

# Préservation d'œuvres musicales

## Étude du processus de production

### MÉMOIRE

soutenu le 10 septembre 2010

pour l'obtention du

**Master 2 de l'Université de Technologie de Compiègne**  
**Mention Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication**  
**Parcours Innovation, Connaissance, Interaction**

par

Antoine VINCENT

Sous la direction de : Bruno BACHIMONT & Alain BONARDI

Mis en page avec la classe thloria.

## Remerciements

Je tiens en premier lieu à remercier Alain BONARDI et Bruno BACHIMONT, qui ont su me guider durant tout le stage et me faire découvrir le monde passionnant de la production musicale.

Je souhaite ensuite remercier les différentes personnes que j'ai eu l'occasion de côtoyer durant le stage et avec qui je vais avoir le privilège de continuer de travailler : Jérôme BARTHÉLÉMY (IRCAM), Daniel TERUGGI, Yann GESLIN et Laurent VINET (INA) ainsi que Marc DANGER (EMI).

Une mention spéciale à Emmanuelle SWIERCZ, pianiste, et Augustin MULLER, ingénieur du son, qui ont accepté de répondre à mes questions dignes d'un humble amateur de musique.

Je n'oublie pas non plus de remercier le corps enseignant du Master pour la richesse de l'année que nous venons de passer ensemble.

Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes qui m'ont aidé durant les six mois passés au sein de l'IRCAM, ainsi qu'aux membres de l'UTC et du laboratoire Heudiasyc, pour tous les échanges intéressants que nous avons eu ensemble.

Enfin, je remercie ma famille, et bien évidemment Dorine pour toute l'aide qu'elle a su m'apporter.



*Information is not knowledge  
Knowledge is not wisdom  
Wisdom is not truth  
Truth is not beauty  
Beauty is not love  
Love is not music  
Music is the best...*

Frank Zappa



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>1 Contexte</b>	<b>3</b>
1.1 Production sonore . . . . .	3
1.2 Objectifs du projet GAMELAN . . . . .	4
1.2.1 Objectif général . . . . .	4
1.2.2 Les quatre niveaux du projet . . . . .	4
1.2.3 Les applications possibles . . . . .	5
<b>2 État de l’art</b>	<b>7</b>
2.1 Préservation d’information . . . . .	8
2.1.1 Notions numériques fondamentales . . . . .	8
2.1.1.1 Donnée, information, connaissance . . . . .	8
2.1.1.2 Archivage . . . . .	10
2.1.1.3 Conclusion . . . . .	11
2.1.2 Contraintes technique . . . . .	11
2.1.2.1 Intégrité . . . . .	11
2.1.2.2 Pérennité . . . . .	12
2.1.2.3 Conclusion . . . . .	13
2.1.3 Méthode d’archivage . . . . .	13
2.1.3.1 Qualifier l’information . . . . .	13
2.1.3.2 Cycle de vie de l’information . . . . .	14
2.1.3.3 Conclusion . . . . .	15

2.2	Domaine musical . . . . .	15
2.2.1	La préservation musicale . . . . .	15
2.2.1.1	Environnements de production . . . . .	15
2.2.1.2	Bénéficiaires . . . . .	16
2.2.1.3	Les trois verrous . . . . .	16
2.2.2	Archivage numérique . . . . .	16
2.2.2.1	L’approche muséologique . . . . .	17
2.2.2.2	La migration . . . . .	17
2.2.2.3	L’émulation . . . . .	17
2.2.2.4	La description . . . . .	17
2.2.3	Capitalisation des connaissances . . . . .	17
2.2.3.1	Le cours d’action . . . . .	18
2.2.3.2	Le storytelling . . . . .	18
2.2.4	Modélisation des processus et des connaissances . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Projet GAMELAN</b>	<b>21</b>
3.1	Présentation . . . . .	21
3.2	Programme . . . . .	22
3.3	Partenaires du projet . . . . .	24
3.3.1	UTC Heudiasyc . . . . .	24
3.3.2	IRCAM . . . . .	24
3.3.3	INA GRM . . . . .	25
3.3.4	EMI Music France . . . . .	26
<b>4</b>	<b>Le processus de production musicale</b>	<b>27</b>
4.1	L’objet final : le prototype . . . . .	27
4.1.1	Définition commune . . . . .	27
4.1.2	Vision artistique . . . . .	27
4.1.3	Opposition entre monde artistique et monde industriel . . . . .	28
4.1.4	Application industrielle : l’automobile . . . . .	28

---

4.2	Le processus . . . . .	29
4.2.1	EMI Music France . . . . .	29
4.2.1.1	Le processus de production . . . . .	29
4.2.1.2	La conservation . . . . .	30
4.2.2	INA - GRM . . . . .	31
4.2.2.1	La musique acousmatique . . . . .	31
4.2.2.2	Le processus de production . . . . .	31
4.2.2.3	Le problème de la conservation . . . . .	34
4.2.2.4	Les niveaux de préservation . . . . .	35
4.2.2.5	Les difficultés rencontrées : démonstration de Daniel TERUGGI . . . . .	37
4.2.3	IRCAM . . . . .	38
4.2.3.1	La musique mixte . . . . .	38
4.2.3.2	Le processus de production . . . . .	38
4.2.3.3	La problématique de pérennisation . . . . .	39
4.2.3.4	L'interview d'Emmanuelle SWIERCZ, pianiste . . . . .	40
4.2.4	Un exemple de migration . . . . .	41
4.2.4.1	La migration . . . . .	41
4.2.4.2	Les considérations générales du compositeur . . . . .	43
4.3	Schématisation du problème global . . . . .	45
<b>Conclusion et perspectives</b>		<b>49</b>
1	Conclusion . . . . .	49
2	Perspectives . . . . .	50
2.1	Étude concrète du processus de création . . . . .	50
2.2	Modélisation des processus de production . . . . .	50
2.2.1	Processus et objet sonores . . . . .	50
2.2.2	Architecture globale : indexation et accessibilité . . . . .	51
<b>Bibliographie</b>		<b>53</b>



# Table des figures

3.1	Organigramme technique du système visé . . . . .	23
3.2	Tâches du projet GAMELAN . . . . .	23
4.1	Processus de production sonore de l'INA . . . . .	32
4.2	Configuration originale de la pièce <i>Diadèmes</i> (par Karin WEISSENBRUNNER) . .	42
4.3	Schématisation d'un processus de production musicale simplifié . . . . .	46



# Introduction

Les environnements de production musicale sont composés d'outils numériques destinés à la création et la transformation des sons : ils effectuent des tâches différentes à travers le temps et contribuent à la réalisation du produit final (CD, concert, etc.) en communiquant très peu entre eux. Bien qu'il existe des formats d'échange cohérents entre certains logiciels, le fonctionnement général d'une telle chaîne, souvent fondée sur des utilitaires tiers indépendants des environnements, est incertain et pose de nombreux problèmes de gestion, réutilisation et préservation.

L'objectif du projet<sup>1</sup> GAMELAN<sup>2</sup> (Gestion et Archivage de la Musique Et de L'Audio Numérique) est de construire un méta-environnement, permettant de piloter des outils particuliers (séquenceurs, effets audio, instruments et outils MIDI<sup>3</sup>, etc.) et d'échanger des informations avec ces derniers de manière à permettre de capitaliser le processus de production pour l'indexer, le ré-exploiter et l'étudier. C'est dans le cadre de ce projet que je réalise un stage au sein de l'IRCAM<sup>4</sup>, stage qui se poursuivra par une thèse sur ce même projet dans le domaine de l'Ingénierie des connaissances, au sein du laboratoire Heudiasyc<sup>5</sup> de l'UTC<sup>6</sup> en co-direction avec l'IRCAM.

L'industrie culturelle est désormais une industrie de masse, la production musicale s'est ainsi industrialisée en devenant de ce fait largement accessible au public. Ces derniers ont maintenant accès aux contenus et aux traitements permettant de les produire. Cette soudaine ouverture et cette nouvelle disponibilité entraînent une explosion des formats et donc une obsolescence technologique extrêmement rapide qui provoque une cassure avec la tradition : la musique et les moyens d'en faire étaient jusqu'à l'apparition de l'enregistrement fin XIX<sup>ème</sup> siècle très peu accessibles mais étayés par une solide tradition culturelle longue de plusieurs siècles. L'idée de ré-employer un contenu devient une problématique centrale, que ce soit dans une perspective éditoriale (effectuer des modifications en vue d'une nouvelle version) ou dans un but technique multi-cible (changer de support).

L'ingénierie des connaissances peut apporter des solutions à ce problème. L'apport d'une modélisation des processus de production musicale peut permettre de préserver les étapes de la création et la ré-exploitation des informations conservées. Une telle modélisation, assez générale, pourrait s'adapter à différentes façons de composer la musique et à terme, être utilisée dans différents domaines du monde audiovisuel. Ainsi il devient nécessaire d'étudier et de comprendre ce processus de production afin d'en effectuer la modélisation. La singularité des objets musicaux et des productions nous empêche-t-elle de trouver une méthode simple de préservation des contenus

---

1. Projet soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche, programme Contenus et interactions 2009.

2. <http://gamelan-projet.fr/>.

3. Musical Instrument Digital Interface : protocole d'échange d'informations entre des instruments de musique électronique.

4. Institut de Recherche et de Coordination Acoustique/Musique : <http://ircam.fr/>.

5. Heuristique et Diagnostique des Systèmes Complexes : <http://www.hds.utc.fr/>.

6. Université de Technologie de Compiègne : <http://www.utc.fr/>.

sonores ? Et en vue de modéliser les processus, pouvons-nous trouver des bases communes entre plusieurs manières de composer la musique ?

Afin d'aborder cette problématique, nous avons choisi de découper ce mémoire suivant ce plan :

1. présenter le contexte actuel de la production sonore et l'objectif général du projet ;
2. dresser l'état de l'art de la préservation numérique en général et du domaine musical en particulier ;
3. décrire le projet GAMELAN ;
4. étudier le processus de production musical ;
5. conclure en abordant les perspectives et les prochaines étapes dans le cadre du projet et d'une future thèse.

# 1

## Contexte

### 1.1 Production sonore

Les environnements de production sonore sont composés de nombreux outils destinés au façonnage et à l'assemblage de sons<sup>7</sup>. Que nous parlions de musique classique, contemporaine, électro-acoustique ou électronique, chaque production doit gérer un nombre important d'échantillons et de transformations sonores faisant intervenir une diversité d'outils destinés à la création, la modification ou l'enrichissement des sons. Dans un contexte de production, il est habituel de trouver des outils éclectiques, auxquels il faut ajouter les outils spécifiques à la production musicale (comme l'écriture des partitions par exemple). Nous avons ainsi une multitude de logiciels qui sont composés chacun de divers outils, par exemple :

- Logic Pro (outils d'enregistrement, de synchronisation, séquenceur, etc.) ;
- Dart Pro (outils de nettoyage du son) ;
- Ircam Solo Instruments (banque de son) ;
- etc.

Ces outils effectuent des tâches différentes à travers le temps et contribuent ensemble à la réalisation du produit final, mais sans chercher à communiquer entre eux. L'écran sur lequel travaille l'utilisateur constitue une sorte de « boîte à outils » qu'il gère en permanence en faisant intervenir des logiciels différents en fonction de ses besoins<sup>8</sup>.

Il se constitue ainsi des chaînes de production assez complexes où l'utilisateur est le seul à détenir la connaissance globale de l'environnement et à pouvoir en assurer le fonctionnement. Bien qu'il existe des formats d'échange entre certains logiciels, le fonctionnement général d'une telle chaîne est incertain et pose de nombreux problèmes de gestion, de réutilisation et de préservation.

Du fait du peu de structuration des contextes de production et d'échange entre les logiciels, un temps considérable de la production est passé à organiser, structurer et même retrouver les éléments disséminés sur plusieurs outils. Lorsque l'interopérabilité n'est pas assurée, le producteur a l'obligation de s'occuper lui-même de la compatibilité des formats de données, avec l'utilisation d'outils de transcodage (souvent externes).

---

7. Comprendre au sens large : les outils peuvent tout aussi bien créer un son de synthèse ou travailler sur un son provenant d'une captation de concert par exemple.

8. Les studios professionnels sont ainsi souvent équipés de plusieurs écrans par station de travail, afin de faciliter la gestion de plusieurs outils en simultané.

Du point de vue social, la complexité de la gestion de la production est un effet connu de la communauté : l'industrie propose des outils de plus en plus puissants, mais sans tenir compte des usages courants : les utilisateurs combinent plusieurs outils simultanément ou alternent constamment de l'un à l'autre.

Au dernier stade de la production, l'archivage de la production musicale et sonore se borne généralement à l'archivage d'une version finale (« mastérisée<sup>9</sup> »). Il est impossible à partir de celle-ci de retracer l'historique de la production, de reprendre et de modifier le processus dans une perspective différente (« repurposing<sup>10</sup> »). La reprise est une tâche consommatrice de temps : du fait de la diversité des actions et outils utilisés, il devient particulièrement complexe de reproduire une action.

## 1.2 Objectifs du projet GAMELAN

### 1.2.1 Objectif général

L'objectif du projet est de développer un méta-environnement de production et intégrant les outils existants (pour la production musicale et audio numériques), permettant de :

- comprendre et gérer une production ;
- naviguer temporellement au sein d'un flux de production ;
- archiver « intelligemment » un flux de production ;
- faciliter les échanges de données entre les différents acteurs et faciliter le travail collaboratif ;
- simplifier la reprise des éléments existants et leur réexploitation (repurposing).

Le projet vise ainsi à créer un environnement de gestion pour la production audio, permettant la gestion d'une production avec une hiérarchisation des données, et permettant une navigation temporelle au sein des contenus. Il permet aussi de structurer ces contenus pour favoriser leur archivage dans une perspective de réexploitation.

Le résultat du projet permettra de gérer plus facilement n'importe quel environnement de production, indépendamment des outils utilisés et dans un contexte open-source, en assurant une navigation facilitée parmi les outils et les contenus produits. Certains logiciels pourront aussi avoir un lien plus intégré avec l'environnement, permettant ainsi de gérer en profondeur certains processus et d'en assurer la reproductibilité et la préservation.

Le projet GAMELAN n'entend pas imposer aux utilisateurs des changements de pratiques et de contextes d'utilisation, mais proposer un environnement de suivi et de gestion des processus de production.

### 1.2.2 Les quatre niveaux du projet

#### Environnements de production

Le but est de garder la trace de toutes les actions réalisées depuis le matériel de départ au produit fini (par exemple : une action sur un fichier produit un autre nouveau fichier), d'organiser les éléments de la production (fichiers, logiciels) et de formaliser la connaissance générée lors du processus.

---

9. Le mastering est la dernière étape de la postproduction.

10. Réutiliser, réexploiter.

### **Stratégies de préservation**

Il est prévu d'utiliser l'environnement de production comme une plateforme pour la préservation et de s'en servir pour extraire les structures et les connaissances permettant de simplifier l'accès futur à l'environnement.

### **Réutilisation des productions**

Il faut pouvoir restructurer le matériel de production en fonction de nouveaux objectifs, ajouter d'autres matériaux et modifier les liens et la structure globale ; sans oublier de faciliter la déconstruction et la reconstruction de processus pour une analyse des intentions.

### **Gestion de droits**

Denier point important : il ne faut pas oublier de permettre la traçabilité des contenus lors d'une production afin d'en gérer les droits d'utilisation.

## **1.2.3 Les applications possibles**

### **Production de contenus professionnels**

L'environnement s'adresse à tous les domaines de production musicale, permettant un gain de temps de production et structurant les contenus en vue de leur sauvegarde et réutilisation.

### **Contextes pédagogiques**

Dans un but pédagogique, il est intéressant d'analyser, de démontrer et de reconstruire les œuvres. Cette approche est appréciée par les enseignants et les chercheurs en musicologie.

### **Optimisation de la préservation**

La réutilisation de matériau existant est de plus en plus courante. Un archivage intelligent et structuré facilite la reconfiguration des contenus par rapport à des contextes d'utilisation qui évoluent.

### **Pour le grand public**

Le public recherche la simplification des processus de production et de nouvelles modalités d'échanges. De nouvelles utilisations pourraient aussi apparaître, notamment le partage d'environnements de production, permettant aux utilisateurs de reconfigurer une musique ou une production.



## État de l'art

Les travaux de recherche sur la composition assistée par ordinateur débutent en 1955 quand Lejaren A. HILLER et Léonard M. ISAACSON (de l'université de l'Illinois) composent un quatuor à corde (*Illiad Suite*), basé sur les pouvoirs de calcul de l'intelligence artificielle : c'est le début de l'informatique musicale. Son évolution suivra ensuite celle des langages de programmation : en 1957, Max MATHEWS, considéré comme le père de l'informatique musicale, conçoit le programme Music I, qui servira à créer la première pièce musicale générée par ordinateur (*In the Silver Scale*, Newman GUTTMAN).

Dans le courant des années 1980, Miller PUCKETTE invente et développe le logiciel Patcher, permettant de programmer graphiquement la création musicale temps réel. Ce logiciel avait pour but de proposer une solution au problème de synchronisation entre les instruments acoustiques et la musique électronique, cette dernière étant jusqu'alors réduite le plus souvent à une bande magnétique qui était simplement déroulée. De Patcher naîtra Max/MSP, utilisé notamment par Philippe MANOURY pour *Pluton* dès 1988 pour synchroniser l'ordinateur avec le piano ; et Pure Data, version libre du logiciel.

Au cours du temps l'outil informatique change la façon de « composer » la musique : nous avons par exemple la musique spectrale, avec *Partiels* de Gérard GRISEY en 1975, qui décompose une note de trombone pour en explorer le contenu spectral et s'en servir de base pour composer ; ou plus récemment l'exemple du « music-ripping », où les compositeurs récupèrent des contenus musicaux et endossent le double rôle d'auditeur et de compositeur, le tout dans un long processus de création et de transmission [Rousseaux and Bonardi, 2004].

L'IRCAM a créé une véritable profession à mi-chemin entre l'informaticien et le musicien : le réalisateur en informatique musicale<sup>11</sup>. Ce dernier travaille avec le compositeur pour créer les objets musicaux, interprète la partie électronique des pièces et assure la pérennité des systèmes utilisés.

Cette dernière responsabilité est ici celle qui nous intéresse au plus haut point : la dématérialisation des informations entraîne de nouvelles questions autour de la conservation des informations. Nous voyons ces dernières années un intérêt grandissant, pour la préservation des moyens numériques en production sonore et sa nécessité, dont témoignent différents projets comme

---

11. Une présentation du métier de réalisateur en informatique musicale : <http://www.fredvoisin.com/web/spip.php?article166>.

CASPAR<sup>12</sup> [Bonardi and Barthélemy, 2008], INTEGRA<sup>13</sup> [Bullock et al., 2008], ASTREE<sup>14</sup>.

Cet état de l'art se découpe en deux parties : la première concerne les bases de la préservation numérique (d'un aspect purement informatique) et la seconde les problèmes de la préservation dans le domaine musical.

## 2.1 Préservation d'information

Dans cette partie axée principalement sur la préservation numérique, la présentation est structurée selon les trois parties suivantes :

1. les notions numériques de bases, afin de présenter d'abord l'information numérique de façon globale, puis le concept d'archivage de cette information ;
2. les contraintes techniques liées à la préservation d'information numérique ;
3. une méthode d'archivage générique.

### 2.1.1 Notions numériques fondamentales

#### 2.1.1.1 Donnée, information, connaissance

##### Définitions

Nous pouvons commencer par définir ces trois termes les uns par rapport aux autres :

- la donnée est la description élémentaire, la représentation d'une idée, d'un fait, sous une forme conventionnelle, souvent codée et structurée (en vue d'un traitement automatisé) ;
- une information est un ensemble de données liées entre elles et porteuses de sens pour un utilisateur ;
- une connaissance est une information que son utilisateur, dans un contexte donné, entend exploiter pour une action particulière ; ainsi l'information en soit n'a qu'un intérêt relatif, elle est le vecteur d'accès à la connaissance.

Une définition de l'information, plus subjective, est défendue par Didier FROCHOT. Celle-ci précise que ce qui peut potentiellement être de l'information ne le sera pas pour tous : ce serait uniquement le regard porté sur un objet qui le rendrait porteur d'information. Par exemple, un « objet matériel qui traîne chez un antiquaire n'aura aucun intérêt pour une infinité de chineurs passant à côté, mais je trouverai en lui toute l'information que je cherche, à titre d'illustration des habitudes de vie d'une époque, à laquelle je m'intéresse tant. Pour le passant, cela n'aura aucun intérêt ; pour moi cela aura un intérêt documentaire énorme, sans parler de la force d'émotion que cet objet peut revêtir et qui est hors de notre champ d'investigation » [Frochot, 2003].

##### Document

Le document est un élément matériel, le support indispensable permettant à l'individu d'accéder à l'information. Toute chose peut alors devenir un document, comme le précise Laurent BERNAT : « une chose acquiert donc le caractère documentaire, elle ne devient un document

---

12. Cultural, Artistic and Scientific knowledge for Preservation, Access and Retrieval : <http://www.casparpreserves.eu/>.

13. <http://www.integralive.org/>.

14. Analyse et synthèse de traitements temps réel : <http://sel.ircam.fr/astree>.

que lorsqu'un homme considère l'information dont elle est porteuse. Ce qui différencie la chose du document, c'est donc un lien fonctionnel que lui confère l'homme qui entre en relation avec elle » [Bernat, 1994].

Pour qu'une inscription puisse être reconnue comme un document, elle doit valider trois propriétés [Bachimont, 2007] :

- elle est délimitée dans le temps et dans l'espace (pour déterminer quelles parties constituent le document et l'ordre de consultation) ;
- elle est intentionnelle (l'intentionnalité peut-être décidée à tout moment) ;
- elle est publiée (pour posséder une version de référence).

Une réflexion sur le document numérique permet de le définir sur trois niveaux en respectant les notions précédentes [Pédauque, 2003] :

- document comme forme : c'est un ensemble de données organisées (suivant des règles de mise en forme permettant la lisibilité) et c'est un objet (immatériel ou matériel) ;
- document comme signe : le document est porteur de sens et est doté d'une intentionnalité ;
- document comme médium : c'est une trace (construite ou retrouvée) d'une communication, qui se trouve indépendante du temps et de l'espace ; le document est ainsi un vecteur de communication.

## **Dossier**

Historiquement, l'information exploitable n'est pas toujours limitée à un document unique, mais un ensemble de documents (ou de fichiers). Dans le domaine du numérique, le dossier est un hyperdocument qui évolue tout au long de son cycle de vie (du moins tant qu'il n'est pas archivé) et qui n'a de sens que s'il est consulté dans sa globalité.

## **Support**

Le support est un objet technique qui correspond à l'inscription d'une connaissance. Avec les technologies numériques, l'information n'est plus indissociable de son support d'écriture. Cela entraîne d'une part que le support physique n'est plus forcément associé à un support logique (nous pouvons stocker plusieurs documents sur un disque et un document sur plusieurs disques) ; et d'autre part que pour la transmission de l'information (et des connaissances), le support matériel n'est plus suffisant : il est nécessaire d'avoir les moyens de déchiffrer le code sous lequel l'information a été enregistrée et un outil pour extraire les connaissances des contenus.

Ainsi, le rôle du support est joué par :

- le support de stockage ;
- le format d'enregistrement ou logiciel de codage ;
- les outils de lecture et de restitution.

## **Intégrité**

La dissociation entre l'information et son support pose un problème : l'intégrité de l'information. La notion même d'intégrité renvoie au fait que l'objet (physique comme le document ou logique comme l'information) n'a pas subi d'altération (qu'elle soit intentionnelle ou non).

Ainsi l'obsolescence est un fait acquis : il n'y a pas de support pérenne qui soit capable de porter l'information toute sa vie ; ainsi les supports vidéos analogiques de l'INA<sup>15</sup> ont été sauvés

---

15. Institut National de l'Audiovisuel : <http://ina.fr/>

par le numérique (le projet de sauvegarde et de numérisation devrait permettre de numériser toutes les œuvres menacés de disparition d'ici 2015)<sup>16</sup>.

Le groupe de recherche InterPARES<sup>17</sup> (International research on Permanent Authentic Records in Electronic Systems), basé à l'Université de Colombie britannique à Vancouver, précise : « conserver un document électronique est à proprement parler impossible ; seule la capacité de le reproduire peut être préservée » [Chabin, 2004].

Les conclusions du projet posent qu'un document électronique est une donnée numérique, et que de ce fait, elle est indissociable des équipements (matériels et logiciels) capables de l'interpréter et de la rendre intelligible. Il découle alors que la préservation d'un document électronique authentique ne peut pas être une simple préservation en tant qu'objet physique : l'intégrité recherchée ne doit pas être technique mais archivistique, il faut préserver la capacité de rendre l'information intelligible (recherche de la qualité de l'information).

## Conclusion

Dans cette première partie, nous avons principalement posé les bases concernant l'information numérique : définition d'une information et d'un document, support à l'information, avant d'aborder les premières problématiques liées à l'intégrité de cette information qui se trouve maintenant dissociée de son support. Nous pouvons maintenant passer aux premières notions liées à l'archivage et au numérique.

### 2.1.1.2 Archivage

#### Sauvegarde et archivage

La finalité de la sauvegarde est de permettre la copie des données d'origine afin de mettre en sécurité les données contenues dans un système informatique et ainsi éviter une perte en cas de dysfonctionnement du dispositif principal. L'objectif est de permettre une restauration et la durée de conservation n'est pas liée au contenu mais à la périodicité des sauvegardes.

L'archivage doit permettre une conservation qui peut être beaucoup plus longue (et même parfois viser l'éternité). Les données archivées sont non modifiables, figées. Et le point le plus important : l'archivage doit offrir une interrogation fine des objets conservés.

#### Archivage électronique

L'archivage électronique est l'ensemble des actions, outils et méthodes mis en œuvre pour identifier, récupérer, classer et conserver les informations, sur un support sécurisé, dans le but de les exploiter et de les rendre accessibles dans le temps, que ce soit à titre de preuve (en cas d'obligations légales ou de litiges) ou de besoin d'information.

Pour être utilisable en temps que connaissance, l'information se doit d'être fiable (complète, exacte et explicite).

#### Pérennisation

La pérennisation des informations numériques est à la fois un défi technologique et organisationnel, et trouve sa réponse sur deux points :

---

16. Situation et perspectives de l'institut national de l'audiovisuel : <http://www.ccomptes.fr/fr/CC/documents/RPA/18-ina.pdf>.

17. <http://interpares.org/>.

- un codage indépendant des systèmes, via des formats pérennes ou des structurations de données qui facilitent la navigation et l'exploitation ;
- des migrations périodiques, autant pour les supports que pour les contenus qu'il faut entretenir pour en conserver l'exploitabilité.

Les migrations sont des solutions réalistes, il semble impossible de conserver les interfaces logicielles et matérielles à travers le temps.

### **Accès à l'information**

L'archivage et l'accès à l'information ont un seul et même objectif. Ces notions sont indissociables, il est inutile de penser conserver des informations qui soient illisibles ou inaccessibles.

#### **2.1.1.3 Conclusion**

Cette première partie nous a permis d'appréhender l'information numérique : sa forme, sa dématérialisation et surtout les premières pistes sur la façon de la conserver (de l'archiver) et les premiers problèmes que cela pose, notamment le respect de l'intégrité et de l'accessibilité.

### **2.1.2 Contraintes technique**

Cette deuxième partie va mettre en avant les principales difficultés rencontrées dans la préservation de l'intégrité du document numérique et les méthodes de pérennisation de l'information.

#### **2.1.2.1 Intégrité**

L'intégrité est la base de l'archivage. Quand l'archivage est à but juridique, il est spécifié dans l'article 1316-1 du Code Civil que l'écrit doit être « conservé dans des conditions de nature à en garantir l'intégrité ». Mais qu'est-ce que l'intégrité ?

De prime abord, nous pouvons considérer qu'une modification aussi minime qu'elle puisse être sur le contenu d'un document devra être détectable. Le problème est le sens du mot « contenu », comme vue précédemment, qui n'est pas le même selon que nous nous plaçons du côté technique ou du côté organisationnel (ou juridique).

Techniquement, l'intégrité d'un document est dite altérée dès qu'un seul des bits constituant le document est modifié. À l'inverse, juridiquement parlant, l'intégrité d'un document consiste à conserver le sens de l'information (le fond), sans s'occuper de sa forme.

Par exemple, la modification de la taille d'un paragraphe dans un texte ne va pas changer fondamentalement le sens de l'information que contient le document, mais en revanche, son intégrité technique ne sera pas conservée. L'intégrité qui est recherchée est celle qui protège le sens de l'information.

Ainsi cette dernière information est capitale. La recherche de l'intégrité technique est impossible sur le long terme, puisqu'un changement de format au cours du temps est obligatoire pour suivre l'évolution des technologies. Cette modification du format logique rend cette intégrité technique impossible.

Pour faire simple, l'intégrité est d'abord vue comme la préservation du sens, mais il est bien sûr plus facile de vérifier l'intégrité technique d'un document. En général, pour vérifier l'intégrité

physique, nous utilisons l'empreinte. Cette empreinte est unique pour chaque document (une virgule modifiée et l'empreinte est différente). Tant que l'empreinte d'un document reste la même, le document n'a subi aucune altération physique.

### 2.1.2.2 Pérennité

Comme vu précédemment, la pérennité est la caractéristique qui consiste à être capable d'accéder à l'information dans le temps et de façon intelligible (permettant de l'interpréter). Au vue de l'évolution technologique, ceci n'est possible qu'en changeant régulièrement de support et de format ; ou tout du moins en recourant à la technique de l'émulation.

#### Emulation

L'émulation consiste à accéder aux données dans le format d'origine à partir d'une nouvelle plateforme (logiciel et/ou matériel) grâce à un émulateur qui reconstitue de façon virtuelle l'environnement dans lesquelles elles ont été créées. Le terme émuler signifie « chercher à imiter ».

L'émulation est très utilisée : lorsqu'un logiciel est devenu obsolète et que nous désirons le faire fonctionner sur un ordinateur récent incompatible, l'émulateur imite de manière logicielle le fonctionnement d'un ancien ordinateur. Ce procédé est aussi utilisé dans le domaine du jeu vidéo et de la musique.

Généralement, l'émulation permet de maintenir l'intégrité de l'œuvre mais perturbe son authenticité. De plus, un problème peut survenir : l'émulateur pourrait se trouver dans un cas de figure particulier entre le document et le système émulé (comme une erreur d'interprétation d'une commande), et être incapable d'interpréter le document correctement, ce qui mettrait en péril son intégrité.

#### Migration

Le paradoxe de l'archivage est de conserver et pérenniser des données avec des techniques et des supports qui évoluent extrêmement vite. Il est maintenant acquis que l'évolution des technologies fait que les informations ne seront pas accessibles *ad vitam æternam* et qu'il faut anticiper la disparition des interfaces permettant d'accéder à ces informations. La migration est une réponse à cette problématique : l'objectif est de faire évoluer le support et/ou le format du document afin de parer aux évolutions qui rendraient l'information inexploitable.

Parmi les facteurs qui déclenchent une migration se trouvent bien souvent :

- une meilleure accessibilité : pour pallier l'évolution technologique ou pour accéder aux informations d'une nouvelle façon qui semblera plus intéressante en fonction des besoins ;
- une dégradation des supports : dans certains cas, les supports ne sont plus adaptés aux utilisations actuelles, c'est par exemple le cas tout simplement des bobines de Super 8 qui deviennent difficiles d'accès aujourd'hui à cause de la disparition des lecteurs.

#### OAIS

La norme OAIS<sup>18</sup> (Open Archival Information System) concerne la conservation sur le long terme des documents numériques. C'est un guide des bonnes pratiques sur les questions à se poser en vue d'entamer une réflexion.

---

18. La norme OAIS est disponible à l'adresse <http://public.ccsds.org/publications/archive/650x0b1.pdf>.

Le modèle OAIS constitue une référence décrivant dans les grandes lignes les fonctions, les responsabilités et l'organisation d'un système qui voudrait préserver de l'information sur le long terme, dans le but d'en garantir l'accès (le long terme est défini comme suffisamment long pour être soumis à l'impact des évolutions technologiques).

Ainsi, le modèle OAIS distingue quatre types de migrations numériques :

- le rafraîchissement : copie bit à bit de l'information (en général un support ancien est remplacé par un support identique neuf) ;
- la duplication : recopie des objets archivés vers un nouveau type de support (sans changement de l'organisation logique du stockage) ;
- le réempaquetage : recopie des objets archivés vers un nouveau type de support, nécessitant une nouvelle organisation logique du stockage ;
- la transformation : modification du contenu de l'information, portant notamment sur sa forme. La transformation peut ou non être réversible (par exemple avec l'utilisation d'un algorithme avec perte ou à cause de la disparition des outils qui permettaient de lire le contenu dans le format d'origine).

### 2.1.2.3 Conclusion

Cette deuxième partie a mis en avant les problèmes qui se posent lors de la préservation de l'information et les différentes façons paradoxales de modifier les documents tout en cherchant à assurer leur intégrité (du fond et non de la forme).

## 2.1.3 Méthode d'archivage

La troisième est dernière partie de présentation de l'information numérique et de sa préservation traite d'une méthode d'archivage basique, qui pose d'abord la question de ce qu'il faut conserver, puis qui présente le cycle de vie d'une information que nous souhaitons archiver.

### 2.1.3.1 Qualifier l'information

Pour savoir que conserver, il faut commencer par maîtriser ce que nous souhaitons et devons archiver : il faut qualifier et classer l'information.

#### **Granularité**

Premier point important : la granularité. Il faut définir les différents niveaux de granularité de l'information qui doivent être identifiés, et la façon dont ils vont se décliner dans le système d'identification. Il faut ainsi se poser la question du « grain » ou du « niveau » de l'unité de sens d'un document, et finalement répondre aux questions suivantes : que voulons-nous repérer, indexer et pour quels usages ?

#### **Point de vue**

Les informations ne seront pas caractérisées de la même façon en fonction du public :

- le producteur d'information : il a pour critères, le contexte de production, le type du document, son intérêt, les personnes impliquées, etc. ;

- l'utilisateur, qui consulte ou exploite les données : il s'intéresse davantage à la richesse du contenu, à sa fiabilité, etc.

### **Plan de classement**

Le plan de classement ordonne et structure la composition d'une archive. Il regroupe globalement trois opérations :

- l'ordonnancement : la structuration des données (préparation du dossier et vérification de son exploitabilité ultérieure entre autres) ;
- le rangement : la localisation physique des informations (concernant par exemple l'accessibilité de l'information) ;
- l'organisation intellectuelle : la gestion (efficace) des contenus et une meilleure connaissance de fond.

### **2.1.3.2 Cycle de vie de l'information**

Le cycle de vie de l'archive est un processus linéaire qui se passe globalement sur trois étapes (capture, maintenance et destruction), avec une quatrième étape transverse et non des moindres : l'accès au contenu.

#### **Constitution**

C'est la phase de capture des informations et de création du dossier : toutes les informations doivent être identifiées pour être ajoutées dans le système d'archivage. C'est le niveau de granularité qui va permettre de prendre les informations nécessaires et de ne pas s'encombrer de celles qui n'ont aucun sens.

#### **Maintenance**

La maintenance correspond à la vie de l'information archivée pendant toute la durée requise : la pérennisation des données. Cela suppose donc la maîtrise des formats et des supports avec des migrations systématiques pour assurer l'intégrité et l'accessibilité aux informations.

#### **Fin d'utilité**

Une archive, pour être conservée au mieux, doit avoir une durée de conservation, et donc une date de péremption. À la fin de la période de conservation, la donnée peut-être simplement détruite, ou stockée : elle perd son statut d'archive et il n'y aura plus de migration pour la tenir à jour.

#### **Mise à disposition**

Le processus de mise à disposition d'une archive ne sera peut-être jamais activé. Mais c'est pourtant le but même d'une conservation. Il est important pour cette étape d'avoir bien prévu l'accessibilité aux informations dès la création de l'archive.

### 2.1.3.3 Conclusion

Cette troisième partie présente le cycle de vie d'une information archivée et utilise les notions vues précédemment (accessibilité, intégrité) pour conclure sur le concept de préservation d'informations numériques. Nous avons ainsi une vision globale des questions à se poser et des problèmes qui peuvent se rencontrer autour de la préservation d'information.

## 2.2 Domaine musical

Nous venons de voir certaines notions liées à l'archivage et à la préservation d'informations numériques. Nous allons maintenant nous intéresser à l'objet numérique dans le domaine de la création musicale et à sa préservation. Un objet numérique est « un ensemble complexe de contenus d'informations et de paquetages de ces informations dans un format de document accompagné d'un programme informatique ou application offrant des fonctionnalités de manipulation telles que la recherche, l'affichage, la navigation » [Lupovici, 2000].

### 2.2.1 La préservation musicale

#### 2.2.1.1 Environnements de production

Dans le domaine de la production audio, il existe ainsi assez peu d'échanges entre les différents outils. Le caractère commercial et segmenté du marché fait que la plupart des outils sont propriétaires et peu ouverts à des échanges ou des interactions. Bien que des normes existent (OMF<sup>19</sup>, MIDI), celles-ci sont des formats d'échange de données permettant l'import-export d'informations sans possibilités d'interaction. Ce n'est que récemment que des protocoles ont commencé à se développer. Étant donnée la complexité des environnements de production, aucune solution n'existe qui permettrait de garder une trace évolutive des processus, au-delà du simple snapshot<sup>20</sup>.

La production sonore se caractérise par une mobilisation d'environnements de production qui n'offrent aucune garantie d'interopérabilité (par exemple entre le logiciel de synthèse sonore Max/MSP et Pro Tools). Cette fragmentation de l'environnement technique entraîne plusieurs conséquences dommageables :

- la perte des informations liées au processus de production : il n'est possible de reprendre que les objets finaux produits par l'environnement car nous perdons les informations et connaissances mobilisées lors du processus de production lui-même. En particulier, quand nous voulons reprendre une étape donnée de ce processus ou réutiliser un paramétrage particulier de l'environnement, cette étape et ce paramétrage sont en général perdus car il n'est pas prévu de les exporter ni de les consulter ;
- l'impossibilité de représenter de manière globale l'œuvre produite à partir des éléments qui la composent et des informations qui leur sont attachées ;
- l'impossibilité de repartir d'éléments de la production pour en effectuer une nouvelle exploitation (repurposing) ou pour étudier son processus de création (musicologie).

---

19. Open Media Framework : format de fichier non tributaire du type de plate-forme permettant de transférer des médias numériques tout en y ajoutant des informations de traitements.

20. Le snapshot (instantané) consiste en informatique à prendre une « photo », un instantané d'un volume logique.

### 2.2.1.2 Bénéficiaires

Le pilotage d'outils de production et les échanges d'informations en vue de capitaliser le processus de production pour l'archiver, le réexploiter et l'étudier peut intéresser un public assez hétérogène :

- dans le temps immédiat de la production : le compositeur peut revenir sur son propre travail au cours d'une création, pour explorer plusieurs possibilités ou corriger des conséquences jugées indésirables (possibilité de consulter globalement le travail de composition ou de production) ;
- dans le temps intermédiaire de collection : le compositeur, ou l'institution qui gère ses œuvres, peuvent revenir sur une œuvre donnée pour la recréer ou réutiliser les contenus la composant ;
- dans le temps long de la préservation : l'œuvre devient une mémoire et un vestige, l'enjeu est de conserver l'information technique et artistique permettant de la comprendre, l'interpréter et la rejouer.

### 2.2.1.3 Les trois verrous

Il existe plusieurs difficultés ou verrous que nous pouvons résumer de la manière suivante :

- le verrou archival (l'archivage numérique) : chaque environnement de production propose un contexte particulier pour la création des objets musicaux. Dans un souci de préservation, il semble intéressant de dégager une représentation des objets manipulés permettant de les échanger, les reprendre ou les reproduire ; cette représentation doit être abstraite car elle doit être suffisamment générale pour être valable et exploitable dans d'autres contextes, et suffisamment concrète pour contenir les informations nécessaires à la réutilisation des objets ;
- le verrou cognitif (la gestion et capitalisation des connaissances) : le processus de création mobilise un ensemble d'intentions et de connaissances de la part de l'auteur, qui sont ainsi transcrites de façon implicite dans son utilisation et dans le paramétrage de ses outils. L'enjeu est de pouvoir caractériser et expliciter les connaissances nécessaires à la compréhension et à la réutilisation des outils et leur paramétrage ;
- le verrou technique (l'ingénierie des processus et des connaissances) : les connaissances sur le processus de création et sur l'exploitation des outils doivent être explicitées dans des représentations et modèles, et exploitables dans un environnement qui offre à l'utilisateur la possibilité d'interagir avec les données et les structures.

## 2.2.2 Archivage numérique

Plusieurs approches ont émergé pour la préservation des médiums technologiques. Il est important de noter qu'aucune de ces stratégies n'est clairement meilleure que les autres, et chaque approche peut prendre l'avantage face aux autres en fonction du contexte. Il faut donc construire une stratégie à chaque fois nouvelle selon les fonds concernés et les objectifs fixés à l'archivage [Bachimont, 2009].

Nous pouvons distinguer les quatre approches suivantes [Thibodeau, 2002, Borghoff et al., 2006, Gladney, 2007] :

### 2.2.2.1 L'approche muséologique

Cette approche consiste à conserver les contenus dans leur format d'origine avec leurs outils de lecture. Nous reproduisons ainsi l'information à conserver et les conditions de lecture propres à une époque et à un contenu. Cette approche est valable pour un faible volume de contenus, et se heurte à la difficulté de maintenir en fonctionnement des outils obsolètes. Mais elle reste utile pour se rendre compte des conditions de jeu pour les jeux d'arcade par exemple, ou encore la lecture de contenus anciens comme les premières versions de Word.

### 2.2.2.2 La migration

La migration consiste à faire évoluer le format technique des contenus pour les garder compatibles et adaptés aux outils de lecture disponibles dans l'environnement technologique du moment, ses contenus profitant alors des perfectionnements liés aux nouveaux formats. Cette stratégie est coûteuse puisqu'il faut l'appliquer à tous les contenus, mais elle est la plus simple à mettre en place et peut-être organisée de manière systématique.

### 2.2.2.3 L'émulation

L'émulation consiste à simuler sur les environnements du moment les outils de lecture des formats d'origine. Cette solution est séduisante en théorie, car elle nous permet de garder les contenus sans avoir à les faire évoluer, mais elle est très fragile car une émulation n'est jamais parfaite. De plus, il faut suivre l'évolution des outils de lecture par une cascade de plus en plus importante d'émulateurs, ce qui augmente continuellement la complexité technologique et le coût.

Depuis quelques années, une autre idée émerge : préserver les contenus en les émulant sur une machine virtuelle, la tâche étant alors réduite à l'implémentation de la machine virtuelle sur l'environnement cible [Lorie, 2002]. Cette technique semble avantageuse, car elle permet un archivage à l'identique (respectant l'intégrité et l'authenticité), sans avoir à choisir ce qu'il faut retenir d'un contenu pour le faire migrer ou le reproduire : cette approche connaît un surcroît d'intérêt ces derniers temps [Rothenberg, 1999].

### 2.2.2.4 La description

Cette dernière approche consiste à ne pas conserver les contenus enregistrés, car ils sont partiels, incomplets ou mal définis. Il semble par conséquent plus facile de conserver une description des contenus qui permet de les reproduire. La description peut alors porter sur les points essentiels à reproduire, l'intention de l'auteur à respecter [Depocas et al., 2003], l'apparence graphique, etc. Il est aussi possible de chercher à conserver le contenu et sa description.

## 2.2.3 Capitalisation des connaissances

La capitalisation des connaissances est l'une des deux branches principales du management des connaissances (l'autre étant la collaboration entre les utilisateurs). Le management des connaissances (également nommé « knowledge management » ou « gestion des connaissances ») peut être défini comme l'ensemble des actions (systématiques et organisées) qu'une

entreprise doit réaliser pour obtenir une plus grande valeur des connaissances dont elle dispose [Davenport and Prusak, 2000]. En pratique, le management des connaissances est un processus axé sur l'organisation permettant l'acquisition, la structuration, l'intégration et la diffusion de la connaissance des individus [Quintas et al., 1997].

La capitalisation des connaissances se positionne comme le fait de pouvoir dégager d'une activité les connaissances permettant de la reproduire dans d'autres circonstances ou situations [Nonaka and Takeuchi, 1995]. Ici, l'enjeu est de pouvoir dégager les connaissances du processus de création, pour être capable de remobiliser les objets intermédiaires et les environnements utilisés lors de ce processus : il s'agit de dégager les informations nécessaires pour la manipulation des outils de la création.

Pour parvenir à cet objectif, les deux approches suivantes peuvent nous intéresser.

### 2.2.3.1 Le cours d'action

Le principe est de filmer et d'enregistrer le travail du producteur afin qu'il puisse commenter et expliciter les différentes étapes, avec les connaissances et les motivations associées (cela va au-delà d'une simple interview ou du suivi du compositeur pour examiner sa manière de faire).

Ainsi le cours d'action [Theureau, 2004] est une réduction de l'activité à sa partie significative pour l'acteur, c'est-à-dire sa partie « montrable, racontable et commentable à tout instant », qui permet :

- de restituer le flux de l'expérience vécue par les acteurs au cours de périodes d'activité ;
- de reconstruire la dynamique d'un mouvement de pensée (en intégrant les actions, les interprétations, les émotions, les focalisations, les préoccupations) pour rendre compte de la construction de l'expérience humaine.

La théorie du cours d'action permet d'analyser à un grain très fin l'activité humaine, à condition que celle-ci soit explicitée *a posteriori* par celui l'ayant vécue. Cette théorie repose sur l'hypothèse selon laquelle l'activité est située (c'est-à-dire indissociable de l'environnement dans lequel elle prend forme et qu'elle doit être étudiée en situation) [Kirshner and Whitson, 1997].

Le cours d'action est « l'activité d'un acteur déterminé, engagé dans un environnement physique et social déterminé et appartenant à une culture déterminée, activité qui est significative pour ce dernier, c'est-à-dire montrable, racontable et commentable par lui à tout instant de son déroulement à un observateur-interlocuteur » [Theureau and Jeffroy, 1994]. La définition de cet objet est fondée sur l'idée que le niveau de l'activité qui est montrable, racontable et commentable par l'acteur (ce qui est significatif de son point de vue) peut donner lieu à des observations, descriptions et explications [Theureau, 1992]. Cela permet une « description symbolique acceptable », une description de l'activité de l'acteur et des caractéristiques de sa situation de travail vues par le créateur.

### 2.2.3.2 Le storytelling

Le storytelling est l'art de raconter les histoires [McKee, 1997], c'est aussi un très bon outil de gestion des connaissances [Fallery and Marti, 2007] : le récit est l'outil le plus puissant dont nous disposons pour synthétiser l'hétérogène et expliciter l'indicible [Soulie, 2003]. À travers le récit, nous rassemblons des éléments qui resteraient sinon difficilement accessibles. L'approche

est de faire raconter leur histoire et l'histoire de la création aux auteurs (technique de l'entretien narratif).

Selon Steve DENNING qui a théorisé le storytelling et qui en est le représentant le plus connu, nous nous basons traditionnellement sur une trilogie « reconnaissance d'un problème / analyse / préconisation d'une solution ». Cette façon de voir a atteint ses limites avec le public moderne, souvent lassé de la communication classique. Le storytelling entraîne donc une nouvelle trilogie : « capter l'attention / stimuler le désir de changement / et (dans un dernier temps seulement) emporter la conviction par l'utilisation d'arguments raisonnés » [Denning, 2007]. L'utilisation d'histoires et de formules symboliques (équivalentes au « il était une fois » des contes pour enfants) à chacune des trois étapes permet au public de garder un esprit ouvert au message que nous souhaitons transmettre.

Le storytelling devient alors un objet précieux pour le musicologue et le musicien, l'histoire racontée est ainsi utile à la compréhension du processus de production sonore.

#### 2.2.4 Modélisation des processus et des connaissances

La représentation des connaissances [Kayser, 1997] désigne un ensemble d'outils et de procédés destinés à représenter et à organiser le savoir humain pour l'utiliser et le partager. La modélisation des processus et des connaissances est nécessaire pour exprimer les connaissances de manière à pouvoir les mobiliser.

Les principales difficultés liées à la musique sont :

- l'hétérogénéité des niveaux d'abstraction des objets : du code informatique à la description globale en passant par des représentations graphiques ;
- la fragmentation des objets et des outils qui ne communiquent pas entre eux.

L'ingénierie des traces numériques [Laflaquière et al., 2008] peut devenir une option intéressante pour conserver un processus de production : les objets intermédiaires construits par le compositeur ou le producteur et les paramétrages associés sont des informations importantes à préserver. Un suivi des transformations effectuées et la possibilité de les examiner hors de leur contexte d'origine peuvent devenir une source de connaissance précieuse.

Il convient alors de définir une ontologie de ces transformations, et de leur associer les actions leur correspondant. Il est difficile de définir ce qu'est une ontologie d'une façon définitive. Le mot est employé dans des contextes différents touchant à la philosophie, la linguistique ou l'intelligence artificielle. Guarino [Guarino et al., 1995, Guarino, 1997] part de plusieurs interprétations pour chercher à clarifier ce qu'est une ontologie. Outre le sens philosophique originel, une ontologie désigne une modélisation conceptuelle ou une représentation de cette modélisation. Dans les deux cas, nous parlons d'ontologie formelle pour désigner la rigueur de la modélisation et la structure de sa représentation.

Les ontologies sont devenues des outils usuels pour représenter des concepts et des notions d'un domaine. Dans l'optique d'une ingénierie de la trace, il conviendrait d'élargir la déclaration des concepts à la sémantique liée à leur mise en œuvre et à leur exploitation dans les opérations pilotées et observées des environnements.

L'ingénierie des connaissances peut être intéressante pour élaborer de telles ontologies car elle permet de disposer d'un niveau homogène de représentation des objets manipulés, et d'obtenir ainsi un langage de description des objets musicaux et de leur transformation. Une telle ontologie

aidera à construire une représentation permettant à l'utilisateur d'envisager l'œuvre composée et de l'aborder en globalité pour l'explorer et la manipuler.

## 3

# Projet GAMELAN

### 3.1 Présentation

L'objectif du projet est de proposer un méta-environnement de production permettant de piloter des outils de création et d'avoir ainsi une représentation globale et homogène d'une œuvre musicale. Cette représentation doit permettre d'avoir une vue :

- permettant d'interagir avec les outils et de manipuler le contenu ;
- permettant de représenter l'œuvre, ses composantes et son contenu, de manière à pouvoir l'archiver et la rejouer ;
- représentant les connaissances associées à l'œuvre ainsi qu'une description du contenu permettant de l'étudier et de l'interpréter.

Un tel méta-environnement n'existe pas et son élaboration répondrait à un besoin de la communauté. Par ailleurs, sa mise au point renvoie à la solution de différentes difficultés scientifiques :

- un langage de représentation permettant de gérer le processus de création ;
- un langage de description permettant de représenter le contenu d'une œuvre, dans la diversité de ses composantes ;
- l'intégration de ces deux langages dans un même environnement de pilotage.

La description du contenu d'une œuvre est une approche de plus en plus adoptée pour faire face à la complexité technique (la plupart du temps numérique) des contenus : plutôt que de conserver un objet technique que nous risquons de ne plus savoir manipuler, nous construisons une description permettant de réinventer cet objet avec les outils que nous aurons sous la main le moment venu. Une telle description introduit nécessairement un écart à l'original, l'enjeu étant que cet écart ne porte pas atteinte à l'intégrité ni à l'authenticité de l'œuvre.

La principale question est de savoir comment déterminer un tel langage de description. La partition, utilisée dans la musique dite classique, est un exemple d'un tel langage. Plutôt que de buter sur la tâche longtemps impossible avant les techniques d'enregistrement de garder un objet musical, nous avons préféré conserver les instructions permettant de le créer. A présent, la complexité des œuvres, la mutabilité et la fragilité du numérique impliquent qu'il est impossible de garantir qu'un objet technique soit encore manipulable et exécutable dans le futur. Plusieurs approches sont possibles mais un travail tant sémiotique que logique doit être mené pour définir un tel niveau de description :

- sémiotique : il faut caractériser les objets mobilisés dans une production, définir leur signification et proposer une représentation associée ;
- logique : il faut enrôler cette représentation dans un langage permettant des actions de pilotage dans le méta-environnement proposé.

Par ailleurs, la description proposée doit également être temporelle, et permettre une navigation dans les différents états de l'œuvre. La représentation du temps doit s'effectuer en termes de versions (traces de transformations) pour offrir à l'utilisateur la possibilité de revenir à des états antérieurs et de construire de nouveaux états en réutilisant certaines versions antérieures des objets composant son œuvre.

La représentation du processus de création a pour objectif de décrire les différentes tâches et actions que le producteur doit entreprendre pour élaborer son contenu.

Au final, le projet débouchera sur les résultats suivants :

- un environnement logiciel, publié en logiciel libre, permettant de piloter certains outils de création retenus dans le projet et capable d'accueillir d'autres outils par la suite du fait de son ouverture ;
- un langage de représentation et de description des contenus manipulés, intégrant leur variation temporelle et leur transformation ;
- un langage de représentation du processus de création.

Ces résultats reposent sur l'interaction entre plusieurs approches : l'ingénierie des connaissances, l'ingénierie des processus et la préservation numérique.

## 3.2 Programme

L'objectif du projet est ainsi la création d'un environnement pour la production musicale et sonore, apte à intégrer tout type de logiciel de production, et à décrire intégralement le flux de production, de la source au produit final.

L'environnement ainsi produit permettra notamment l'archivage intelligent des objets, en permettant de remonter à la source de la production, et de comprendre le processus qui a permis cette production. Il facilitera aussi les usages futurs de ces contenus, en permettant leur réutilisation dans des contextes et usages différents, par exemple en contexte pédagogique, ou bien via la déclinaison des supports de diffusion.

Le projet devra aussi développer des méthodes et des outils permettant de gérer les connaissances associées aux objets et aux processus, et de gérer leur évolution temporelle. Ces méthodes et outils, validés dans le cadre d'usage de la production musicale et sonore, seront suffisamment génériques pour être applicables à d'autres secteurs de production impliquant une prise en compte de la temporalité des médias (comme l'audiovisuel).

La figure 3.1 présente l'organigramme technique du système visé. L'*environnement de production* intègre les différents outils de production audio numérique à l'œuvre dans le processus. Dans le projet GAMELAN, nous envisageons notamment d'intégrer des outils de création tels que les GRM Tools (développés par l'INA), les environnements de production temps réel tels que Max/MSP (créé à l'origine par l'IRCAM), les séquenceurs (comme Pro Tools), ainsi que les outils aptes à intégrer des protocoles de communication audio avancés.

Il s'appuie sur des *modèles de processus* prédéfinis, afin de mesurer et de qualifier les étapes et les opérations effectuées au cours d'un processus particulier, et sur une unité de *gestion de*

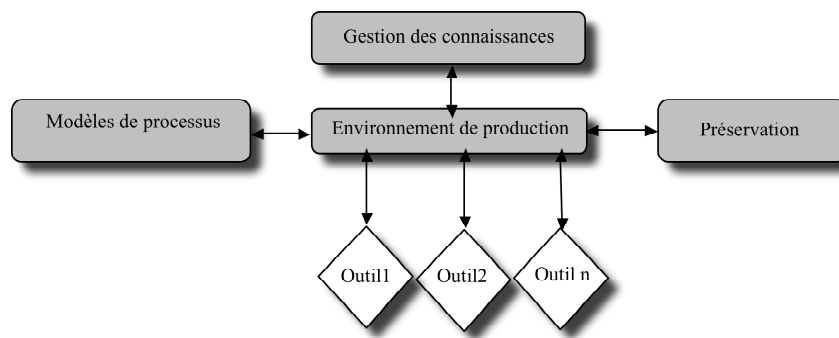


FIGURE 3.1 – Organigramme technique du système visé

*connaissances* qui lui donne les méthodes pour évaluer ce processus et fournir à tout moment à l'utilisateur une évaluation du processus en cours et une aide contextuelle. Il sera donc à même de fournir à tout instant une vue globale sur la totalité du processus en termes de progression, de qualité et de résultat.

L'utilisateur devrait être à même de contrôler l'interaction de ce feedback avec son propre travail (non intrusivité, transparence).

Enfin, une unité d'archivage permettra une *préservation* intelligente des objets numériques, en gardant l'empreinte du processus complet, afin de permettre une traçabilité totale.

Le projet est donc structuré autour de trois tâches de recherche et développement présentées sur la figure 3.2 :

- modélisation des processus ;
- gestion des connaissances ;
- développement d'un environnement de production.

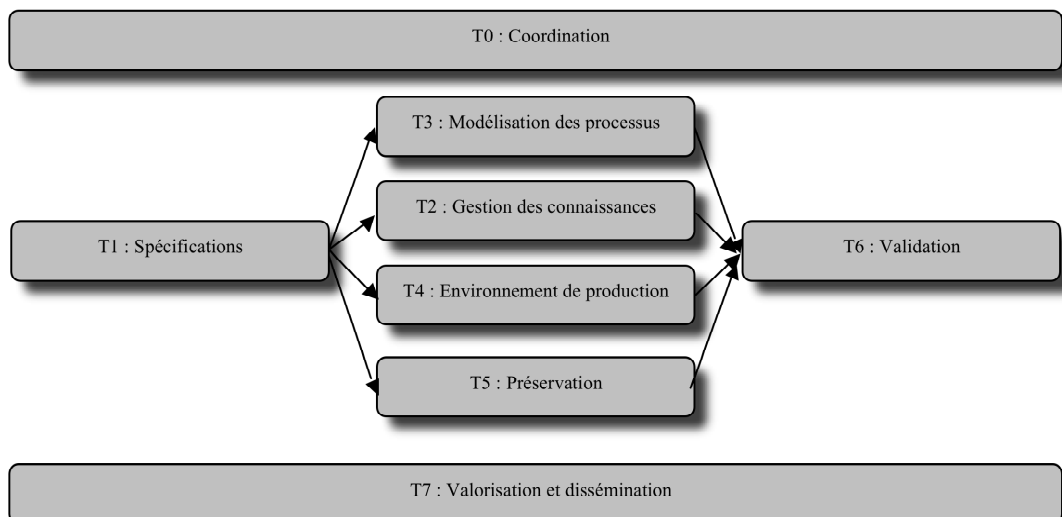


FIGURE 3.2 – Tâches du projet GAMELAN

L'environnement ainsi développé sera validé au travers de plusieurs scénarios d'usage :

- réutilisation et appropriation des contenus par l'utilisateur final (et génération de nouveaux contenus) ;
- réutilisation des contenus et compréhension des processus en contexte pédagogique ;
- réutilisation des contenus en contexte industriel (repurposing).

### 3.3 Partenaires du projet

#### 3.3.1 UTC Heudiasyc

L'unité Heuristique et diagnostic des systèmes complexes est une unité mixte entre l'Université de Technologie de Compiègne et le CNRS. Créée en 1980, l'unité a pour vocation de mener des recherches en automatique, décision, image et informatique en y incluant la prise en compte de facteurs humains. L'objectif est de fournir des moyens de représentation, d'analyse et de contrôle de systèmes techniques soumis à des critères et contraintes s'exprimant en termes scientifiques, technologiques, économiques et d'impacts social et humain.

Le domaine « Information, connaissance, interaction » a pour objectif de traiter les problèmes de constitution, manipulation et diffusion de documents et de connaissances au sens large. L'enjeu est de développer des théories, outils et méthodes pour exprimer les connaissances et représenter leur signification pour les rendre opérationnelles et exploitables par la machine. Les travaux du thème sont essentiellement mobilisés sur les interactions des collectifs et des individus d'une part, et sur les supports de connaissances et les outils intellectuels numériques d'autre part.

Les recherches y sont développées suivant trois directions :

**L'ingénierie des documents** : Comment saisir sur un support informatique les documents tels qu'ils existent dans les pratiques attestées ? Comment représenter et exploiter les connaissances qu'ils contiennent d'une part et dont nous disposons sur eux d'autre part ? Comment harmoniser les contraintes techniques liées à leur élaboration et transmission et les contraintes culturelles de leur interprétation et de leur circulation ?

**L'ingénierie des connaissances** : Comment modéliser les connaissances et les représenter formellement ? Quels outils logiques utiliser ? Quelles méthodologies appliquer pour passer de l'expression des connaissances à la programmation des structures calculatoires qui les formalisent ?

**L'ingénierie de l'interaction** : Comment acquérir les contenus ou les restituer à un utilisateur/lecteur ? Quelles sont les interfaces adéquates ? Quels sont les outils de médiation entre les inscriptions et l'utilisateur, ou entre des utilisateurs réunis par un système à base de connaissances ou de documents ?

#### 3.3.2 IRCAM

L'IRCAM est un organisme associé au Centre Georges Pompidou de Paris, qui fut créé en 1970 par Pierre BOULEZ sous l'impulsion directe de Georges POMPIDOU. Cet institut est un des plus importants en Europe pour la musique et le son. Sa grande originalité est d'héberger la création musicale et les recherches musicologiques, scientifiques et techniques qui s'y rapportent. Cet institut est actuellement dirigé par Frank MADLENER depuis 2006 qui succède dans ce poste

à Bernard STIEGLER. Dès sa conception, l'Ircam a été le point de naissance de la plupart des concepts les plus importants en musique électronique et en traitement du son.

L'équipe Services en ligne de l'IRCAM effectue des réalisations dans les systèmes en ligne, et des recherches dans le domaine de l'ingénierie des connaissances en relation avec les connaissances musicales, la sémantique des données associées, l'extraction automatique de données du contenu et les échanges de données. Elle est particulièrement impliquée dans des projets comportant une forte part d'ingénierie de systèmes en ligne, en relation avec la valorisation des contenus et la génération de connaissances associées à ces contenus.

L'équipe prend en charge, dans le cadre de projets nationaux et européens, la conception et le développement de systèmes informatiques en ligne, proposant en particulier un accès à des bases de données sonores et musicales. Elle assure la mise en place de solutions technologiques opérationnelles permettant la gestion des contenus sonores dans des bases de données, et leur distribution sur Internet ou en intranet. Cette activité englobe la conception et le développement de modèles formels permettant de décrire les contenus (ontologies, thésaurus, etc.), ainsi que la conception et le développement de systèmes permettant l'échange et l'interopérabilité de ces modèles.

Cette activité reprend tous les grands axes traditionnels du génie logiciel : conception des bases de données, architectures réparties, technologies Internet, modélisation objet, conception des interfaces homme/machine, développement, tests, gestion de configuration, suivi de projet, etc.

Par-delà la mise en place de cette infrastructure générale, l'équipe se positionne au sein des projets en tant qu'intégrateur. Car les différents partenaires, et plus particulièrement les équipes de recherche, développent les briques logicielles où réside une grande part de la dimension prospective des projets; ces modules doivent être insérés dans les systèmes finaux. Pour réaliser cet objectif, l'équipe se base sur l'étude et la mise en œuvre des standards ouverts, aussi bien ceux issus du Web et du World Wide Web Consortium, tel XML et ses dérivés Resource Description Framework, Web Ontology Language, Web Services Description Language que ceux issus de l'ISO et notamment du groupe MPEG (MPEG-7).

### **3.3.3 INA GRM**

L'INA est un établissement public à caractère industriel et commercial impliqué dans différents secteurs de l'industrie audiovisuelle, en particulier pour l'archivage et la commercialisation des fonds publics de la radio et de la télévision. L'INA est en charge du dépôt légal de la radio-télévision et du web, et est un acteur important de la formation, de la production expérimentale et de la recherche dans le domaine audiovisuel.

Les équipes de recherche sont impliquées dans des projets en collaboration avec des partenaires académiques et industriels au niveau français et européen et visent à développer des solutions innovantes de gestion et d'exploitation des collections audiovisuelles tant pour la conservation à long terme que pour la mise en ligne et l'accès au plus large public.

Le Groupe de recherches musicales (GRM) développe depuis 1958 des activités de création et de recherche dans le domaine du son et des musiques électroacoustiques. Il participe également à la mission de conservation et de valorisation du patrimoine sonore. En bientôt 50 ans d'existence, le GRM a collaboré avec les plus grands compositeurs et a développé des logiciels de création musicale performants. Pionnier de la musique électroacoustique, le GRM est un laboratoire d'expérimentation sonore unique au monde.

### 3.3.4 EMI Music France

EMI Music France est l'un des quatre majors du disque dont le catalogue musical couvre des genres musicaux très variés. Ce catalogue comprend des artistes tels que The Beatles, The Beach Boys, David Bowie, Maria Callas, Nat King Cole, Miles Davis, Herbert von Karajan, John Lennon, Dean Martin, Paul McCartney, Yehudi Menuhin, Pink Floyd, Queen, Frank Sinatra, St Germain, Jacky Terrasson, Moby, etc. Il a également accompagné et développé un catalogue d'artistes locaux très riche : Alain Souchon, Jacques Higelin, Renaud, Mickey 3D, Jane Birkin, Cali, Raphaël, Julien Clerc, Etienne Daho, Yelle, Yann Tiersen, Daft Punk, etc.

EMI maîtrise le processus complet de médiation entre les artistes et les utilisateurs finaux. Ce processus comporte la production, la promotion, et la vente de produits musicaux avec rémunération des droits. Il est résolument engagé dans le développement de services innovants tant à destination du public que des professionnels, en témoignent des projets de diffusion en direct de contenu audio-vidéo.

# Le processus de production musicale

## 4.1 L'objet final : le prototype

### 4.1.1 Définition commune

Le prototype est une notion courante mais pourtant assez complexe à définir. Revenons pour commencer à l'origine même du mot : provient du grec « Prototupos » qui signifie création primitive. Dans la pensée courante, nous voyons le prototype comme le premier exemplaire, d'une simple ébauche à peine fonctionnelle d'un objet ou d'une idée (primitive comme dans art primitif, qui désigne les productions artistiques des sociétés dites traditionnelles, ou sans écriture) au premier exemplaire destiné à une expérimentation afin de passer ensuite à une construction en série (primitive comme premier d'une série, modèle pour la suite).

### 4.1.2 Vision artistique

Partons maintenant de la définition extraite du dictionnaire Larousse. Ce dernier définit un prototype comme le « premier exemplaire, modèle : prototype d'une médaille », ce qui rejoint la vue courante exposée précédemment.

Mais la définition fait aussi apparaître : « exemple le plus parfait, le plus exact » en utilisant comme exemple : « il est le prototype de l'employé borné ». Cette vision est celle qui nous intéresse ici dans le sens où les artistes envisagent leurs œuvres et celles des autres comme des modèles : nous voyons le prototype comme le résultat final, le but à atteindre, et non comme l'étape à passer pour la création en série.

Pour appuyer cette idée, nous pouvons citer Elie DURING<sup>21</sup> dans son interview par Frank MADLENER<sup>22</sup> paru dans Etincelle<sup>23</sup> : « si le terme « prototype » nous semble aujourd'hui trouver son origine dans le monde des sciences et des techniques contemporaines, il a une histoire plus ancienne. Proto-type, c'est littéralement le premier type, et ce mot est depuis longtemps en usage dans le domaine des savoir-faire liés à l'imprimerie par exemple, mais plus généralement aux techniques du moulage (une médaille peut servir de « prototype » à d'autres qu'on réalisera d'après elle). ». Le prototype est ainsi un « objet idéal et expérimental ».

---

21. Elie DURING est maître de conférence en philosophie : <http://www.ciepfc.fr/spip.php?article93>.

22. Frank MADLENER est l'actuel directeur de l'IRCAM.

23. Article de juin 2010, disponible à l'adresse <http://etincelle.ircam.fr/952.html>.

### 4.1.3 Opposition entre monde artistique et monde industriel

Nous avons ainsi une différence entre le prototype vu par le monde industriel et le prototype en art : il est toujours le premier, mais d'un côté dans le but de s'en servir comme modèle pour la suite de la création, et d'un autre côté pour en faire un objet unique, qui servira indirectement de modèle à d'autres œuvres.

Nous retrouvons une opposition du même genre dans le domaine de la philosophie, entre le « particulier » et le « singulier ». Le particulier appelle le « général », car il s'applique à une unité ou à un petit nombre, il peut représenter notre prototype industriel classique ; tandis que le singulier est irréductible et ne s'applique qu'à un sujet unique, étant en cela opposé au général, comme le prototype artistique.

Elie DURING est conscient de cette différence : « c'est l'expérimentation artistique qui fait du prototype son problème et son objet propre, tandis que la logique industrielle demeure dans l'horizon de la production en série d'objet aboutis (qui ne sont en réalité que le résultat de compromis auxquels ont conduit des prototypes successifs) ».

Cette différence qui se cache sous un nom commun est la base de notre problème dans la préservation des informations musicales. Dans l'industrie, il est maintenant assez aisé de conserver des informations et d'archiver une donnée qui revêt toujours la même forme : il suffit de modéliser le processus de création de l'objet et de rechercher le meilleur moyen de l'archiver ; alors que dans le monde musical, le prototype représente le produit final, qui comme tout prototype, ne suit pas un processus de production bien défini.

### 4.1.4 Application industrielle : l'automobile

Nous avons l'exemple de la 2 CV : avant de devenir un modèle tant apprécié, c'était à la base le projet TPV (Toute Petite Voiture) dont Pierre BOULANGER, le directeur de Citroën rédigea la philosophie de la voiture [Houdu and Lescure, 2004].

Le cahier des charges l'évoque ainsi : « la TPV est une bicyclette à quatre places, étanche à la pluie et à la poussière, et marchant à 60-65 km/h en ligne droite sur route plate pour une consommation de 3 litres au cent, pouvant transporter quatre personnes et 50 kg de pommes de terre ou un tonnelet. Elle doit pouvoir être achetée par un ouvrier, donc ne pas coûter cher. Elle doit durer 50000 km sans qu'on ait à remplacer aucune pièce. Le client ne pourra consacrer que 10 Francs par mois, au maximum, aux réparations courantes et à l'entretien ».

Ainsi donc naissait le cahier des charges du véhicule : la transcription de l'idée, ici basée sur quelques questionnaires. Pour la suite, les ingénieurs faisaient des expériences pour trouver les bonnes alternatives et respecter au mieux les directives de ce document.

Mais cela a maintenant changé : nous trouvons des processus et des délais à respecter, ce qui a permis de dégager des invariants dans ces processus et de permettre la conservation des données (dans un but de réutilisation et de gain de temps et de coût). Ainsi le logiciel CATIA<sup>24</sup> utilisé dans le domaine automobile permet de réutiliser les informations générées dans des phases de recherches antérieures : nous trouvons une préservation et une réutilisation des informations, grâce à un processus « standardisé » (utilisation d'un logiciel qui utilise un standard pour la sauvegarde des données couplée à une procédure de préservation des données générées durant les différentes phases du développement).

---

24. CATIA est un logiciel de conception assistée par ordinateur : <http://www.catia.com/>.

C'est ce que nous souhaitons maintenant faire dans le domaine musical : la création est différente pour chaque prototype (comme pour chaque modèle d'une marque automobile), mais il existe des bases communes qu'il faut identifier. Il faut ainsi se plonger dans des cas concrets afin de localiser ces bases communes.

## 4.2 Le processus

Cette partie, la principale de ce mémoire, va principalement présenter le processus de production musicale du point de vue des différents partenaires du projet GAMELAN, en ajoutant pour chacun les principales difficultés qui se posent dans la préservation des informations.

### 4.2.1 EMI Music France

#### 4.2.1.1 Le processus de production

L'objectif de la production pour EMI est d'aboutir à un « master » en vue d'une fabrication physique ou une distribution numérique. Trois phases se succèdent pour produire un album en studio : l'enregistrement, le mixage et le mastering.

#### L'enregistrement

Comme son nom l'indique, cette phase a pour objet d'enregistrer, dans la meilleure *qualité* possible, tous les *sons* qui serviront de base à ce qui deviendra au final un enregistrement :

- qualité : la plus grande fidélité au son enregistré, sans transformation qui pourrait dégrader le son et sans bruit parasite, afin de laisser à la phase de mixage qui suivra la plus grande liberté d'action possible ;
- son : chaque instrument, chaque voix, chaque chœur et chaque séquenceur. Ils sont enregistrés séparément pour produire chacun une ou plusieurs pistes (par exemple pour la batterie, il y aura en général autant de pistes que de tom).

Les pistes produites à cette étape peuvent être des sons enregistrés mais aussi des séquences MIDI. Généralement les pistes MIDI sont « tournées » (mises à plat) : nous avons généré le signal audio correspondant comme pour chaque piste enregistrée. Cette opération permet de ne plus être dépendant du matériel nécessaire à la séquence Midi et garantit déjà une meilleure pérennité des contenus (ainsi si une piste peut-être lue, toutes les pistes le peuvent également).

#### Le mixage

À cette deuxième étape, les pistes produites par l'enregistrement sont :

- individuellement corrigées et transformées pour leur donner leur place dans le mix final ;
- mélangées ensemble (mixées).

En général, pour une chanson, EMI produit plusieurs mix :

- une version dite « standard » ;
- une version « a capella » ;
- une version « Play Back Orchestre » ;
- une version dédiée à la diffusion radio ;
- etc.

Quand un mix est considéré comme satisfaisant, il est alors tourné (génééré) un fichier audio pour une cible donnée. En vue d'une production CD, il y aura une génération des canaux gauche/droite à 44,1khz 16bits, le CD audio est produit : c'est le « mix final ».

Après cette étape, il n'y a plus de manipulations de pistes individuelles, mais des mix finaux qui sont proches de l'enregistrement final (la chanson). Revenir mixer une chanson *a posteriori* est une opération lourde, car cela implique la remise en place d'un environnement complexe matériel, logiciel et humain.

### Le mastering

Cette étape finale permet de passer d'un ensemble de mix à un master. Mais l'opération ne consiste pas seulement à associer plusieurs chansons pour en faire un album.

La phase de pré-mastering a pour objectif de traiter le son de chaque mix pour :

- optimiser son niveau sonore ;
- corriger sa couleur sonore en fonction du style de musique ;
- le rendre homogène vis-à-vis des autres mix de l'album.

La phase de mastering consiste à mettre aux normes l'enregistrement en fonction du format cible et à produire un master en vue d'une fabrication. Par exemple dans le cas d'un CD, des métadonnées doivent être incluses pour chaque titre et pour l'album.

#### 4.2.1.2 La conservation

##### Archivage

À la suite de l'enregistrement réalisé en studio, les éléments suivants sont fournis par EMI au service des archives :

- un CD-ROM contenant l'album achevé. Ce support doit pouvoir être utilisé par l'usine pour la fabrication d'autres CD ;
- un disque dur contenant les fichiers du séquenceur (Pro Tools par exemple) issus du studio (auparavant, c'était les bandes magnétiques qui étaient fournies par le studio) ;
- une sauvegarde sous forme de DVD du contenu du disque dur. Ces DVD sont labellisés et leur contenu est organisé par le studio EMI de façon à être homogène (standardisation et hiérarchisation du contenu).

Très peu d'informations descriptives sont transmises du studio où a eu lieu l'enregistrement à EMI (qui est souvent un studio indépendant). Le disque dur est livré brut sans réelle documentation pour expliciter le contenu. C'est pour cette raison qu'à chaque fourniture par un studio d'un disque dur, son contenu est contrôlé par un ingénieur du son chez EMI et que des DVD de sauvegarde sont créés. Ces DVD reprennent les enregistrements avant le mix ainsi que les sessions Pro Tools (ou autres) réorganisées de façon homogène (ce principe de sauvegarde sur les DVD n'existent que depuis 2 ans chez EMI).

D'autres éléments peuvent être conservés, comme des partitions annotées par l'artiste, des photos, des vidéos ou même les feuilles de présence (qui précisent les rôles de toutes les personnes qui sont intervenues en studio).

##### Retour au studio

Une fois archivé, un contenu est répertorié dans un logiciel propre à EMI. Le contenu ne bougera

peut-être jamais, sauf en cas de demande d'EMI. La demande type est celle d'un service marketing qui a l'idée d'un concept de compilation et qui va confronter une idée de liste de chansons avec ce qui est présent aux archives. Une fois un contenu confirmé, il est envoyé des archives au studio EMI pour une nouvelle phase de masterisation (création du nouveau CD de compilation).

## 4.2.2 INA - GRM

### 4.2.2.1 La musique acousmatique

L'activité de production du Groupe de recherches musicales (GRM) est principalement liée à la « musique acousmatique », qui peut être définie comme une activité de production musicale effectuée au travers de manipulation de sons existants, et qui offre en sortie une œuvre sur un support fixe.

L'existence de la musique acousmatique remonte à la fin des années 1940, avec son apparition tout d'abord en Europe, puis très rapidement dans de nombreux pays et régions du monde. Son objet principal est la création d'œuvres musicales sur un support fixe, dans lequel le son enregistré est manipulé, modifié et recombinaé, de manière à obtenir des structures musicales utilisant toute forme de sons existants. Le résultat est un média enregistré, qui contient l'œuvre musicale telle qu'imaginée par le compositeur, l'œuvre est ainsi dépendante du média.

À l'origine, le média utilisé était le disque phonographique, puis la bande magnétique, avec différents formats et standards, et dans les quinze dernières années le support numérique (CD, DVD, DLT<sup>25</sup>). Sa caractéristique principale est d'être une œuvre artistique autosuffisante, le support contient l'œuvre avec tous les paramètres et toutes les informations nécessaires, qui nécessite alors seulement un système de lecture tel qu'un phonographe ou un magnétophone, qui va transformer l'information encodée sur le support en sensation musicale audible.

D'un point de vue perceptif, la caractéristique principale des œuvres acousmatiques est que l'auditeur n'a pas connaissance de la manière dont les sons sont produits et de ce qu'ils représentent. La perception de la musique acousmatique est liée aux expériences précédentes de l'auditeur, et à sa capacité de reconstruire l'origine des sons entendus. Tout type de son peut être utilisé dans ce domaine, qui est ouvert à toute expérimentation et tout type de situation d'exécution : musique acousmatique seule en situation de concert, accompagnée par des instruments traditionnels, avec des images associées, etc.

Les problèmes de la préservation de la musique acousmatique sont très liés à la préservation de l'audiovisuel, mais avec des aspects spécifiques liés à la qualité sonore et à la manière dont les œuvres sont présentées à l'auditoire durant le concert. La musique acousmatique trouve son origine dans le cinéma et la production audiovisuelle. Le cinéma, la radio et la télévision, en raison de la complexité de la technologie et des équipes de production, ont toujours utilisé un scénario de production bien défini, qui permet une collaboration efficace entre les différents intervenants, et organise le processus dans le temps.

### 4.2.2.2 Le processus de production

Le processus global présenté par Daniel TERRUGI<sup>26</sup> ressemble à celui d'EMI, notamment en ce qui concerne l'enregistrement et le mixage, mais nous allons profiter de l'exemple de la

---

25. Digital Linear Tape : technique de sauvegarde de données informatiques sur bande magnétique.

26. Daniel TERRUGI est l'actuel directeur du GRM.

musique acousmatique pour préciser ces différentes étapes. Le scénario générique de production utilisé en audiovisuel peut être décrit à l'aide de la figure 4.1, qui présente les différentes étapes et activités au travers du temps.

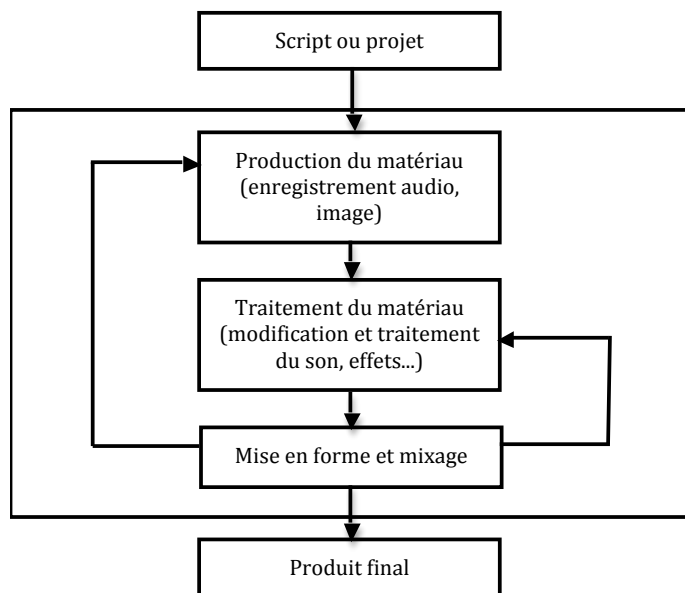


FIGURE 4.1 – Processus de production sonore de l'INA

La production audiovisuelle a structuré ses activités de manière à optimiser la présence des intervenants et des technologies au même moment dans un même lieu. Ce schéma répond à une séquence logique, une première phase étant la production du matériau nécessaire, puis dans une deuxième phase, les éléments sont sélectionnés et modifiés, et dans une dernière phase, les éléments sont recombinaés de manière à produire l'œuvre finale. Il peut y avoir une ou plusieurs boucles de rétroaction permettant de définir du nouveau matériel et de nouvelles transformations afin de compléter le matériau existant.

Les trois phases peuvent être condensés lorsque le compositeur veut effectuer l'enregistrement, le traitement et le mixage dans le même temps, sautant fréquemment de l'un à l'autre.

### Production du matériau

Le matériau peut être produit soit par enregistrement audio, soit par synthèse sonore. Cette première action détermine l'environnement sonore essentiel de l'œuvre. De manière générale, un jeu de séquences est enregistré (ou synthétisé) qui servira de matériau de base pour toute l'œuvre. Techniquement les sons doivent être enregistrés dans de bonnes conditions techniques pour que les sons soient de qualité (qu'ils ne contiennent que les matériaux nécessaires et non des parasites). Lorsque cette phase est terminée, le matériau est organisé en séquences.

### Traitement des sons

Cette phase est importante : la plus grande part du matériau pour l'œuvre va être générée pendant cette phase en utilisant différents outils de traitement du son, qui vont appliquer différents processus de transformation sur les sons. Les transformations peuvent être séparées en deux grandes catégories :

- modifications de l'organisation temporelle des phénomènes sonores (délais, démultiplication, variations de vitesse, etc.);
- modifications de la distribution ou de l'organisation spectrale (analyse et resynthèse, filtrage, transposition, etc.).

Le traitement des sons génère de grandes quantités de matériaux dérivés du matériau d'origine, nous avons ainsi une relation de type « génétique » entre les sons originaux et les sons produits. Des dizaines de séquences différentes peuvent être produites à partir d'un son original, et nous avons généralement beaucoup plus de matériaux produits que nécessaire, de manière à disposer d'un bon nombre de sons parmi lesquels le compositeur peut faire son choix.

### **Edition et mixage**

C'est la phase finale d'assemblage de l'œuvre, durant laquelle tous les éléments sont assemblés en fonction du projet du compositeur. Tous les éléments précédemment produits sont listés et annotés, et le compositeur commence à assembler le matériau dans le séquenceur; il va ainsi éditer les sons (sélectionner une zone particulière à l'intérieur des séquences), modifier le niveau sonore pour assurer des niveaux comparables, et les superposer de manière à produire des sons complexes ou assurer une continuité. C'est un processus lent et artisanal qui consiste à assembler des pièces comme un puzzle. Le compositeur peut travailler à partir d'un projet ou d'un script déjà défini, qu'il suit en détail, ou bien en réagissant à l'audition et en ajustant le projet en fonction des sons et des relations entre eux.

### **Boucles de rétroaction**

Des boucles de rétroaction peuvent intervenir à tout moment dans le processus :

- si durant le traitement des sons le matériau est considéré comme insuffisant, une nouvelle production de matériau peut être lancée;
- il se peut qu'à cause d'un manque de matériau pendant la phase d'édition et de mixage que de nouveaux traitements ou de nouveaux enregistrements soient nécessaires;
- des traitements audio peuvent être ajoutés durant la phase de mixage, sans génération de matériau nouveau, afin de ne modifier que certains aspects.

### **La différence entre les phases**

Ces trois phases représentent le processus utilisé lors de la composition de musique acousmatique. La raison de cette succession est le fait que chacune d'entre elles implique une concentration particulière (sans pour autant occulter totalement les autres mais qui les relègue au second plan) :

- pendant la production, l'accent sera mis sur la qualité du son produit et sur l'efficacité de la manipulation des instruments ou des objets qui permettent la génération des séquences sonores;
- pour le traitement, l'attention sera portée sur les paramètres définissant la modification des sons : différentes techniques de traitement généreront des séquences différentes;
- durant la phase de mixage, l'objectif sera le résultat global.

### **Exécution en concert**

Cette phase n'apparaît pas dans le processus de production, car elle n'en fait pas partie, mais elle est la suite logique de la production de l'œuvre. Différents scénarios sont possibles après la composition de l'œuvre, qui dépendent du projet initial. En règle générale, la musique

acousmatique est composée en vue d'un concert, ce qui implique une présentation dans un vaste espace avec un environnement de haut-parleurs.

Le scénario précédemment décrit n'a pas changé au cours du temps et est suivi par les compositeurs travaillant au sein des studios du GRM. Ce qui a changé est la technologie, les médias sur lesquelles les œuvres sont enregistrées, et les situations de concert dans lesquelles les œuvres sont présentées au public.

Le média d'enregistrement utilisé en musique acousmatique a suivi les évolutions des formats pour les équipements domestiques, avec quelques changements dans les dernières années :

- les enregistrements monophoniques, seule possibilité offerte jusqu'au milieu des années 50 ;
- les enregistrements stéréophoniques depuis les années 50, qui sont encore largement utilisés, en raison de leur adaptation à l'écoute binaurale (propre à l'homme) ;
- les enregistrements multicanaux, qui existent depuis les années 60 mais ne sont utilisés que depuis les années 90, avec l'arrivée d'un standard 8 canaux qui s'est répandu pour l'écoute musicale. De nombreux compositeurs utilisent actuellement ce standard très adapté à l'organisation du mouvement dans l'espace (une version domestique de ce standard existe avec les systèmes Home cinema (5.1), avec un nombre réduit de haut-parleurs).

Le média enregistré doit être adapté à une situation de concert, d'une dizaine de personnes à plusieurs centaines, voire milliers. Des orchestres de haut-parleurs ont été développés depuis les années 60, certains recevant le nom d'acousmoniums, qui sont des installations complexes, allant quelquefois jusqu'à une centaine de haut-parleurs distribués tout autour de la salle de concert et qui permettent un contrôle total des caractéristiques du son dans la salle.

#### 4.2.2.3 Le problème de la conservation

Il apparaît à première vue que la problématique essentielle pour une œuvre acousmatique est d'être préservée telle quelle, comme une partition musicale traditionnelle, qui est censée<sup>27</sup> porter l'information nécessaire à toute nouvelle exécution. Mais la pérennisation de ce résultat n'est pas la seule problématique, nous devons aussi considérer la pérennisation de l'environnement de production et des éléments associés, ainsi que des conditions dans lesquelles l'œuvre doit être présentée au public.

Ces derniers, ainsi que les spécialistes, sont de plus en plus demandeurs d'un accès à l'environnement global de production des œuvres musicales, en raison d'une part d'une évolution des pratiques qui rendent aujourd'hui la création musicale accessible à beaucoup, et d'autre part d'une volonté de comprendre le processus créateur.

Une quantité importante d'information est générée durant la production, et ces informations étaient jusqu'à présent ignorées en raison des problèmes de conservation des documents liés aux étapes du processus mais qui n'étaient pas nécessaires à l'existence de l'œuvre.

Aujourd'hui, avec la numérisation de l'ensemble du processus de composition, de nouveaux usages et besoins qui étaient impensables il y a quelques années apparaissent. L'œuvre musicale considérée comme un résultat fini et figé était plus une conséquence des contraintes de production que la volonté du compositeur.

---

27. L'information est seulement partielle, beaucoup de données manquantes sont à reconstruire (au regard de la tradition).

#### 4.2.2.4 Les niveaux de préservation

Ces premières considérations permettent d'identifier différents niveaux de préservation.

##### **Préservation de l'intégrité musicale de l'œuvre**

C'est la problématique principale : jusqu'à une époque récente, chaque œuvre était associée à un média physique (bande magnétique, CD, etc.), qui assurait l'intégrité de l'œuvre, du fait de l'indissociabilité entre le support et le contenu. Aujourd'hui, nous pouvons considérer qu'une œuvre acousmatique consiste en son contenu, avec les mêmes problèmes de préservation que tout contenu numérique (migration régulière, vérification de l'intégrité, etc.).

Toutefois, comment savoir si ce que nous entendons est bien le résultat voulu ? C'est la raison pour laquelle il est nécessaire de conserver les éléments de production, ainsi qu'une description des processus appliqués aux sons ; afin de permettre une comparaison et éventuellement une restitution de l'information manquante.

Il est important de remarquer la différence principale entre une œuvre acousmatique et d'autres enregistrements (y compris de musique traditionnelle) : comme l'environnement sonore est différent dans chaque œuvre, la perte d'information (par exemple : les bandes magnétiques qui ont perdu progressivement les fréquences élevées) peut avoir une incidence forte sur la compréhension de la musique, ce qui n'est pas le cas pour la parole ou la musique instrumentale (en raison de la codification du langage et des instruments utilisés par l'auditeur).

##### **Préservation du « mix » final et des étapes intermédiaires**

Le résultat final est numérique et doit être transféré sur un média en vue d'une exécution en concert ou d'une publication. L'environnement du séquenceur audio, dans lequel l'assemblage final a été effectué, reste la source principale pour toute modification ou évolution d'une œuvre. C'est une représentation d'un assemblage d'un nombre important de sons, qui contient les détails sur la manière dont ces éléments ont été assemblés. Toutes les actions appliquées par le compositeur sur les sons sont visibles dans ce type de représentation.

Il devient de plus en plus important d'entretenir cet environnement en raison de l'évolution des usages :

**Adaptation** : il est de plus en plus demandé aux compositeurs de réaliser différentes versions d'une œuvre (une version radio est différente d'une version de concert, d'un CD ou d'une version en ligne) ; à l'INA l'approche est plus générale : les œuvres sont modifiées avec le temps, le compositeur effectuant lui-même l'adaptation.

**Analyse** : l'appropriation par l'auditeur, l'analyse et l'exploration de l'œuvre musicale sont des conditions d'existence d'une culture musicale. Les partitions traditionnelles sont faciles d'accès, alors que la musique acousmatique est complexe à étudier en détail (que cela soit par simple curiosité ou pour des raisons musicologiques). L'environnement du séquenceur est un moyen d'accès unique aux idées et aux actions du compositeur.

**Suivi de l'activité du compositeur** : l'accès à la liste des actions effectuées est possible dans la plupart des séquenceurs. La principale difficulté est d'accéder à un enregistrement des actions principales, en masquant ainsi le détail, ce qui devrait permettre un suivi des ces actions et des décisions prises.

La principale difficulté en ce qui concerne la préservation des mixages effectués à l'aide des séquenceurs réside dans l'évolution permanente et les changements sur ces plates-formes. Le format d'échange OMF est devenu un format standard pour l'échange de médias numériques entre plates-formes différentes. Ce format intègre toutes les informations nécessaires pour l'échange de tout type de médias numériques (audio, vidéo, graphiques et images) aussi bien que les règles pour leur présentation. Ce format inclut aussi des règles pour l'identification des sources originales, et permet d'intégrer des médias numériques compressés ou non. Ce format est loin d'être universel, mais beaucoup de séquenceurs l'importent et l'exportent.

### **Préservation de l'information d'exécution**

Les œuvres acousmatiques existent au travers de leurs exécutions en situation de concert. Ce type de représentation précède généralement tout autre type de représentation (radio, publication en ligne ou CD par exemple). L'environnement spécifique du concert est unique, extrêmement difficile à préserver, et finalement entraîne une signification particulière pour la compréhension de l'intention du compositeur. Tout type de diagramme, de photo ou de description peut être utile pour la compréhension du rendu de l'œuvre. Ces éléments représentent le seul support d'enregistrement de ces conditions, en l'absence d'un système capable de décrire la répartition du son dans l'espace.

### **Préservation de l'information générée durant le processus créateur**

Durant toute la phase de production, le compositeur réalise différentes documentations afin d'organiser le matériau sonore. De nombreuses méthodologies permettent de générer toute cette documentation, nous pouvons citer de façon non exhaustive :

- la description taxinomique : décrire la cause possible du son ;
- la description morphologique : décrire les caractéristiques spectrales du son et son comportement temporel ;
- la description subjective : décrire l'impression que le son produit sur l'auditeur ;
- la description technique : décrire la technologie et le processus utilisés pour produire le son.

Il n'existe pas à l'heure actuelle d'environnement permettant d'intégrer les annotations produites manuellement (les séquenceurs utilisés acceptent rarement d'ajouter des annotations sur les sources sonores).

### **Préservation du matériau associé**

L'œuvre acousmatique, le fichier de mix, le matériel associé et l'information de performance sont complétés par divers matériaux de différents formats et origines, comme par exemple :

- informations sur l'auteur et l'œuvre (biographie, notes de programmes), généralement textuelles ;
- informations associées sur l'exécution : partitions, diagrammes, instructions d'installation, souvent textuelles et parfois accompagnées de photos ;
- écrits philosophiques sur les intentions, les sentiments ou autres considérations générales sur l'auteur, son esthétique et sa musique ;
- matériaux externes : l'œuvre peut susciter d'autres écrits (coupures de presse, programmes, critiques, articles, films, enregistrements).

### Que conserver ?

La problématique principale de préservation des œuvres acousmatiques est proche de la préservation des œuvres d'art : le processus de production génère une grande quantité de matériaux disparates qui peuvent être d'une utilité majeure pour garantir l'intégrité de l'œuvre. Il existe une demande d'information complémentaire de plus en plus importante ainsi qu'un accès aux éléments de production afin d'obtenir une meilleure compréhension de l'œuvre. L'objectif idéal serait qu'après la finalisation de l'œuvre, une description exhaustive de l'ensemble des actions effectuées par l'auteur pour obtenir le résultat soit conservée ; elle serait très utile pour préserver l'œuvre qui pourra donc être reproduite dans un nouvel environnement. Cela est encore loin d'être possible aujourd'hui, et c'est pourquoi il est nécessaire de préserver autant d'information disparate que possible, mais en cherchant à conserver les bonnes informations et en les classant de façon à pouvoir les exploiter.

#### 4.2.2.5 Les difficultés rencontrées : démonstration de Daniel TERUGGI

Une démonstration réalisée dans les locaux de l'INA par Daniel TERUGGI nous permet de voir les problèmes qui se posent pendant l'acte de composition (sans parler encore de pérennité de la musique).

Le principal problème qui ressort du processus de production concerne principalement l'organisation des informations et la navigation au sein des données utilisées. Par exemple, pour organiser et trier les documents, le compositeur utilise différents dossiers, dans lesquels il range les fichiers en fonction de l'utilité ou de la forme : les sources, les sources sélectionnées, les filtres, les fichiers intermédiaires, le mix final généré par le séquenceur, différentes versions finales, etc. La hiérarchisation des informations se fait ainsi manuellement, par le compositeur lui-même afin qu'il puisse retrouver les données dans son (lourd) processus de production.

De même, pour différencier les fichiers au sein d'un dossier, il utilise un simple code de couleur, par exemple en fonction du filtre qui a été appliqué, du type de fichier son (principal, complémentaire, rythmique, etc.) ou encore en fonction du statut actuel du fichier (utilisé ou non dans le mix final). Le problème ici dépasse le cadre de la préservation de la musique dans le temps puisque la complexité ressort directement de la gestion des fichiers lors du processus de production musicale, avant même de parler cette préservation. La reprise par le compositeur sera encore possible sans trop de travail puisqu'il utilise sa propre façon de gérer ses documents ; mais une autre personne sera incapable de reprendre le l'œuvre et travailler autour du processus de production.

Ce qui semble important à partir de cette démonstration est finalement un moyen de classer les informations : un environnement qui permette de hiérarchiser les informations et de faire du versionning de fichier (avec une possibilité de revenir en arrière), le tout en vue de pouvoir étudier le processus de production ou faciliter sa reprise par un autre compositeur.

Pour recentrer les problématiques qui ressortent de cette présentation par rapport à la préservation des informations, il faut chercher à :

- lutter contre l'obsolescence technologique (s'abstraire du logiciel utilisé) ;
- gérer la capitalisation des connaissances (que conserver et qu'oublier) ;
- s'occuper de l'indexation des documents (naviguer au sein des informations conservées).

### 4.2.3 IRCAM

#### 4.2.3.1 La musique mixte

L'activité de production de l'IRCAM est très similaire à celle de l'INA. La différence : la musique est dite « mixte », dans la mesure où elle intègre dans une même performance musicale des éléments similaires à ceux utilisés par la musique acousmatique, et les performances effectuées par des musiciens sur des instruments traditionnels.

Ainsi, la musique mixte est vue comme une musique qui comprend à la fois un support (comme la musique acousmatique) et des interprètes présents sur scène, pour une représentation en direct. L'interaction entre l'enregistrement figé et la présentation en direct peut prendre différentes formes : par exemple, les phases entre la musique sur bande et la musique vivante peuvent se succéder, ou entamer un dialogue en simultané.

Les débuts de la musique mixte datent de 1951 avec l'opéra *Orphée* de Pierre SCHAEFFER (avec une voix de femme et une musique concrète sur un support). La voix lyrique est chantée en direct sur la musique concrète. Il en résulte, pour le public, qu'il est difficile pour un soliste de se faire accompagner par une musique (basée sur des bruits d'oiseaux). En 1980, avec l'informatique, le son peut alors être « défixé », c'est-à-dire que l'instrumentiste peut maintenant déclencher des séquences et transformer des sons en temps réel. La partie électroacoustique est alors dématérialisée puisqu'engendrée en direct par l'intervention de l'instrumentiste à l'aide d'un dispositif informatique.

Aujourd'hui, les frontières entre musiques électroacoustiques, mixtes et instrumentales deviennent de plus en plus floues : nous pouvons maintenant parler davantage de musiques interactives, au cours desquelles l'instrumentiste ne se contente plus de suivre le déroulement d'un enregistrement, mais influe sur la réponse des outils de traitement.

En raison de la différence entre la musique concrète et mixte, et dans la perspective d'une reproduction des œuvres dans le futur, il devient nécessaire de conserver, en plus des éléments qui caractérisent la musique acousmatique, les traitements eux-mêmes.

#### 4.2.3.2 Le processus de production

Le scénario de production de l'IRCAM s'apparente encore de près à celui de l'INA. La différence nette se situe au niveau des stades de traitement et de mixage. Les éléments à conserver sont donc dans ce cas ceux qui permettent le traitement dynamique des résultats (et non le résultat statique de ces traitements). Ainsi la phase de mixage est essentiellement réalisée en direct durant le concert. Ce mixage est basé sur des éléments logiciels (et dépendant de ces logiciels), éléments qui sont dirigés par un dispositif sous le contrôle du réalisateur en informatique musicale.

Dans le cas d'une musique mixte, nous ne parlons donc plus de mix mais de « patch » qui réalise l'implémentation des traitements et leur orchestration. Ainsi, nous retrouvons les différentes étapes et les boucles de rétroaction : nous partons d'échantillons sonores, auxquels nous appliquons des transformations, transformations qui sont intégrées dans des patches ; avec des boucles de rétroaction afin d'apporter des modifications autour de ces transformations pour trouver le rendu le plus juste possible. Mais toutes ces modifications ne donnent pas un produit fini, car les patches doivent ensuite interagir avec les conditions du direct : nous pouvons donc dire qu'il n'existe ainsi pas de version finale proprement dite, car il est nécessaire de jouer la pièce (contrairement à une composition figée).

### 4.2.3.3 La problématique de pérennisation

En repartant des problématiques de pérennisation issues du processus de production de l'INA, nous trouvons quelques différences.

#### **Préservation de l'intégrité musicale de l'œuvre**

La préservation de l'intégrité reste la problématique principale, tout comme la musique traditionnelle ou acousmatique. Afin de suivre l'œuvre originale, il est important de réussir à conserver le résultat du processus de production (les patches), mais il ne faut certainement pas oublier de conserver une trace du résultat souhaité, afin de savoir si ce qui est joué est bien ce qui aurait du être joué. Cette notion d'intégrité est complexe, nous parlons ici de l'intégrité de l'œuvre dans le sens : version qu'a créée le compositeur.

L'intégrité de l'œuvre passe aussi par le réalisateur en informatique musicale, qui est le « chef d'orchestre » concernant la partie informatique lors des représentations. Il a aussi un devoir à assurer dans le souci de la préservation de l'intégrité avec le compositeur, ils doivent tout deux retranscrire les informations nécessaires en vue d'une représentation future.

#### **Préservation du « patch » final et des étapes intermédiaires**

La problématique de la préservation des processus temps réels est étudiée à l'IRCAM depuis plusieurs années au sein de différents projets et a donné lieu à de nombreuses publications [Bonardi et al., 2008, Bonardi and Barthélemy, 2007]. Contrairement aux mix avec OMF, il n'existe ici aucun format d'échange pour les patches (c'est d'ailleurs l'objet du projet ASTREE que de définir un tel format), ce qui complique la tâche de préservation du patch qui va alors être très différente en fonction de chaque œuvre.

Dans le cas des patches, nous avons les mêmes usages d'adaptation, d'analyse et de suivi des activités du compositeur que vue précédemment, qui sont des composantes importantes des nouvelles pratiques liées à l'étude de la musique ou la compréhension de l'œuvre. Et la nécessité de migration perpétuelle est indispensable, afin que le patch reste utilisable.

#### **Préservation de l'information d'exécution**

Comme précisé précédemment, le compositeur et le réalisateur en informatique musicale doivent travailler ensemble afin de conserver le maximum de documents liés à l'exécution de l'œuvre en l'absence d'un langage permettant de conserver toutes les informations (comme la spatialisation des lieux de représentation) ou le résultat souhaité.

#### **Préservation de l'information générée durant le processus créateur**

Nous trouvons généralement dans les musiques mixtes une partition musicale destinée aux parties instrumentales. Cette partition est fréquemment enrichie avec des notations manuelles concernant la partie électronique, et devient un élément capital du processus de préservation.

#### **Préservation du matériau associé**

Cette problématique concerne tous les types de musiques, mais pose la question de la granularité déjà évoquée précédemment : il faut déterminer ce qui est important de conserver et ce qui mérite l'invocation du « droit à l'oubli », ceci dans le but de ne pas garder des choses inutiles qui n'aideront pas à saisir le processus de production (et qui pourrait aussi complexifier cette tâche).

#### 4.2.3.4 L'interview d'Emmanuelle SWIERCZ, pianiste

Une interview d'Emmanuelle SWIERCZ, pianiste, nous permet de retracer le processus de production du dernier CD qu'elle a enregistré (sur Serge RACHMANINOV<sup>28</sup>, diffusé sous le label Intrada<sup>29</sup>). Elle a d'abord commencé par faire la captation initiale au sein de l'IRCAM avant de faire le montage seule avec son propre matériel (ce qui est une tendance de plus en plus suivie par les artistes, donnée confirmée par EMI : la production musicale se fait de plus en plus dans des « home studios »).

Elle perçoit d'ailleurs trois phases durant ce processus d'édition et de mixage :

- la captation initiale, citée auparavant, qui permet d'avoir une très bonne qualité sonore (et personnalisable), ici nous parlons de qualité dans le sens de l'esthétique ;
- la phase de retouche (traitement des matériaux et mixage) où elle a commencé à chercher une certaine forme de perfection à partir de tout les rushes à sa disposition ;
- la phase où elle trouve finalement qu'il ne faut pas trop retoucher l'œuvre sonore sous peine de la dénaturer (pour ne pas qu'elle perde sa personnalité ou qu'elle devienne d'une certaine façon inhumaine).

Elle en conclut qu'il est difficile d'évaluer son propre travail, d'où une certaine recherche addictive de la perfection, au détriment du naturel (elle a alors eu l'impression de faire un peu comme le jeu vidéo Tetris<sup>30</sup>, où nous cherchons la perfection petit bout par petit bout : c'est un travail axé sur le détail), alors que le dicton « le mieux est l'ennemi du bien » prend tout son sens (cette recherche de perfection commence à déshumaniser la musique).

Une reprise des œuvres du CD pour un concert, après cet exercice de création, lui a permis de se rendre compte qu'après ce travail elle bénéficiait d'une bonne vision d'ensemble de l'œuvre, elle a donc eu l'occasion de travailler non sur la perfection acoustique mais sur l'émotionnel pour les représentations.

Pour en revenir à la phase qui a suivi cette réalisation, une fois le CD paru, Emmanuelle n'a absolument rien conservé de son processus de production. Les seuls restes sont les rushes (captations d'origine) archivés par son éditeur et le CD (accompagné de son livret). Ce livret est tout ce qui reste de l'intention de l'interprète, de la façon dont l'œuvre a été jouée et perçue (au travers l'interview retranscrite dans ce livret).

Le problème de pérennité ou de préservation de l'œuvre se situe à un nouveau niveau : celui du compositeur ou de l'interprète. Peu d'entre eux pensent lors de la création d'une œuvre à ce qu'elle adviendra ensuite, ils ne se rendent pas compte de la fragilité du numérique. Cette tendance peut se comprendre à partir de cette interview puisqu'Emmanuelle s'est plus intéressée à la réalisation de son œuvre et à la juste recherche de la perfection qu'à ce qu'il adviendra de l'œuvre dans quelques années (le numérique ne semble pas si fragile). Une des premières choses serait de réussir à faire prendre conscience au public cible de l'importance à accorder à cette préservation des informations.

Le but de la conservation des documents de la création n'est pas nécessairement la préservation de l'œuvre, nous parlons dans ce cas des informations qui sont utiles à la compréhension globale (par exemple de la façon de créer la musique). Et nous avons toujours cette question de choisir les éléments utiles (selon leur pertinence) et en appliquant la bonne granularité (pour conserver tout ce qui sera utile et oublier ce qui restera inexploitable).

---

28. [http://disques.intrada.fr/catalogue/fiche\\_disque.php?ref=INTRA029](http://disques.intrada.fr/catalogue/fiche_disque.php?ref=INTRA029).

29. <http://intrada.fr/>.

30. <http://www.tetris.com/>.

## 4.2.4 Un exemple de migration

*Diadèmes*, de Marc-André DALBAVIE, est une pièce créée à l'IRCAM le 16 juin 1986 et jouée pour la dernière fois en 1992. Suite à la demande en début 2008 d'un éditeur concernant l'exécution de cette pièce aux États-Unis pour la fin de la même année, une mise à jour de la pièce a été effectuée afin de pallier aux problèmes posés par l'exécution en concert de la partie technologique : les synthétiseurs FM posaient problème à cause de l'obsolescence de l'équipement utilisé à l'époque.

Ainsi cette partie sera consacrée d'une part à présenter synthétiquement une migration concrète et les problèmes s'y rapportant, et d'autre part à voir les grandes problématiques liées à ces migrations vues par le compositeur.

### 4.2.4.1 La migration

#### Introduction

Les premiers synthétiseurs FM commercialisés dans les années 80 par YAMAHA sont des exemples d'instruments technologiques qui sont devenus obsolètes. *Diadèmes* est la première pièce réalisée à l'IRCAM ; elle intègre des instruments traditionnels à des sons générés électroniquement : nous trouvons trois « groupes » musicaux distincts :

- un orchestre « classique » ;
- un orchestre électronique ;
- une transformation en temps réel d'un alto soliste.

L'orchestre électronique est réalisé grâce à deux synthétiseurs FM YAMAHA TX816 pilotés par deux claviers MIDI (voir figure 4.2). Depuis la création de l'œuvre en 1986, ces synthétiseurs ne sont plus produits et sont même devenus obsolètes, de véritables pièces de collection : c'est ici le principal problème à résoudre afin de rejouer l'œuvre.

#### L'aspect temps réel

La pièce est séparée en trois mouvements :

1. le premier uniquement pour un orchestre traditionnel ;
2. le deuxième pour l'orchestre électronique ;
3. le dernier qui mélange les deux précédents.

L'alto soliste est capté par un micro et transformé en temps réel. Nous avons donc deux ensembles « électroniques » à migrer :

- les traitements de l'alto, qui peuvent être reproduits facilement par d'autres modules ou logiciels (ce sont des traitements assez répandus) ;
- la synthèse FM qui est le centre du problème car le matériel nécessaire est indisponible (à l'époque, l'idée commune laissait croire que le fait d'utiliser des « systèmes personnels » commerciaux assurerait une certaine pérennité, ce n'est finalement pas le cas).

#### Les éléments disponibles

Cette étape de documentation permet de récupérer toutes les informations possibles. Ce qui a été conservé :

ORIGINAL SETUP OF ELECTRONICS

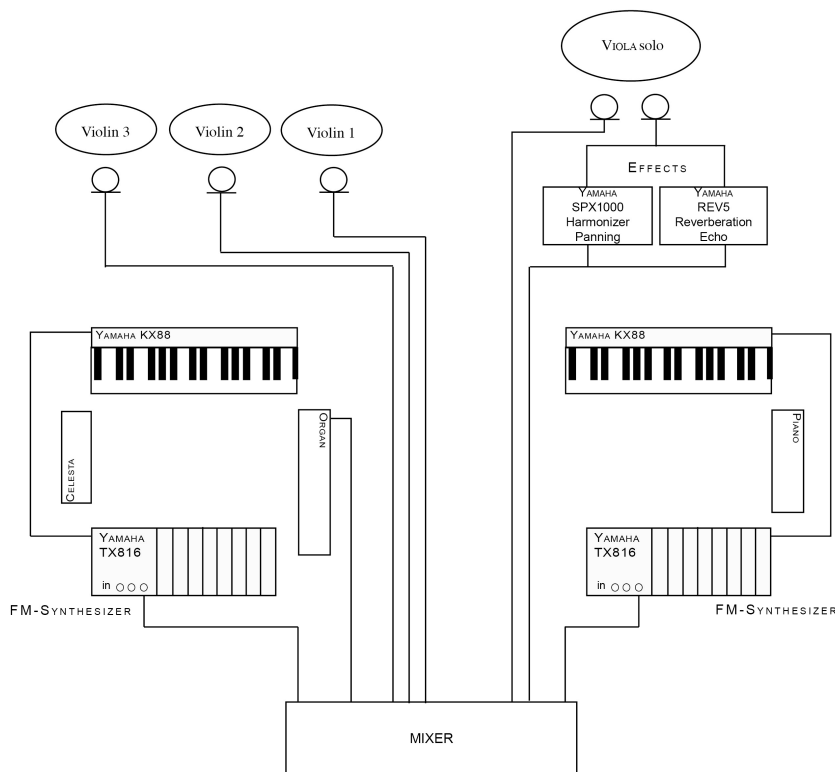


FIGURE 4.2 – Configuration originale de la pièce *Diadèmes* (par Karin WEISSENBRUNNER)

- le cahier d’exploitation (de Marc BATTIER, 2001) ;
- la partition de l’orchestre ;
- les partitions des deux claviers ;
- un enregistrement sur CD (enregistré en mars 1992 et mixé en novembre de la même année) ;
- les programmes des effets et des synthétiseurs ;
- les patches Max (modifications temps réels).

Nous avons aussi à notre disposition une tentative d’adaptation d’un synthétiseur FM sous un logiciel afin de l’émuler (réalisé par Ipe STARKE en 1998 et terminé par Colin YATES en 2001).

### Les TX816

Mais ces émulations posent encore différents problèmes, notamment au niveau des ressources des machines informatiques qui sont vite dépassées par la puissance nécessaire. De plus, les résultats escomptés ne sont pas assez proches du rendu original. Les simulateurs logiciels de synthèse FM ne sont pas totalement satisfaisants, les résultats diffèrent de ceux des synthétiseurs ; une des raisons étant que la fréquence d’échantillonnage est très spécifique sur les synthétiseurs

d'origine.

Cette solution n'est alors pas retenue dans notre cas. Serge LEMOUTON, réalisateur en informatique musicale à l'IRCAM, a alors l'idée d'utiliser un ancien TX816 retrouvé pour l'occasion (et qui fonctionne encore en partie) pour en extraire tous les sons de l'orchestre électronique voulu un par un (pour créer des samples), ceci afin d'en garder au moins une trace et de pouvoir les utiliser pour la partie électronique. Il y a ainsi au total 64 programmes de synthèse à utiliser (32 par clavier).

Il s'agit pour se faire d'enregistrer les résultats sonores avec différentes dynamiques et différentes durées (certains sons se comportent différemment selon qu'ils sont joués sur une durée courte ou longue). Les étapes suivantes sont donc nécessaires :

- écriture de la tablature des sons utilisés dans la partition (incluant les dynamiques et les durées) ;
- enregistrement séparé de tous les sons ;
- édition et nettoyage des sons ;
- intégration dans un échantillonneur.

Au final, la solution permet de retrouver un résultat proche de l'original que le compositeur va lui-même valider.

### **L'avis de Marc-André DALBAVIE**

L'avis du compositeur est important : un passage au sein de l'IRCAM et une interview permettent alors de savoir ce qu'il pense du résultat. Déjà, il considère le sampler comme une sorte de « photo », puisque cela permet de figer le résultat, résultat qui lui convient puisque pour lui, peu importe la technologie, c'est le résultat sonore qui compte.

Concernant la notion de préservation qui nous intéresse, selon lui c'est l'éditeur des partitions qui devrait être responsable de la préservation d'une pièce (c'est-à-dire qu'il devrait assurer la plus grande « jouabilité » de la pièce).

De même, pour Marc-André, la problématique de la préservation n'est pas l'interprétation, mais d'obtenir le résultat le plus proche possible des versions antérieures (l'interprétation reste libre pour le musicien alors que l'orchestre électronique doit toujours sonner à l'identique) : la partie électronique se doit de rester identique.

### **Conclusion**

La migration a pu être effectuée pour récupérer cette ancienne pièce et passer outre la disparition des synthétiseurs FM : nous savons maintenant que la transition d'un synthétiseur à un logiciel de samples avec des enregistrements de chaque son peut fournir une solution satisfaisante, ce qui donne des pistes pour de futures migrations.

#### **4.2.4.2 Les considérations générales du compositeur**

Voici l'avis général de Marc-André DALBAVIE sur quelques notions autour de la préservation des œuvres électroniques.

### Préservation du son

Pour Marc-André DALBAVIE, le plus important dans le temps et dans la préservation de l'œuvre, c'est que le son reste le plus proche possible de l'original, qu'il ne subisse pas de modification durant sa vie. Il a d'ailleurs émis quelques doutes avant d'écouter les samples enregistrés parce que « c'était un algorithme qui créait le son ».

Finalement, après écoute, il préfère l'idée de sampler pour préserver sa pièce plutôt que de recréer l'algorithme dans un synthétiseur moderne : « l'algorithme est dans la musique, pas dans la machine ». Il avait à l'époque (en 1983) choisi le synthétiseur parce que cela semblait à l'époque la meilleure façon d'obtenir l'effet désiré, il ne l'a pas choisi à cause de l'algorithme (et sans chercher à savoir si cette solution serait pérenne) : « c'était juste une machine, qui faisait au mieux ce que je désirais ». Le genre d'outils utilisé était alors secondaire : « je ne m'occupe pas de la technique pour produire le son ».

Le point le plus important pour Marc-André est l'enregistrement comme référence du son du synthétiseur original, parce que c'est le son qu'il souhaitait lors de la création et qu'il est maintenant conservé : « maintenant, il est enregistré et nous avons une référence. Et nous devons trouver cette référence. Nous devons trouver ce son parce que c'est le son que je voulais ».

### Orchestre électronique

Quand DALBAVIE a écrit *Diadèmes*, il avait trois options pour composer la partie électronique de l'œuvre :

- la bande ;
- les synthétiseurs ;
- l'interaction temps réel.

Le clavier des synthétiseurs FM a été décisif dans son choix pour ces synthétiseurs, parce que cela facilitait les possibilités d'interprétation par un musicien : « c'est pourquoi je ne voulais pas faire de musique avec une bande, je voulais avoir cette fluctuation. Que chaque musicien qui joue puisse réellement ajouter sa touche personnelle ».

L'échange entre le compositeur et l'interprétation du musicien joue un rôle déterminant, car le musicien devient lui-même chef d'orchestre. De même, il ne souhaitait pas voir un click track dans l'oreille du chef d'orchestre qui agirait alors comme une machine : « J'ai besoin de la séparation entre la conception de la pièce et son interprétation. Cette séparation pour moi est une chose dialectique. C'est très riche. ».

Cet aspect pointe alors l'importance de mettre à jour le clavier, parce qu'il peut être vu comme l'interface entre la machine électronique et l'être humain. Dans la version préservée, la fluctuation d'un instrumentaliste est possible, mais il n'y a aucune fluctuation dans le son. L'interprétation peut être différente après 30 ans, mais la partie électronique ne doit pas varier. L'homme est le seul facteur qui puisse changer le rendu sonore, c'est le but recherché dans l'utilisation des synthétiseurs : l'homme pilote la représentation. Une exécution est toujours une interprétation dans le sens où elle tente de recréer le dynamisme de l'œuvre à partir d'une partition qui le fige [Imberty, 2005].

Dans le même temps, DALBAVIE a relativisé la richesse d'une interprétation dans la musique électronique : « du fait qu'il soit électronique, le spectre n'est pas assez riche pour apporter une réelle interprétation du son, comme pour un violon ». Il relativise ainsi l'intervention de l'homme dans son processus, sans être inexistant il ne joue pas de la même façon : « quelle est l'interprétation de la musique électronique ? ».

### Esthétique sonore et changement d'authenticité

Le son électronique de *Diadèmes* a une certaine fonction dans la pièce. Le son moderne des synthétiseurs peut changer l'esthétique de la pièce. Si Marc-André avait eu l'occasion d'écrire la pièce en utilisant le nouveau matériel alors il aurait créé une pièce avec des sons plus naturels (et la pièce aurait donc été différente).

Il compare sa situation avec MOZART, qui a écrit des pièces pour cors (qui avaient un spectre de sons limité) et qui ont influencé sa façon de composer (qui est dite « typique de MOZART » maintenant) : les moyens influent le compositeur.

En revanche DALBAVIE préfère les effets modernes pour le soliste alto de sa pièce. Une transformation moderne ne changerait pas la pièce selon lui parce que les effets influencent un instrument acoustique, un instrument joué par un homme.

Nous pouvons imaginer que s'il avait réécrit la pièce maintenant en utilisant les effets modernes, il aurait utilisé les mêmes effets qu'il y a 25 ans mais avec une meilleure qualité. Même dans les années 80, les personnes se rendaient compte de la mauvaise qualité sonore et des limites de l'équipement. Il serait logique de penser qu'une amélioration pour pallier les limitations de l'époque ne changerait pas l'authenticité de la pièce. Mais le traitement des effets des années 80 est encore problématique, car les « harmoniser » produisaient des sons très caractéristiques de ces années-là (la qualité était vraiment moins bonne).

## 4.3 Schématisation du problème global

Nous n'avons donc pour le moment pas trouvé d'alternative viable aux migrations perpétuelles tant et si bien qu'elles restent la référence en matière de préservation. Mais dans le cadre des migrations, il est certainement possible de faire place à des approches de type ingénierie des connaissances. Comme nous ne pouvons pas faire autrement pour mettre à jour les pièces et leur environnement, il faut réussir à conserver le maximum d'informations à propos du processus de production, informations qui seront capitales afin de comprendre la façon de composer de l'artiste.

La figure 4.3 est un schéma, simplifié, d'un processus de production d'une œuvre électro-acoustique (comme la musique concrète). Chaque fichier représente un objet numérique et les flèches les actions effectuées sur le fichier. Concrètement, pour passer d'une captation initiale au mix final, un objet sonore subit des transformations que nous pouvons qualifier de génétique, jusqu'à ce que les objets finaux soit intégrés au master.

Sur ce schéma, nous pouvons voir quels sont les fichiers qui ont servi dans le processus, ceux qui ont servi et qui ont été abandonnés en cours de réalisation et ceux qui n'ont pas du tout servi.

Parmi les difficultés notables de préservation, nous avons toujours les problèmes de conservation des versions et de navigation au sein des fichiers conservés (puisque nous parlons de ré-exploiter les données). Sur ce schéma nous voyons que nous avons un certain nombre de fichiers qui représentent des versions dans les transformations de chaque son initial : ce sont ces objets initiaux, intermédiaires et finaux qu'il faut réussir à conserver et garder accessibles (c'est-à-dire exploitables).

Le processus logique qu'il faudrait conserver est ici représenté en couleur foncée : ce sont les fichiers minimums à conserver afin de pouvoir saisir le processus de production dans son

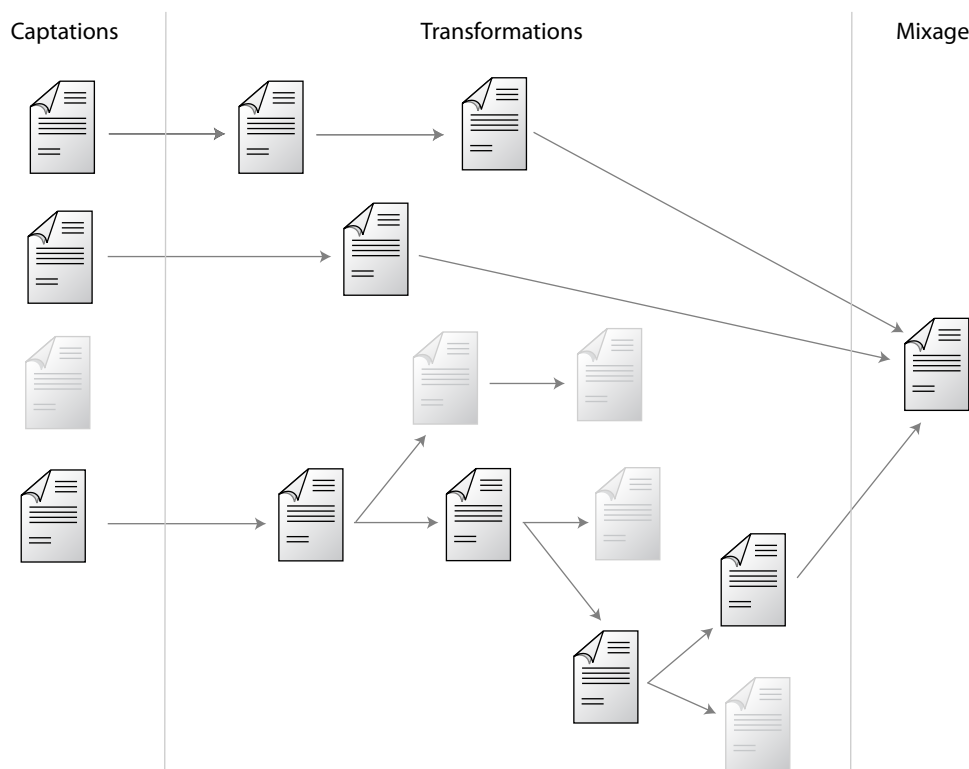


FIGURE 4.3 – Schématisation d'un processus de production musicale simplifié

ensemble. Via une telle représentation, nous pouvons trouver hiérarchiquement la façon dont la musique fut créée et étudier chaque étape de la création.

Mais il se pose toujours une même question : que faut-il conserver ? Quelles sont les informations qui valent la peine d'être conservées ? Quelles sont celles qui doivent être oubliées ? En effet, faut-il écarter les sons qui n'ont pas été retenus (ceux représentés en gris sur le schéma) ? Après tout, ils peuvent être importants pour savoir quels sont les sons qui ont été écartés par le compositeur, et comprendre au final pourquoi un choix lui a semblé meilleur qu'un autre (et ainsi cerner son intentionnalité).

De cette dernière remarque naît une nouvelle question : la chronologie. Notre schéma se veut respectueux du temps, ainsi de gauche à droite le processus est chronologique. Conserver tous les documents sans hiérarchisation et sans prendre en compte la temporalité n'aurait aucun sens. Pour comprendre pourquoi un fichier a été abandonné par le compositeur durant le processus de production, il faut nécessairement savoir dans quel ordre ont été produits les objets intermédiaires, pour savoir quand les modifications sont les fruits de retour en arrière par exemple, ou pour voir que deux branches de modification ont vécu en parallèle, signe que le compositeur expérimentait deux idées avant d'en préférer une. De même, le réglage de la granularité temporelle est aussi un outil puissant qui permettrait de naviguer sur des intervalles de temps : nous pourrions savoir ce qui a été produit sur une période.

Cette schématisation simpliste permet de conclure assez concrètement sur les premiers problèmes de préservation du processus de production musicale. Conserver un objet en vue d'une

migration physique est somme toute peu complexe, mais préserver tous les éléments nécessaires pour leur réexploitation ultérieure est en revanche particulièrement difficile.



# Conclusion et perspectives

## 1 Conclusion

La préservation des objets musicaux passe actuellement par des migrations systématiques, c'est la méthode qui semble la plus efficace pour faire évoluer les œuvres en parallèle des outils numériques de création et de transformation des sons. L'objectif du projet GAMELAN part de ce constat et propose la création d'un méta-environnement qui permettra de conserver le processus de production d'une œuvre sonore, afin de chercher à préserver son authenticité et son intégrité lors de ces migrations quasi-perpétuelles. En effet, l'objet sonore seul n'est pas l'unique artefact à posséder, l'intention de l'auteur par exemple est une donnée indispensable au respect de l'œuvre originale.

La difficulté qui réside dans la compréhension de ce processus de production musicale provient principalement de l'objet final. Ce dernier, que nous pouvons aussi nommer « prototype », est considéré comme unique et ne suit aucun processus de création standardisé. Suite à la mise en évidence de cette singularité des processus, nous nous sommes attaché à explorer plusieurs façons de composer en fonction de différents acteurs qui composent des objets musicaux dans des buts divers, en vue de dresser une première carte selon les usages (concert, CD, etc.) et le style de musique créé (acousmatique, mixte, etc.).

Nous avons principalement regardé les processus de production de trois organismes : EMI Music France, grand major du disque, le GRM, pionnier de la musique acousmatique et l'IRCAM, dont les travaux utilisent essentiellement la musique mixte. Pour chacun de ces trois acteurs, nous pouvons trouver des similarités dans l'acte de production, ce qui nous laisse penser qu'il est possible de proposer une modélisation des processus de création. Nous avons aussi cherché à comprendre ce que chacun pensait de la préservation et quels étaient leurs problèmes autour de la pérennité de la musique. Dans la dernière partie, nous avons souhaité montrer concrètement quels étaient les problèmes que nous pouvons rencontrer lorsque nous nous demandons ce qu'il faut préserver durant le processus de production musicale.

À la suite de ce premier travail de synthèse, et dans le cadre du doctorat et de ma participation au projet GAMELAN, je vais continuer en travaillant sur la modélisation des processus de production musical, afin de créer à terme un langage de représentation des connaissances qui servira dans la réalisation du méta-environnement.

## 2 Perspectives

### 2.1 Étude concrète du processus de création

Je vais ainsi commencer par compléter ma première expérience face aux problématiques de la conservation musicale, en étudiant un processus de production qui aura lieu à l'IRCAM.

L'objectif ici est de prendre un exemple de l'IRCAM et un du GRM comme bases de travail. Je vais ainsi m'immiscer dans un processus de production, afin d'en cerner un maximum d'aspects. Le but est de terminer la compréhension globale du processus de production (tout ce qu'il faut savoir pour bien conserver).

### 2.2 Modélisation des processus de production

#### 2.2.1 Processus et objet sonores

À partir des cas concrets, je continuerai par une tâche qui concernera davantage l'ingénierie des connaissances : la préservation (rendre possible la recreation), en commençant par étudier avec plus d'insistance les processus et les objets sonores.

#### Objet

Qu'est-ce qu'un objet sonore ? Pierre SCHAEFFER propose une réponse à cette question.

Dans sa théorie, un objet sonore est un événement sonore perçu comme un ensemble, avec une cohérence, et indépendamment de sa provenance et de sa signification. Cet objet n'existe pas « en soi » mais à travers une « intention constitutive spécifique ». C'est une unité sonore perçue dans sa matière, sa texture propre, ses qualités et ses dimensions perceptives propres. Par ailleurs, il représente une perception globale, qui se donne comme identique à travers différentes écoutes.

Pierre SCHAEFFER suggère qu'une série de confusions se produisent fréquemment sur la nature de l'objet sonore [Chion, 1983] :

- l'objet sonore n'est pas le corps sonore ;
- l'objet sonore n'est pas le signal physique ;
- l'objet sonore n'est pas un fragment d'enregistrement ;
- l'objet sonore n'est pas un symbole noté sur une partition ;
- l'objet sonore n'est pas un état d'âme (il se donne identique à travers les différentes écoutes).

Dans le cadre du projet, nous allons chercher la façon d'archiver l'objet : comment créer une ontologie qui permette de le décrire, en utilisant le bon niveau de description.

#### Processus

Afin de trouver comment modéliser les processus, qui nous intéressent au moins autant que les objets, nous avons quelques pistes, comme celle des jeux vidéo, afin de voir d'une part ce qui se fait déjà (ce domaine ayant des problèmes de préservation similaires avec le monde musical) et pour voir ce qui a déjà été tenté ou si une de leurs idées peut fonctionner avec la musique.

Il existe déjà des moyens de représenter les processus en milieu professionnel, en utilisant BPMN<sup>31</sup> par exemple. C'est une notation graphique standardisée qui permet de modéliser des procédures d'entreprise.

Nous avons un objectif double dans le choix de la représentation des processus, car nous devons être capable de comprendre le processus archivé d'une part et de pouvoir le réutiliser d'autre part.

### 2.2.2 Architecture globale : indexation et accessibilité

En parallèle de ces deux premiers piliers de l'archivage, il faut penser à l'indexation des informations, c'est-à-dire comment les conserver avec les bons critères d'accessibilité (comme par exemple conserver les meilleurs sources, la meilleure réverbération, etc.). La représentation des connaissances doit alors s'apparenter à une indexation, pour réfléchir à la façon dont extraire l'objet pour le rendre accessible. Le but au final est de trouver un modèle qui soit adapté aux processus de production des différents partenaires.

L'indexation peut se définir comme un « processus permettant de produire des informations permettant d'exploiter un contenu dans le cadre d'une pratique donnée. L'indexation permet également de désigner le résultat de ce processus » [Bachimont, 2007]. Pour faire simple : reformuler le contenu d'un document (ou d'une inscription) dans une forme plus adaptée à son exploitation pour la recherche d'information par exemple.

Ici nous devons penser à l'organisation des informations dans le but de les réexploiter ensuite, donc de les rendre accessibles pour leurs futures exploitations. D'où la nécessité de se poser la question : comment faire pour trouver, pour accéder à cette information et dans quel but ?

---

31. Business Process Modeling Notation : <http://www.bpmn.org/>.



# Bibliographie

- [Bachimont, 2007] Bachimont, B. (2007). *Ingénierie des connaissances et des contenus : le numérique entre ontologies et documents*. Science informatique et SHS. Hermès, Paris.
- [Bachimont, 2009] Bachimont, B. (2009). *Archivage audiovisuel et numérique : les enjeux de la longue durée*, chapter 8, pages 195–222. Hermès, Paris.
- [Bernat, 1994] Bernat, L. (1994). Pour en finir avec la crise d’identité des documentalistes! Master’s thesis, INTD.
- [Bonardi and Barthélemy, 2007] Bonardi, A. and Barthélemy, J. (2007). Le patch comme document numérique : support de création et de constitution de connaissances pour les arts de la performance. In *Acte du 10ème Colloque International sur le Document Electronique (CIDE 10)*, Nancy.
- [Bonardi and Barthélemy, 2008] Bonardi, A. and Barthélemy, J. (2008). The preservation, emulation, migration, and virtualization of live electronics for performing arts : An overview of musical and technical issues. *JOCCH*, 1(1).
- [Bonardi et al., 2008] Bonardi, A., Barthélemy, J., Boutard, G., and Ciavarella, R. (2008). Préservation de processus temps réel. vers un document numérique. *Document Numérique*, 11.
- [Borghoff et al., 2006] Borghoff, U., Rödiger, P., Scheffczyk, J., and Schmitz, L. (2006). *Long-term preservation of digital documents : principles and practices*. Springer, Berlin.
- [Bullock et al., 2008] Bullock, J., Frisk, H., and Coccioli, L. (2008). Sustainability of live electronic music in the integra project. In *Electrotechnical Conference, 2008. MELECON 2008. The 14th IEEE Mediterranean*, pages 182–187.
- [Chabin, 2004] Chabin, M.-A. (2004). Document trace et document source. la technologie numérique change-t-elle la notion de document ?
- [Chion, 1983] Chion, M. (1983). Guide des objets sonores, pierre schaeffer et la recherche musicale. *Éditions Buchet, Chastel, Paris, N° déd*, 1221.
- [Davenport and Prusak, 2000] Davenport, T. and Prusak, L. (2000). *Working knowledge : How organizations manage what they know*. Harvard Business Press.
- [Denning, 2007] Denning, S. (2007). *The secret language of leadership : how leaders inspire action through narrative*. Jossey-Bass Inc Pub.
- [Depocas et al., 2003] Depocas, A., Ippolito, J., and Jones, C. (2003). L’approche des médias variables : la permanence par le changement. *Montréal, New York, Fondation Daniel Langlois and Guggenheim Museum Publications*.
- [Fallery and Marti, 2007] Fallery, B. and Marti, C. (2007). Le storytelling : un outil de gestion des connaissances. *SIM, Systèmes*.

- [Frochot, 2003] Frochot, D. (2003). Définition subjective de l'information. <http://www.les-infostrategies.com/article/031265/definition-subjective-de-l-information>.
- [Gladney, 2007] Gladney, H. (2007). *Preserving digital information*. Springer, Berlin.
- [Guarino, 1997] Guarino, N. (1997). Understanding, building and using ontologies. *International Journal of Human Computer Studies*.
- [Guarino et al., 1995] Guarino, N., Giarretta, P., and Mars, N. (1995). Towards very large knowledge bases. knowledge building and knowledge sharing. *Ontologies and knowledge bases : towards a terminological clarification, in : N. Mars (Ed.)(Mars, NJI, ed.), IOS Press, Amsterdam*.
- [Houdu and Lescure, 2004] Houdu, J. and Lescure, J. (2004). *Un amour de 2 CV*. Cheminelements.
- [Imberty, 2005] Imberty, M. (2005). *La musique creuse le temps, qu'est ce que l'interprétation ?* L'Harmattan.
- [Kayser, 1997] Kayser, D. (1997). *La représentation des connaissances*. Hermès - Lavoisier.
- [Kirshner and Whitson, 1997] Kirshner, D. and Whitson, J. (1997). *Situated cognition : Social, semiotic, and psychological perspectives*. Lawrence Erlbaum.
- [Lafraquière et al., 2008] Lafraquière, J., Prié, Y., and Mille, A. (2008). Ingénierie des traces numériques d'interaction comme inscriptions de connaissances. In *19èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances*.
- [Lorie, 2002] Lorie, R. (2002). The UVC : a method for preserving digital documents : proof of concept. *IBM/KB Long-Term Preservation Study Report Series*, 4.
- [Lupovici, 2000] Lupovici, C. (2000). Les stratégies de gestion et de conservation préventive des documents électroniques. *Bulletin des Bibliothèques de France*, pages 43–54.
- [Mckee, 1997] Mckee, R. (1997). *Story : Substance, Structure, Style and The Principles of Screenwriting*. HarperEntertainment.
- [Nonaka and Takeuchi, 1995] Nonaka, I. and Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge Creating Company*. Oxford University Press.
- [Pédaque, 2003] Pédaque, R. T. (2003). Document : forme, signe et médium, les reformulations du numérique. [http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic\\_00000511/PDF/sic\\_00000511.pdf](http://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00000511/PDF/sic_00000511.pdf).
- [Quintas et al., 1997] Quintas, P., Lefrere, P., and Jones, G. (1997). Knowledge management : A strategic agenda. *Long Range Planning*.
- [Rothenberg, 1999] Rothenberg, J. (1999). *Avoiding Technological Quicksand : Finding a Viable Technical Foundation for Digital Preservation*. Council on Library and Information Resources, Washington DC.
- [Rousseaux and Bonardi, 2004] Rousseaux, F. and Bonardi, A. (2004). "music-ripping" : des pratiques qui provoquent la musicologie. *Musicae Scientiae, numéro spécial 2003-2004*, pages 111–124.
- [Soulier, 2003] Soulier, E. (2003). *Technique de Storytelling pour le partage de connaissances dans les communautés de pratique*. PhD thesis, Université Pierre et Marie Curie Paris VI.
- [Theureau, 1992] Theureau, J. (1992). *Le cours d'action : analyse sémiologique : essai d'une anthropologie cognitive située*. Berne : Peter Lang. Peter Lang, Berne.

- 
- [Theureau, 2004] Theureau, J. (2004). Cours d'action : méthode élémentaire (seconde édition remaniée et postfacée de "Le cours d'action : analyse sémio-logique" paru en 1992 aux Éditions Peter Lang, Berne). *Toulouse : Octares.*
- [Theureau and Jeffroy, 1994] Theureau, J. and Jeffroy, F. (1994). *Ergonomie des situations informatisées : La conception centrée sur le cours d'action des utilisateurs.* Octares Éditions, Toulouse.
- [Thibodeau, 2002] Thibodeau, K. (2002). Overview of technological approaches to digital preservation and challenges in coming years. *The state of digital preservation : an international perspective*, page 4.



## Résumé

Les environnements de production de la musique contemporaine font appel à des outils numériques, destinés à la création et l'édition des sons, qui communiquent très peu entre eux. Le fonctionnement incertain d'une chaîne de production rend difficile la gestion, la réutilisation et la préservation des contenus sonores, ainsi que leur compréhension dans une analyse de type musicologique. L'objectif du projet GAMELAN, dans lequel ce mémoire constitue une première étape, est de proposer un méta-environnement qui permettra de capitaliser le processus de production.

L'ouverture de la production musicale au public donne maintenant accès aux contenus et aux traitements. Si jusqu'alors les moyens de faire de la musique répondaient à une tradition culturelle très ancienne et peu accessible, cette nouvelle disponibilité entraîne une explosion des formats et ainsi une obsolescence technique rapide. L'idée de ré-employer un contenu (pour l'éditer ou modifier son support) devient un problème de plus en plus important. Il est de ce fait nécessaire de modéliser ce processus de production sonore.

Nous montrerons dans ce mémoire de manière non exhaustive qu'il existe différentes façons de composer la musique et que les chaînes de production et la finalité de l'objet musical ont certes des différences mais aussi des similitudes. Pour ce faire, nous allons étudier les problèmes actuels de la préservation des informations musicales numériques, puis plusieurs processus de production (correspondant à plusieurs formes de musique avec des objectifs différents) qui conduisent à un objet musical unique.

**Mots-clés:** création musicale et sonore, préservation, ingénierie des connaissances, processus de production, réutilisation.

## Abstract

The environment of contemporary music production creates and publishes sounds, and, in order to do so, utilizes digital tools that communicate very little between themselves. The management, the reusability and the preservation of a sonorous object, from a musicologic approach, are difficult because of the uncertain work of production chains. The objective of the GAMELAN project, which begins with this report, is to propose a meta-environment that will enable us optimize the production process.

The opening of musical production to the public now gives access to the contents and the processes. In the past, the means to create music depended on cultural tradition and was largely inaccessible, but this recent availability will bring an explosion of formats and rapid technical obsolescence. The repurposing of sound content (to edit or modify the physical element on which the content lays, known as musical object) will become a greater and greater problem. It is now necessary to model this process of musical production.

We will show in this report (non-exhaustively) that there are different ways to compose music and that there are different ways in which the objectives of the musical object compare and contrast. For this, we are going to study the actual problems of preservation of numerical musical information, and some production processes (of different forms of music with different objectives) which create a unique musical object.

**Keywords:** sound and musical creation, preservation, knowledge engineering, production process, repurposing.

