HAL
open science

Modéliser les processus de création de la musique avec dispositif numérique : représenter pour rejouer et préserver les œuvres contemporaines

Antoine Vincent, Bruno Bachimont, Alain Bonardi

▶ **To cite this version:**

Antoine Vincent, Bruno Bachimont, Alain Bonardi. Modéliser les processus de création de la musique avec dispositif numérique : représenter pour rejouer et préserver les œuvres contemporaines. 23ès Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2012), Jun 2012, Paris, France. pp. 83-98. hal-00715035

HAL Id: hal-00715035

https://hal.science/hal-00715035v1

Submitted on 6 Jul 2012

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.

Modéliser les processus de création de la musique avec dispositif numérique : représenter pour rejouer et préserver les œuvres contemporaines

Antoine Vincent[1,3], Bruno Bachimont[1], Alain Bonardi[2,3]

[1] Université de Technologie de Compiègne, Laboratoire Heudiasyc, UMR 7253 CNRS
Centre de Recherches de Royallieu, BP 20529, 60205 Compiègne Cedex, France
Antoine.Vincent@hds.utc.fr
Bruno.Bachimont@utc.fr

[2] Université Paris 8, EA 1572, CICM
2, Rue de la Liberté, 93526 Saint-Denis Cedex, France
Alain.Bonardi@ircam.fr

[3] IRCAM – Institut de Recherche et de Coordination Acoustique / Musique
1, Place Igor-Stravinsky, 75004 Paris, France

Résumé : La préservation et la transmission des œuvres musicales étaient fondées ces derniers siècles sur un substrat culturel stable tripartite : la partition, une organologie classifiant les instruments, une lutherie capable de fabriquer ces derniers. L'apparition des systèmes électroniques et numériques a bouleversé le monde de la composition, déstabilisant ses traditions pluri-séculaires et mettant en péril la préservation de la musique contemporaine. Devant la nécessité de mettre à jour les œuvres pour faire face à l'obsolescence, il nous paraît fondamental d'étudier les processus de composition, d'en extraire les informations pertinentes, nécessaires pour ressaisir certaines intentions originales du compositeur. Notre approche se fonde sur la modélisation des processus de production et la création d'un langage permettant de représenter ces pratiques de composition. Ce langage sera à la base d'un environnement permettant de capter et de naviguer au sein d'un flux de production.
Mots-clés : Ontologie, modélisation de processus, langage de représentation.

1 Introduction

Les pratiques de composition s'adaptent aux technologies du moment, et parfois les façonnent ; elles évoluent en phase avec leurs instruments. Au cours du temps, des œuvres naissent, vivent et meurent : certaines perdurent, notamment grâce à leur valeur symbolique ou leur popularité, qui

entraînent une transmission du savoir-faire permettant leur reproductibilité. D'une tradition fortement ancrée dans la culture, la musique était jusqu'au siècle dernier transmise en utilisant la partition, substrat culturel stable permettant de s'abstraire du son pour retourner vers lui grâce à l'instrument.

Désormais, les nouvelles technologies ont transformé l'approche de la représentation musicale classique : il est maintenant possible d'enregistrer le son et de le manipuler directement. De ce fait, la musique peut-être jouée, créée ou conservée sans qu'aucune représentation intermédiaire ne soit nécessaire. En revanche, il nait une forte dépendance à l'instrumentation permettant d'accéder à la musique, alors que la partition résistait à l'évolution des instruments et des modes de lecture.

Cette fragilité est inédite : nous cherchons toujours à nous émanciper de la contingence de la mémoire humaine, mais dorénavant nous créons en contrepartie une dépendance à la technologie car nous n'avons plus d'invariant permettant de nous en abstraire, alors même que les dispositifs matériels ou logiciels deviennent obsolètes très rapidement. Constatant ce manque, nous souhaitons définir, via un langage de représentation des contenus sonores, un invariant de représentation : il permettra de mettre à jour les œuvres en les portant sur les technologies du moment.

Notre contribution portera sur l'approche développée au sein du projet Gamelan et plus particulièrement sur les premières étapes de création d'un langage de représentation des contenus sonores qui permettra de développer des outils accompagnant au mieux les migrations. Nous commencerons par présenter le contexte de la composition musicale et le problème de préservation qui se pose, puis nous parlerons de la méthodologie mise en place en vue d'étudier les processus de composition et de mise à jour déployés pour permettre de jouer et rejouer les œuvres, avant de terminer sur les résultats actuels autour de la modélisation des processus de production.

2 Comment permettre la rejouabilité d'une œuvre contemporaine ?

2.1 La difficile transmission et ré-interprétation des œuvres avec dispositif technologique

Le compositeur a fait évoluer, durant ce dernier siècle, sa pratique de composition, notamment grâce à l'apparition des systèmes électroniques, puis numériques. Il est ainsi passé d'une composition des *notes* à une composition de *sons* : « nous vivons, en ce début de XXème siècle, un véritable bouillonnement organologique, où instruments acoustiques, technologies analogiques et technologies numériques issues de l'informatique forment

un système de plus en plus intégré » (Stiegler, 2003).

Ces pratiques musicales posent directement le problème de la préservation de l'œuvre, puisqu'elles s'éloignent drastiquement des trois piliers pluri-séculaires du corpus théorique classique :

– l'écriture musicale abstraite, fondement de la partition ;
– l'organologie, qui classifie les instruments ;
– le conservatoire, qui transmet les pratiques instrumentales.

Cette perte est liée à l'informatisation des outils de composition. Ces environnements reposent sur des programmes informatiques et la communauté informatique se réfugie derrière la pérennité supposée des langages normalisés, les désignant comme nouvel invariant de représentation de l'œuvre comme l'était la partition. Or, nous ne savons actuellement que peu de choses sur la durée de vie d'un langage informatique, notamment combien de temps il restera lisible ou interprétable. De plus, il n'y a aucune certitude quant à la préservation du rendu sonore, car le même programme en langage C peut produire des sons significativement différents sur plusieurs environnements de compilation (Collins, 2010).

Dans le cas de la musique classique, une œuvre comme la *Sonate en la mineur D.821* de Franz Schubert, composée à l'époque pour l'Arpeggione, est désormais joué au violoncelle ou à l'alto : la partition a tenu son rôle de substrat culturel en permettant la transmission et la mise à jour de l'œuvre, qui est jouable sur un autre instrument. *A contrario* pour les œuvres contemporaines (avec dispositif électronique), l'obsolescence technologique extrêmement rapide d'une part, et le manque de représentation stabilisée dans le temps d'autre part, empêchent régulièrement la mise à jour des œuvres en vue de les porter sur un nouveau système.

2.2 État de la préservation musicale actuelle

Aucune méthode parfaite ne permet actuellement de préserver en l'état une création numérique ; nous n'aborderons pas l'approche archivistique, plus proche de la conservation, dont l'enregistrement fait partie. Quatre procédés de préservation se dégagent et sont utilisés, parfois combinés (Borghoff *et al.*, 2006; Gladney, 2007; Bonardi & Barthélemy, 2008).

La sauvegarde muséale : il s'agit de conserver en état de fonctionnement des outils utilisés lors de la création. Cette approche est à proscrire car elle ne fait que retarder la disparition de l'œuvre sans permettre de mise à jour ; mais adossée à un modèle d'archivage (comme celui du projet Mustica (Bachimont, 2004)), elle offre déjà un accès aux informations et contextes d'exécution.

L'émulation : elle consiste à simuler sur les environnements disponibles à un moment les outils de lecture des formats d'origine. Séduisante en théorie, car faisant l'impasse sur l'évolution, elle est fragile car une émulation n'est pas toujours *parfaite* (Bernardini & Vidolin, 2005).

La migration : il s'agit de mettre à jour une ancienne version d'une pièce pour la garder adaptée aux technologies du moment. Les migrations privilégient en général des formats ouverts supposés plus pérennes (Bullock & Coccioli, 2005). Cette activité est surtout répandue lors d'une adaptation d'une œuvre dans le but de la rejouer (c'est le cas de *Diadèmes* de Marc-André Dalbavie, œuvre créée en 1986, qui a été de nouveau portée en 2007 pour une exécution en concert).

La virtualisation : elle consiste à rendre les processus musicaux informatiques indépendants d'une plateforme en particulier. Mais il n'est pas facile de se défaire de toutes les dépendances nécessaires au bon fonctionnement de l'exécution de programmes temps-réel. *En Echo*, de Philippe Manoury a été virtualisée dans le cadre du projet Astree [1] : certains processus synchrones de traitement du son sont décrits avec le langage FAUST (Orlarey *et al.*, 2002) et une documentation mathématique est automatiquement générée.

Une approche généraliste a permis l'élaboration de *Cyclops* [2], un outil de modélisation du cycle de vie des œuvres ; il fut créé en suivant *Distance Liquide* de Hans Tuschku (Esposito & Geslin, 2008). Cet outil permet l'élaboration de scénarios de production et l'ajout de commentaires sur chaque objet archivé, ce qui offre une représentation et un moyen d'accès à ces objets (Esposito *et al.*, 2010). Son utilisation se limite à la documentation de l'œuvre : nous pouvons classer et organiser les documents relatifs à sa production, en pointant sur des ressources. Mais l'outil ne propose pas de solution pour saisir certaines informations essentielles accessibles uniquement durant l'élaboration de l'œuvre, par exemple des intentions.

2.3 L'intérêt des processus de production

2.3.1 Viser la rejouabilité par l'analyse des processus

L'objectif final lorsque nous abordons la question de la préservation musicale, est de permettre la rejouabilité de l'œuvre. Le problème n'est donc pas uniquement technique et ne vise pas le simple changement de support

1. Projet ANR Astree : `http://sel.ircam.fr/astree/`.
2. Projet européen Caspar : `http://www.utc.fr/caspar/`.

qui permettrait de transmettre une copie fixée de génération en génération avec un faible risque de perte. La musique fait partie, avec par exemple l'opéra, la danse, et le théâtre, du monde du *spectacle vivant* : c'est-à-dire qui s'exécute en direct devant le public. La dimension interprétative en situation de concert est essentielle, bien au-delà de la fixation enregistrée.

Pour maintenir l'œuvre *en vie*, nous souhaitons accompagner au mieux ses migrations régulières, qui restent pour nous la référence actuelle en matière de préservation. Ainsi notre axe de recherche ne concerne pas la création d'un nouveau substrat permettant d'abstraire la musique des conditions de restitution mais plutôt viser une *bonne* mise à jour des œuvres, c'est-à-dire celle qui permettra de conserver son authenticité. La rejouabilité des processus est le but recherché : à chaque nouvelle performance, il y aura une mise à jour sur les technologies du moment, ce qui permettra de garder l'œuvre musicale *à jour*. Mais pour rejouer ces processus, il faut être capable de les retrouver, c'est-à-dire qu'il faut proposer quand le besoin s'en fait sentir, de les mettre à jour en ayant les informations les plus complètes et utiles possible accessibles pour assurer l'identité de l'œuvre.

2.3.2 Représenter l'œuvre et sa création

Nous souhaitons développer un langage formel de représentation de ces processus, permettant d'y accéder afin de les consulter. Une importante proportion des informations nécessaires lors d'une migration d'une œuvre peut être extraite d'une telle représentation du processus compositionnel. Nous ne cherchons pas à expliquer la morphologie du son (le *quoi*) mais la manière dont il est produit (le *comment*). Cette représentation est plus procédurale que la partition classique : cette dernière était uniquement une description déclarative de la musique, alors que nous souhaitons présenter les procédures utilisées sur les dispositifs pour produire cette musique.

Ce langage a pour vocation la représentation de ce que nous pourrions nommer le « niveau musical » en référence au « niveau des connaissances » d'Allen Newell : nous voulons représenter l'œuvre au juste niveau d'abstraction, qui ne soit ni trop concret car trop dépendant des technologies et donc sujet à une forte obsolescence, ni pas assez car les informations seraient trop vagues pour être utilisables (Newell, 1982). Il cherche bien à permettre la rejouabilité de la musique en précisant ce qu'il faut faire pour retrouver les sons souhaités mais rencontre une limite : il utilise les termes du dispositif employé ; dépendance dont la partition avait su s'abstraire (à l'exception des indications de modes de jeu propres à un instrument).

La création de langage commence par l'élaboration de son vocabulaire.

Pour mettre en place ce lexique de la composition musicale contemporaine, il faut collectionner l'ensemble des termes dont nous devons expliquer le sens. Pour cela, nous commencerons par élaborer une ontologie du domaine, que nous présentons avec la méthode employée dans cet article.

2.3.3 Apports de la modélisation des œuvres musicales

Notre approche propose de modéliser dans une même représentation le cycle de vie classique d'une œuvre ainsi que les processus de création et de migration de chaque étape de la vie de l'œuvre. Cette représentation vient pallier le manque actuel de représentation générique dans les logiciels propriétaires (nous pouvons pour l'exemple citer l'environnement ProTools, très répandu dans le monde de la composition) et s'éloigne des problématiques traditionnelles qui consistent à chercher la virtualisation des œuvres pour s'abstraire de toutes les dépendances aux technologies du moment.

L'apport de ce langage est double. Du point de vue purement ingénierie des connaissances, il permettra de lier deux approches qui sont la modélisation du cycle de production de l'œuvre et celle de son cycle de vie afin d'en avoir une représentation globale que nous pourrions oser nommer *représentation de l'œuvre*. Pour les musiciens ou les RIM [3], ce travail pourrait sembler plus pragmatique : cette représentation du travail, de la production, générique, est totalement nouvelle et nécessaire, principalement pour la préservation et l'apprentissage, et répond à une demande concrète de plus en plus forte, restée jusqu'alors sans réponse malgré certains travaux déjà réalisés et assez anciens (Jaffe & Boynton, 1991).

2.4 Projet Gamelan

L'objectif du projet Gamelan [4] est de concevoir et de réaliser une maquette d'un méta-environnement permettant de visualiser le cycle de vie d'une œuvre et des processus de production déployées durant sa réalisation ; et donc les informations nécessaires pour la rejouer. L'environnement

3. Réalisateur en informatique musicale : dans une institution comme l'IRCAM, il peut être considéré comme le médiateur entre le compositeur et l'environnement numérique. Il assure donc le conseil, le développement d'outil spécifique ou le pilotage des logiciels durant la performance en situation de concert. Et il doit dorénavant penser à la préservation des œuvres, car la tâche de les faire vivre dans le temps lui revient de *facto*.

4. Le projet Gamelan est financé par l'agence nationale de la recherche et a débuté en 2009 pour se terminer en 2013. Partenaire du projet : Heudiasyc UMR 7253 CNRS UTC, IRCAM, INA-GRM, EMI Music France — `http://gamelan-projet.fr/`.

sera capable de récupérer des informations automatiquement en suivant la création de l'œuvre, et l'utilisateur pourra les compléter manuellement. Ces outils reposeront sur le langage de représentation des processus de composition, qui sera développé à la suite de la modélisation actuellement en cours ; il permettra d'enregistrer finement les informations, l'environnement pourra ainsi offrir différents niveaux de représentations temporelles.

Les cibles principales de cet environnement sont les RIM ou les ingénieurs du son qui voudraient remonter une œuvre. Ils pourront visualiser la production, identifier les acteurs présents et localiser les documents qu'ils souhaiteraient consulter ; pour au final déterminer quels outils seront les plus adaptés pour effectuer la mise à jour. Les musicologues pourront aussi être intéressés, notamment pour étudier les pratiques de composition dans un but pédagogique, en démontant et remontant les œuvres par exemple.

3 Méthodologie employée pour la modélisation

3.1 Originalité de l'approche

En ingénierie des connaissances, il est commun de commencer la phase de modélisation par une analyse de corpus, généralement à partir d'une collection de documents-candidats sélectionnés en fonction de leur pertinence, et de s'en servir pour sélectionner et classer les termes qui serviront dans le modèle. Or, dans notre cas d'étude, nous n'avons aucun document écrit qui puisse nous servir de support à une sélection de termes : le vocabulaire, et par extension, tout le travail de la production relève de pratiques musicales qui s'acquièrent plus par l'expérience que par l'enseignement. Chaque œuvre musicale représente un *prototype* dans le sens d'Elie During, c'est-à-dire comme « exemple le plus parfait, le plus exact » où chaque création est un objet « idéal et expérimental » : cette unicité fait qu'il existe une possible infinité de manières de créer (During, 2010).

Ainsi pour réaliser cette phase indispensable d'étude, nous allons concevoir nous-même notre corpus : nous allons suivre des productions ou des mises à jour d'œuvre, afin d'une part de nous intégrer à la réalité des pratiques de composition, et d'autre part pour étudier les invariants que nous pouvons retrouver entre les types de production. Cette première étape est assez originale car elle ne repose pas sur de l'existant : nous adopterons une posture transversale de captation, de classification et plus largement, de définition des termes durant cette phase de suivi de productions. Nous allons partir d'œuvres réelles, chacune illustrant un type de production, et les suivre : la caractérisation du cycle de production de ces œuvres nous

permettra d'une part d'acquérir les connaissances indispensables pour leur reprise ou évolution, et d'autre part de dégager les notions de base nécessaires pour décrire le processus de composition, c'est-à-dire extraire la liste des primitives dont nous avons besoin afin d'élaborer l'ontologie, et par la suite le langage de représentation des invariants définissant le contenu.

3.2 Élaboration de l'ontologie

Pour créer le langage de représentation des processus de production, nous suivrons la méthode Archonte [5] (Bachimont, 2007) en trois étapes :

1. normalisation des sens des termes choisis et classification dans un arbre ontologique, en précisant les relations de similarité entre chaque concept et son concept père et/ou ses concepts frères : nous aurons alors une *ontologie différentielle* ;
2. formalisation des connaissances, en ajoutant des propriétés à des concepts ou en contraignant les domaines des relations, afin d'obtenir une *ontologie référentielle* ;
3. opérationnalisation dans le langage de représentation, sous la forme d'une *ontologie computationnelle*.

Suite à notre phase d'élaboration de corpus et la sélection de termes candidats, nous réaliserons la première étape sous la forme d'une taxinomie de concepts dans laquelle nous nous attacherons à respecter un engagement sémantique fort en justifiant les principes différentiels, c'est-à-dire les relations de similarité et de différence entre chaque concept, son concept-père et ses concepts-fils. Cette taxinomie sera réalisée de manière itérative, car elle est dépendante de notre participation à différentes productions. Ainsi, à chaque nouvelle intégration à la création ou à la mise à jour d'une œuvre, nous remettrons à plat notre taxinomie et la normalisation des termes, afin de vérifier que l'engagement sémantique est respecté. C'est un extrait de cette taxinomie que nous proposons dans cet article (cf. 4.2).

3.3 Validation du modèle

Trois phases de validation sont prévues pour l'ontologie développée, pouvant intervenir à différentes étapes de l'élaboration de l'ontologie :

Validation locale : En nous servant d'une œuvre sur laquelle nous aurons été présents au sein du processus de composition, nous utiliserons le

5. ARCHitecture for ONTological Elaborating.

modèle afin de vérifier s'il contient tout ce qui est nécessaire pour la description de la production, et vérifier si les concepts se laissent réutiliser sans ambiguïté. Nous présentons une de ces validations dans les résultats de cet article (cf. 4.3) ;

Validation avec les RIM : Une deuxième phase de validation est nécessaire, et sera faite avec les RIM, les principaux intéressés par la représentation des œuvres. Avec eux, nous vérifierons l'usage qui pourra en être fait et l'intérêt du modèle pour la vie de l'œuvre ;

Validation au sein du projet : L'intégration du langage réalisé au sein de l'environnement développé dans le cadre du projet Gamelan, permettra d'utiliser les outils afin de capter un travail en cours et pour naviguer au sein du flux de production pour l'étudier. Un ensemble de cas d'usages définis dans le projet permettra aussi de tester l'approche avec des RIM et des ingénieurs du son sur leurs travaux en cours dans des contextes nationaux et internationaux.

4 Résultats actuels de la création du langage

4.1 Bilan du suivi de productions

Partenaires du projet, EMI Music France, l'INA-GRM et l'IRCAM, ont tous trois des traditions de composition différentes : depuis la création d'un groupe en vue d'une diffusion sur CD, jusqu'à la musique mixte en passant par les œuvres concrètes. L'analyse de différentes productions nous a permis d'isoler des *types* de musique, sur la figure 1, et de les classer en fonction des partenaires (Vincent, 2010). Nous nous appuyons sur cette analyse de terrain afin de cibler les différentes pratiques de composition que nous souhaitons étudier. Nous avons choisi dans la suite de l'article de présenter deux cas représentant deux types d'œuvres emblématiques des problématiques de préservation, de compréhension ou de transmission.

4.1.1 *Saturne*, Hugues Dufourt

Saturne est une œuvre créée en 1979 par Hugues Dufourt. Elle est écrite pour vingt-deux musiciens, jouant des instruments à vent et des percussions issus de l'effectif classique mais fait aussi appel à l'organologie de tradition populaire, avec deux guitares électriques et deux orgues électriques. Depuis sa création, l'œuvre a subi plusieurs transformations, parfois majeures : par exemple, en 1991, elle a été portée sur synthétiseur

Type de musique	Définition	Étude	Institution représentative
Acoustique Enregistrement	Musique traditionnelle au sens classique (sur partition) et issue d'enregistrement en studio (pour la création d'un album par exemple).	Entretiens : - Directeurs artistiques - Ingénieurs du son Suivi de production : - Œuvre classique	EMI Music France
Acousmatique	La production musicale effectuée au travers de manipulation de sons existants offre en sortie une œuvre sur un support fixe.	Entretiens : - Compositeurs Suivi de production : - Mise à jour d'œuvre	INA-GRM
Mixte	Elle intègre dans une même représentation des éléments issus de la synthèse sonore oudes transformations temps réel et les performances effectuées par des musiciens sur des instruments traditionnels.	Entretiens : - Réalisateurs en informatique musicale Suivi de production : - Migration œuvre	IRCAM

FIGURE 1 – Les différents terrains d'étude.

programmable. Depuis elle suit les évolutions technologiques et des migrations sont régulièrement effectuées car les organisateurs de concert la programment assez souvent. Nous l'étudions car il s'agit d'une œuvre qui non seulement subit comme toute création les outrages du temps, mais de plus pâtit de ses dépendances à la technologie du moment : en 2006, un portage de l'œuvre fut lancé, mais échoua et un concert fut annulé.

La dernière mise à jour a été réalisée par Yann Geslin au sein du GRM en 2010. Il a été obligé de repartir d'une version plus ancienne (1991) et de la porter vers des environnements numériques. Pour ce faire, il a réalisé un travail quasiment archéologique en cherchant toutes les informations possibles auprès de toutes les personnes, et particulièrement les musiciens, qui ont travaillé sur *Saturne* durant son cycle de vie. L'œuvre a pu être rejouée sur plusieurs concerts et cette action a contribué à sa préservation.

Le bilan de notre suivi de productions nous a permis, à travers plusieurs rencontre avec Hugues Dufourt et Yann Geslin, de représenter les connaissances, sur la figure 2, que Yann a retrouvées durant son travail et qui ont été préservées depuis la création de l'œuvre. Cette vision globale nous permet de tracer le cycle de vie de l'œuvre et de savoir en un coup d'œil quelles sont les informations à disposition. Cette simple représentation permet à toute personne souhaitant mettre à jour *Saturne* de savoir ce qu'elle pourra mobiliser et de visualiser les étapes charnières des transformations.

4.1.2 *Liszt Voyageur*

À côté de l'œuvre de musique savante faisant appel aux nouvelles technologies, nous nous intéressons également à une autre forme de production

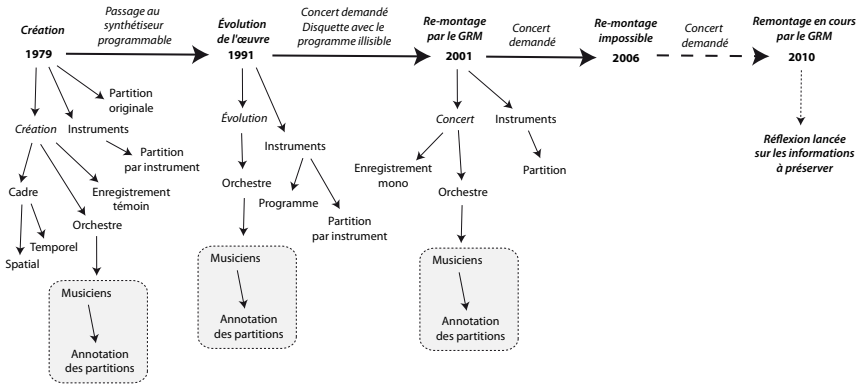

FIGURE 2 – Extrait du cycle de vie de *Saturne*.

musicale : les enregistrements. De prime abord, cela semble être un objet fini, son processus s'arrêtant à la production de pistes audio masterisées. Un examen des pratiques montre qu'il n'en est rien. D'une part, les morceaux d'un CD font souvent l'objet d'un repurposing, par exemple une reprise pour figurer sur DVD. D'autre part, les trois phases d'une production discographique, enregistrement, montage, mastering, constituent trois sous-projets qui opèrent sur des ressources en partie communes, séparées dans le temps et souvent confiées à différents intervenants. Se posent ici des questions de transmission, donc de représentation (Vincent *et al.*, 2011).

C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à la production d'un CD de piano classique, intitulé *Liszt Voyageur*, enregistré par la pianiste Emmanuelle Swiercz à l'occasion du bicentenaire de la naissance de Franz Liszt. Nous avons eu l'occasion de participer aux différentes étapes de création et de collecter un grand nombre d'informations. La figure 3 représente les informations qu'il nous paraît intéressant de conserver. Nous avons isolé les sessions d'enregistrement et de mixage car elles sont au cœur des choix effectués et très révélatrices de la façon de penser cet enregistrement.

La liste des informations utiles à extraire du processus n'est pas exhaustive. Mais elle a le mérite de répondre à plusieurs critères dans la préservation de l'œuvre finale. Ces informations nous permettent de ressaisir les intentions de la pianiste et de la direction artistique tout au long du projet : lors de la captation, nous avons le *rendu sonore* souhaité via la configuration de la salle et le matériel utilisé, et lors du montage nous retrouvons la documentation autour du choix des sons pour le mixage final. Une telle représentation nous permet déjà de proposer un premier tri des informations

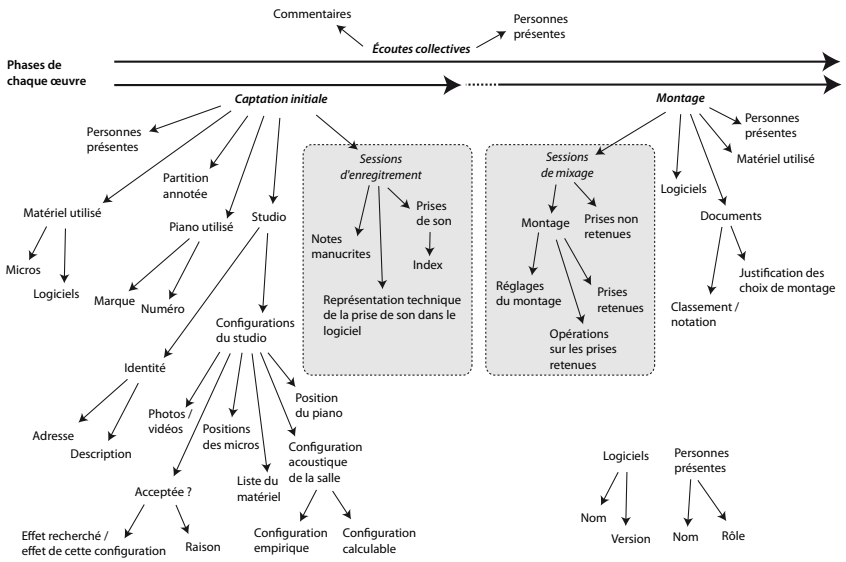

FIGURE 3 – Informations extractibles de la production de *Liszt Voyageur*.

et une façon de les visualiser. Nous avons notamment lors du montage final l'archivage de toutes les transformations effectuées sur les sons sélectionnés, qui peuvent être complétées par une description ajoutée en récupérant les informations du logiciel de montage ou en interrogeant les intervenants.

4.2 Taxinomie actuelle et principes différentiels

La figure 4 présente un extrait de la taxinomie actuelle. Elle a été volontairement amputée de nombreuses ramifications, pour se concentrer sur une partie haute de l'arbre. Nous retrouvons ici nos concepts candidats, qui, à chaque itération correspondant à une intégration au sein d'un processus compositionnel ou migratoire, ont été replacés. Afin d'élaborer cette structure, nous avons cherché à respecter un engagement ontologique fort ; c'est-à-dire que pour chaque concept, nous nous posons quatre questions :

1. Pourquoi ce concept hérite-t-il du concept père (*SWP* [6]) ?
2. Pourquoi ce concept est-il similaire à ses concepts frère (*SWS* [6]) ?
3. Pourquoi ce concept est-il différent de ses concepts frère (*DWS* [6]) ?

6. SWP : similarity with parent — SWS : similarity with siblings — DWS : difference with siblings — DWP : difference with parent.

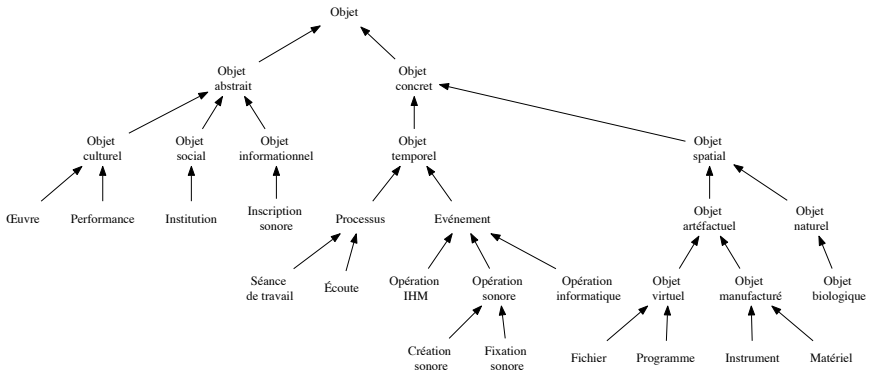

FIGURE 4 – Extrait de la taxinomie actuelle.

4. Pourquoi ce concept est-il différent du concept père (*DWP* [6]) ?

Prenons par exemple le concept *OpérationSonore* pour présenter une application de ces principes différentiels :

SWP – Similarité avec *Événement* : objet qui possède un début et une fin.

SWS – Similarité avec *OpérationIHM* et *OpérationInformatique* : indique si l'opération est réalisée sur le contenant, le contenu ou l'interface.

DWS – Différence avec *OpérationIHM* et *OpérationInformatique* : l'opération est réalisée sur le contenu.

DWP – Différence avec *Événement* : indique si l'opération est réalisée sur le contenant, le contenu ou l'interface : l'opération est sur le contenu.

Afin de réaliser ce travail de normalisation sémantique, nous avons utilisé le logiciel DOE [7] (Bachimont *et al.*, 2002). Nous pouvons visualiser sur la figure 5 la présentation des concepts *Processus* et *Événement*.

Nous disposons ainsi d'une ontologie différentielle, dont le sens de tous les termes ont été normalisés et qui permet de développer le vocabulaire nécessaire aux prochaines étapes pour arriver jusqu'au développement du langage de représentation des processus compositionnels.

7. `http://www.eurecom.fr/~troncy/DOE/`

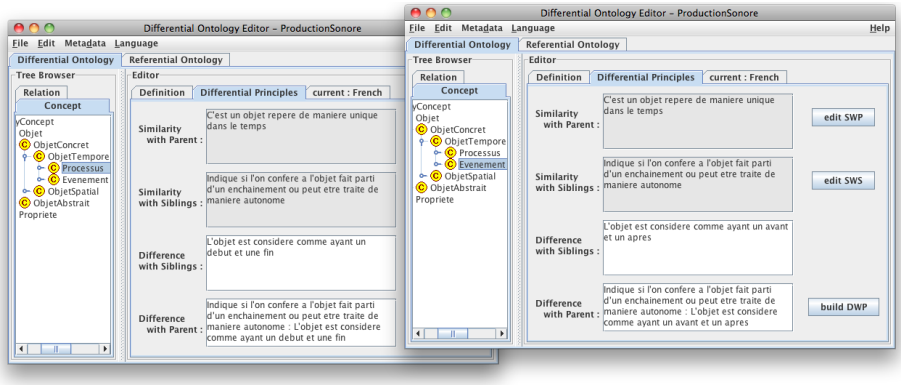

FIGURE 5 – Principes différentiels des concepts *Processus* et *Événement*.

4.3 Validation locale sur *Nuages Gris*

Afin de valider localement le modèle, utilisons *Nuages Gris*, l'une des œuvres enregistrées pour le CD *Liszt Voyageur*. Nous représentons ci-après certains événements actuellement récupérés depuis le logiciel ProTools, formatés à partir du vocabulaire défini par l'ontologie :

- [Objet Biologique: Alain]-(a pour rôle)→[directeur artistique]
- [Objet Biologique: Emmanuelle]-(a pour rôle)→[musicien]
- [Objet Biologique: Alain]-(participe à)→[Œuvre: Nuages Gris]
- [Objet Biologique: Emmanuelle]-(participe à)→[Œuvre: Nuages Gris]
- [Objet Biologique: Emmanuelle]-(joue)→[Instrument: Piano]
- [Session: Session Nuages Gris 1]-(appartient à)→[Œuvre: Nuages Gris]
- [Piste: Piste 1]-(appartient à)→[Session: Session Nuages Gris 1]
- [Piste: Piste 2]-(appartient à)→[Session: Session Nuages Gris 1]
- [Import: Import 1]-(a pour source)→[Fichier: File 1]
- [Import: Import 1]-(a pour destination)→[Piste: Piste 1]
- [Import: Import 2]-(a pour source)→[Fichier: File 2]
- [Import: Import 2]-(a pour destination)→[Piste: Piste 2]
- [Mix: Mix 1]-(a pour source)→[Piste: Piste 1]
- [Mix: Mix 1]-(a pour source)→[Piste: Piste 2]
- [Export: Export 1]-(a pour destination)→[Fichier: File Nuages Gris]

Très peu d'informations sont représentées ici, mais nous voyons déjà l'historique des opérations (création d'une session et de deux pistes, import de fichiers sur chaque piste, puis mix entre les pistes avant d'exporter le résultat) ; et nous avons les deux intervenants (directeur artistique et musicien) : nous avons utilisé l'ontologie afin de représenter un processus de production, et les informations extraites sont exploitables. Prenons le cas de l'étude musicologique : avec l'aide des événements captées, nous trouvons certaines intentionnalités, selon les choix effectués lors du montage.

La précision des informations sur cet exemple n'est pas très poussée pour un souci de simplicité, l'exploitabilité en est très limitée : les intervenants sont sur l'œuvre en globalité, alors qu'ils pourraient être sur une session. Il manque aussi les paramètres, pour le mixage par exemple, ou même tout simplement des références vers la position des fichiers travaillés ; ou encore l'acoustique recherchée selon le réglage des différents micros.

5 Conclusion

Nous avons une ontologie différentielle qui se stabilise et n'évolue pratiquement plus. Nous sommes actuellement dans la deuxième phase : la mise en place de l'ontologie référentielle, que nous testons et passerons bientôt à la création du langage de représentation des contenus sonores. Pour le construire, nous sommes en train d'élaborer un certain nombre de *patrons d'utilisation* qui permettront de définir des actes de composition. L'utilisation de ces *patterns* permettra ainsi de représenter un ensemble d'actes avec un sens musical, reprenant le vocabulaire développé dans l'ontologie.

Notre approche concernant notre intégration au sein de créations et de re-créations des œuvres nous permet d'accéder au plus près à la vision qu'ont les différents protagonistes sur les problèmes de préservation et les besoins de représentation. Nous espérons que notre travail pourra aussi devenir ou influencer l'élaboration d'un modèle de stockage, ne visant pas la pérennité mais une conservation efficace de tous les artefacts liées à l'œuvre et à sa production, assurant ainsi un accès à un maximum de documentation s'y rattachant. D'autres domaines du monde artistique faisant appel aux nouvelles technologies pourraient aussi être intéressés par la représentation du flux de production comme le cinéma, et plus largement le domaine de l'audiovisuel ; ainsi que la danse contemporaine, qui est, actuellement aussi en pleine recherche de représentations adaptées [8].

Références

BACHIMONT B. (2004). The mustica project : an experiment in digital music preservation. In *UCLA/GEIS, Moving image archiving*.

BACHIMONT B. (2007). *Ingénierie des connaissances et des contenus : le numérique entre ontologies et documents*. Science informatique et SHS. Paris : Hermès.

8. Nous pouvons citer les partitions développées et utilisées par Myriam Gourfink au sein de la Fondation Royaumont.

BACHIMONT B., ISAAC A. & TRONCY R. (2002). Semantic commitment for designing ontologies : A proposal. In *Proceedings of the 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management. Ontologies and the Semantic Web*, EKAW '02, p. 114–121, London : Springer-Verlag.

BERNARDINI N. & VIDOLIN A. (2005). Sustainable live electro-acoustic music. In *Proceedings of the International Sound and Music Computing Conference, Salerno, Italy*.

BONARDI A. & BARTHÉLEMY J. (2008). The preservation, emulation, migration, and virtualization of live electronics for performing arts : An overview of musical and technical issues. *ACM J. Comput. Cultur. Heritage*, **1**(1), 16.

BORGHOFF U. M., RODIG P., SCHEFFCYK J. & SCHMITZ L. (2006). *Long-Term Preservation of Digital Documents : Principles and Practices*. Springer-Verlag New York Inc.

BULLOCK J. & COCCIOLI L. (2005). Modernising live electronics technology in the works of Jonathan Harvey. In *Proceedings of the International Computer Music Conference, Barcelona, Spain*.

COLLINS N. (2010). *Introduction to Computer Music*. Wiley.

DURING E. (2010). Entretien avec Franck Madlener. In IRCAM, Ed., *L'Étincelle*, Paris.

ESPOSITO N., BACHIMONT B. & GEBERS E. (2010). Cyclops : An Interface for Producing and Accessing Archives of Artistic Works. *ERCIM News No. 80 : special issue on digital preservation*, p. 27–28.

ESPOSITO N. & GESLIN Y. (2008). Long-term preservation of acousmatic works : Toward a generic model of description. In *Electrotechnical Conference, MELECON 2008. The 14th IEEE Mediterranean* : IEEE.

GLADNEY H. (2007). *Preserving digital information*. Springer-Verlag New York Inc.

JAFFE D. & BOYNTON L. (1991). An Overview of the Sound and Music Kits for the NeXT Computer. In S. T. POPE, Ed., *The Well-Tempered object*, Cambridge : The MIT Press.

NEWELL A. (1982). The knowledge level. *Artificial intelligence*, **18**(1).

ORLAREY Y., FOBER D. & LETZ S. (2002). An algebra for block diagram languages. In *Proceedings of the International Computer Music Conference*.

STIEGLER B. (2003). Bouillonnements organologiques et enseignement musical. In *Des outils pour la musique, Les dossiers de l'ingénierie éducative*, n° 43, p. 11–15. CNDP.

VINCENT A. (2010). Préservation d'œuvres musicale : étude du processus de production. Master 2 sciences et technologies de l'information et de la communication, Université de Technologie de Compiègne.

VINCENT A., BONARDI A. & BACHIMONT B. (2011). Préservation de la musique avec dispositif électronique : l'intérêt des processus de production sonore. In *Actes des Journées d'Informatique Musicale 2011*, Saint-Etienne.