connaissances à des portées différentes, mais systématiques.

#### 4.1.2. Le fichier de logs

Dans le cadre du projet Gamelan, un logiciel est capable de suivre une production et de renvoyer toutes les

actions effectuées durant le montage d'une œuvre sonore sous la forme d'un fichier de logs avec les informations récupérées automatiquement. Conserver uniquement ce fichier n'est pas très utile : en l'état, il est inexploitable car il est impossible de naviguer dans le document de façon efficace. En effet, il y a beaucoup trop de données, qu'il faut analyser et classer afin d'être compréhensibles. L'utilisation de nos patrons pour ajouter les informations dans une modélisation d'œuvre nous permettra de supprimer le bruit généré par l'excès d'information. Dans l'extrait proposé en figure 7, quelques informations noyées dans la masse des données semblent utiles : nous allons maintenant utiliser le patron sur le fichier pour extraire et représenter les informations qui nous intéressent.

### 4.2. Utilisation du patron de création

#### 4.2.1. Les informations représentées

En utilisant le patron en figure 5, à chaque action nous allons mettre à jour la modélisation de l'œuvre. Sur la figure 8, nous avons les éléments liés à l'import d'un son. Avec l'utilisation du patron, les informations récupérées automatiquement sont ajoutées dans la modélisation. Certaines informations peuvent être ajoutées manuellement (il est difficile de connaître l'identité exacte de l'utilisateur automatiquement). Nous savons ici où est inséré le son et il est raccordé à l'ensemble des concepts qui permettent de savoir précisément dans quelle œuvre et à quel moment de la production nous sommes.

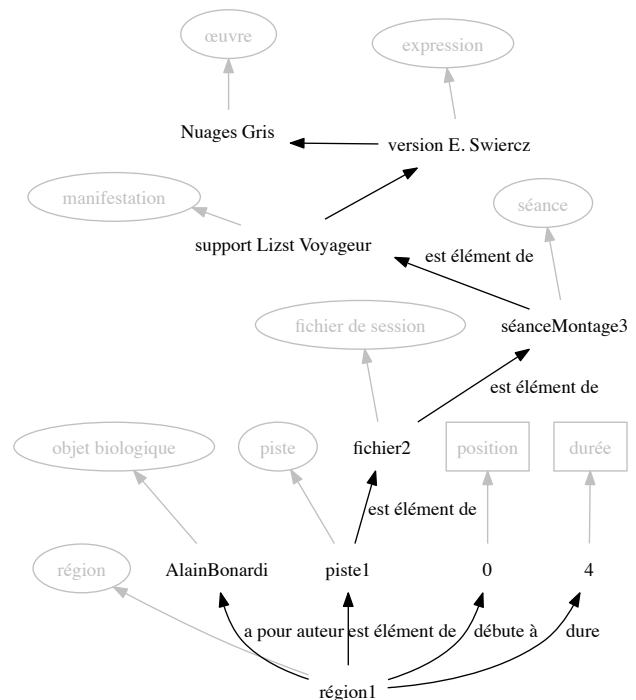


Figure 8. Import d'un son sur une piste du logiciel.



```

@ CurrentSelection Selected Tracks : "piste1", "2_bounceNuagesAmbR", "3_bounceNuagesCpLR", "4_bounceNuagesCpLR", "5_bounceNuagesApLR", "6_bounceNuagesApLR"; Begin =
"39.102404"; End = "40.124082"
@ Operation Cut to the clipboard
@ StopPlaying
@ ImportAudio/Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/1_bounceNuagesAmbl.aup /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/6_bounceNuagesApLR.wav
@ CurrentSelection /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/1_bounceNuagesAmbl.aup Selected Tracks : "piste1"; Begin = "0.000000"; End = "4.000000"
@ Operation /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/1_bounceNuagesAmbl.aup Imported /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/6_bounceNuagesApLR.wav@ CurrentSelection
"777.919861"
@ CurrentSelection /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Selected Tracks : "Audio Track"; Begin = "761.060917"; End = "777.919861"
@ Operation /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Created new audio track
@ CurrentSelection /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Selected Tracks : "Audio Track"; Begin = "761.060917"; End = "777.919861"
@ Operation /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Created new audio track
@ CurrentSelection /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Selected Tracks : "Audio Track"; Begin = "761.060917"; End = "777.919861"
@ Operation /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Created new audio track
@ CurrentSelection /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Selected Tracks : "Audio Track"; Begin = "761.060917"; End = "777.919861"
@ Operation /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Created new audio track
@ CurrentSelection /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Selected Tracks : "Audio Track"; Begin = "761.060917"; End = "777.919861"
@ Operation /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Created new audio track
@ CurrentSelection /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Selected Tracks : "Audio Track"; Begin = "761.060917"; End = "777.919861"
@ Operation /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Created new audio track
@ CurrentSelection Selected Tracks : "piste1", "2_bounceNuagesAmbR", "3_bounceNuagesCpLR", "4_bounceNuagesCpLR", "5_bounceNuagesApLR", "6_bounceNuagesApLR"; Begin =
"39.102404"; End = "40.124082"
@ Operation Cut to the clipboard
@ StopPlaying
@ CurrentSelection /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Selected Tracks : "Audio Track", "Audio Track", "Audio Track", "Audio Track",
"Audio Track", "Audio Track"; Begin = "22.804733"; End = "61.907136"
@ Operation /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Pasted from the clipboard
@ CurrentSelection /Users/ponardi/Desktop/GAMELAN_LISZT/repertoirePourSession/montageNuagesGris_02.aup Selected Tracks : "Audio Track", "Audio Track", "Audio Track", "Audio Track"

```

Figure 7. Extraits des logs provenant du montage de *Nuages Gris*.

Sur la figure 9, nous retrouvons l'import couplé à l'utilisation de la commande *couper* qui génère ainsi deux nouvelles régions. Nous avons ici les informations concernant les deux actions : la lisibilité est déjà difficile. Il est simple d'imaginer la complexité des relations que nous aurons après une séance de montage même simple. Mais la différence concrète avec le fichier de logs est l'indexation des informations : avec le langage, nous pouvons écrire des requêtes pour extraire les informations souhaitées en sachant qu'elles sont présentes.

#### 4.2.2. Analyse des informations

En utilisant la figure 9, nous pouvons imaginer les informations extractibles. Nous avons déjà spécifié que cet exemple n'avait pas un grand intérêt dans un souci de préservation (tous les substrats nécessaires pour le rejouer existent) ; mais il est très intéressant pour tester DiMPO et les patrons car c'est un cas relativement simple et que nous avons bien étudié. Ainsi, nous allons plutôt parler de l'intérêt pédagogique : un musicologue qui veut comprendre les intentionnalités que l'interprète a souhaité exprimer ici.

Nous pouvons, avec les deux seules premières étapes, savoir quels sont les sons choisis (importés) et donc retrouver les fichiers d'origine. Ce qui permet à partir d'une bibliothèque des sons de les comparer avec ceux qui n'ont pas été sélectionnés pour comprendre les choix. Ensuite, dans le montage, la découpe d'une région nous permet aussi de suivre plus finement les passages qui sont été sélectionnés. De la même manière, nous pourrions retrouver les effets appliqués (par exemple, les *cross-fader*) ou les traitements audio pour normaliser les sons.

### 4.3. Discussion

#### 4.3.1. Portée des informations représentées

Les informations sont exploitables grâce à DiMPO qui offre un format de représentation de tous les types d'information et pose les bases d'un langage qui peut être utilisé avec les patrons. Notre liste de patrons est totalement extensible et déclinable : ils sont dissociés de DiMPO. Le modèle laisse assez de liberté pour exprimer des informations qui n'ont pas été pensées à la base, le peu de restrictions n'empêche pas d'ajouter plus de données que prévues initialement. Dans notre exemple, la portée de la préservation n'est pas des plus intéressantes, mais dans d'autres cas de figure, si un fichier ne peut plus être ouvert à cause de l'obsolescence technologique, nous aurons les métadonnées, les interlocuteurs privilégiés, les pièces documentaires centralisées et accessibles, ainsi que des informations sur la production et l'interprétation de l'œuvre.

Les informations que nous pouvons récupérer depuis la modélisation peuvent être très complètes. Il est alors nécessaire d'avoir un moyen de médiation technologique entre cette modélisation et l'utilisateur. C'est l'un des objectifs du projet Gamelan que d'offrir un outil permettant de naviguer au sein d'une production, notamment en élaborant des requêtes qui permettent de poser des questions à partir des patrons existants.

#### 4.3.2. Limites connues

La première limite évidente du travail concerne la couverture des processus : nous sommes conscients de ne pas couvrir la totalité des pratiques de production sonore, mais nous avons tenté de travailler le plus possible avec le monde réel. L'élaboration et l'évaluation de DiMPO ont été faites à partir d'exemples concrets, en tentant de prendre un petit panel d'œuvres assez différentes et potentiellement représentatives des principales pratiques actuelles. Nous avons ainsi travaillé avec les besoins des acteurs du monde de la production sonore, ce qui nous autorise à penser que nous avons au minimum les informations

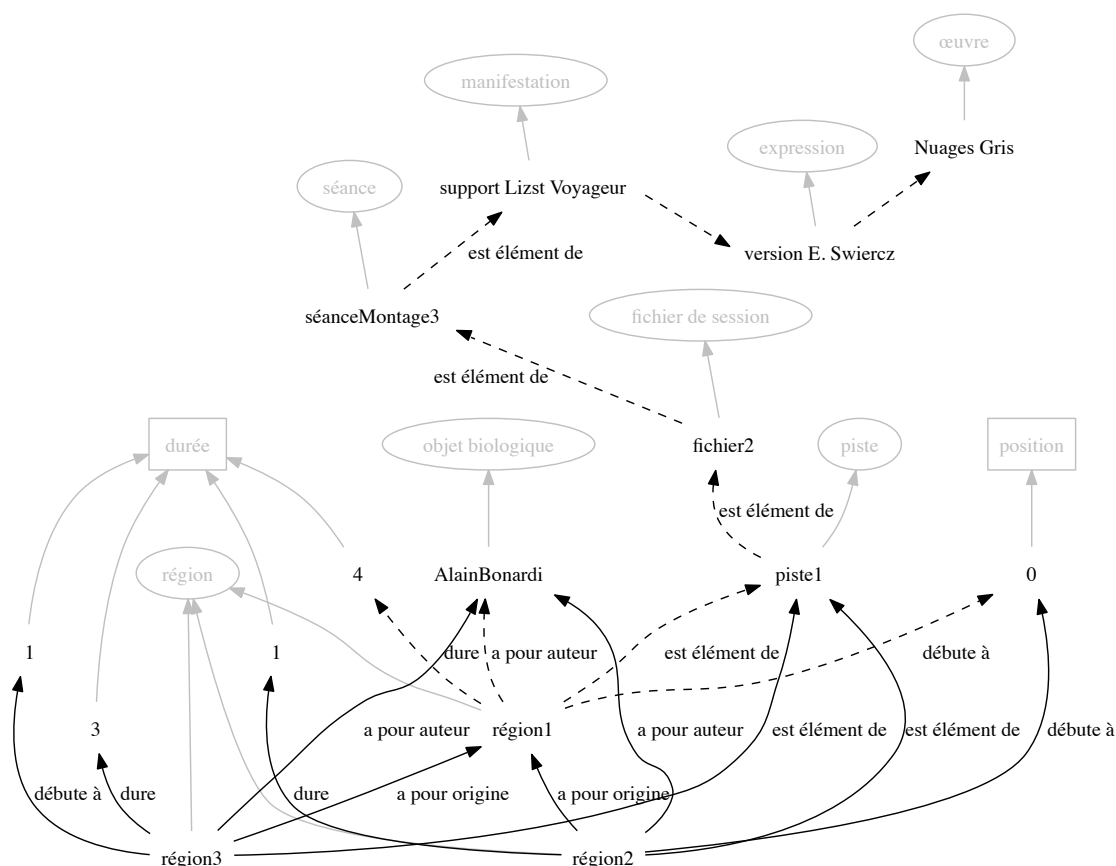


Figure 9. Graphe du modèle instancié avec deux actions (en pointillés l'import et en plein le couper).

essentiels ; le travail de normalisation sémantique permettant aussi de proposer une terminologie compréhensible par tous.

Il est difficile de mesurer directement la puissance de notre solution : ce travail a été réalisé dans le cadre d'un projet borné dans le temps, et notre approche incrémentale, gourmande en temps, mais efficace en qualité, est longue et fastidieuse. La réalisation dans le cadre du projet nous permet d'élaborer les outils permettant l'archivage intelligent des informations et surtout un accès après la phase de remplissage de la modélisation. L'accès aux informations n'est pas forcément le plus aisé, mais l'indexation correcte des données permet d'être sûr, modulo l'adaptation de l'outil, de pouvoir créer des requêtes pour les extraire.

## 5. CONCLUSION

Nous avons présenté les problématiques apportées par les nouvelles technologies, notamment autour de la gestion des informations : elles sont de plus en plus nombreuses, et donc difficiles à archiver correctement. Elles sont d'autant plus importantes qu'elles ont un intérêt grandissant face au recul des formes d'écriture abstraite associées à la partition. Actuellement, pour rejouer une pièce, il est souvent nécessaire de la mettre à jour, pour l'adapter aux technologies du moment : les informations sont alors

la clé pour effectuer une migration dans de bonnes conditions.

Le langage de représentation développé avec l'aide des experts et en étudiant différentes productions en cours, et présenté dans cette article vise à aider l'archivage des données qui seront nécessaires. Il a pour vocation à représenter les informations pertinentes, et aider à les séparer du bruit. Une fois modélisées, les informations sont exploitables, notamment avec les outils développés dans le cadre du projet Gamelan. Les patrons préconisent un bon usage du cadre conceptuel posé par DiMPO, ce qui assure la présence et la bonne classification des données et permet de s'assurer de la qualité des informations enregistrées.

Le travail sémantique effectué sur les concepts du modèle permet de gérer un vocabulaire qui semble commun à différentes pratiques de composition et compréhensible pour toute personne qui étudiera DiMPO. Le langage est peu restrictif, ce qui le laisse ouvert à des usages non prévus lors du développement ou l'ajout d'autres concepts qui sembleraient nécessaires. De même, il est toujours possible d'ajouter ou de décliner des patrons pour prévoir de nouveaux usages. Ainsi nous avons un langage évolutif, qui nous espérons, pourra être à la base de nouveaux systèmes d'archivages qui auront pour vocation à penser la préservation dès le début des productions sonores.

## 6. REFERENCES

- [1] Aho, A. V., Lam, M. S., Sethi, R., Ullman, J. D., *Compilers : principes, techniques, & tools (2nd Edition)*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 2006.
- [2] Bachimont, B., *Ingénierie des connaissances et des contenus : le numérique entre ontologies et documents*. Science informatique et SHS, Hermès, Paris, 2007.
- [3] Bonardi, A., "Approches pratiques de la préservation/virtualisation des œuvres interactives mixtes : En Echo de Manoury", *Actes des 17<sup>es</sup> Journées d'Informatique Musicale (JIM 2011)*, Université Jean-Monnet, Saint-Etienne, 2011.
- [4] Bonardi, Barthélemy, J., *The Preservation, Emulation, Migration, and Virtualization of Live Electronics for Performing Arts : an Overview of Musical and Technical Issues*. ACM Journal on Computing and Cultural Heritage, volume 1, issue 1, article 6, New York, 2008.
- [5] During, E., "Prototypes", Entretien avec Franck Madlener, *L'Etincelle*, Paris : Ircam, 2010.
- [6] Isaac, A. Bachimont, B., Laublet, P., "Indexation de documents audiovisuels : ontologies, patrons de conception et d'utilisation", *Acte des 16<sup>es</sup> Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2005)*, Nice, 2005.
- [7] Lemouton, S., Ciavarella, R. Bonardi, A., "Peut-on envisager une organologie des traitements sonores temps réel, instruments virtuels de l'informatique musicale ?", *Actes de la 5<sup>e</sup> Conférence de Musicologie Interdisciplinaire (CIM 09)*, Paris, 2009.
- [8] Vincent, A. Bachimont, B., Bonardi, A., "Modéliser les processus de création de la musique avec dispositif numérique : représenter pour rejouer et préserver les œuvres contemporaines", *Actes des 23<sup>es</sup> Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2012)*, Centre des Cordeliers, Paris, 2012.
- [9] Vincent, A., Bonardi, A., Rousseaux, F., "Du sauvetage à la préservation des œuvres musicales créées avec dispositif électronique", *Actes des 18<sup>es</sup> Journées d'Informatique Musicale (JIM 2012)*, Université de Mons, Belgique, 2012.