



# Gestion des Savoir-Faire par les Systèmes d'Information : une Application à l'Apprentissage Instrumental

Olivier Sébastien

► **To cite this version:**

Olivier Sébastien. Gestion des Savoir-Faire par les Systèmes d'Information : une Application à l'Apprentissage Instrumental. Apprentissage [cs.LG]. Université de la Réunion, 2009. Français. <NNT : 2009LARE0022>. <tel-01386383>

**HAL Id: tel-01386383**

**<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01386383>**

Submitted on 24 Oct 2016

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

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

# UNIVERSITE DE LA REUNION

École Doctorale Interdisciplinaire

Doctorat d'Informatique

**Olivier SEBASTIEN**

## Gestion des Savoir-Faire par les Systèmes d'Information :

une Application à l'Apprentissage Instrumental

Thèse dirigée par :  
Professeur Mohamed QUAFAROU  
Docteur Noël CONRUYT

soutenue le 2 juillet 2009

### Membres du jury :

- Docteur HDR Bruno BACHIMONT
- Docteur Noël CONRUYT
- Professeur Rémy COURDIER
- Docteur HDR François PACHET
- Professeur Mohamed QUAFAROU
- Professeur Alain SENTENI

IREMIA - Laboratoire d'Informatique et de Mathématiques de l'Université de la Réunion  
Bâtiment 2, 2 rue Joseph Wetzell 97490 Sainte-Clotilde FRANCE



Travaux financés par la Région Réunion et le FSE





*à ma famille*

## **Remerciements:**

Nous souhaitons témoigner toute notre reconnaissance à Noël Conruyt et Mohamed Quafafou pour l'opportunité qu'ils nous ont donnée. Sans eux, rien n'aurait pu se faire. Merci également à François Pachet pour son appui, à Alain Senteni et Rémy Courdier pour leur soutien indéfectible tout au long de ces années et à Bruno Bachimont pour avoir accepté de jouer le rôle de rapporteur.

Nous voulons aussi exprimer notre gratitude à tous les proches, les amis qui nous ont soutenu durant ce travail. Parmi eux :

- le staff des projets e-guitare, ETIC et e-campus : Emmanuel Richard, Laurent Cochet, Thierry Monnier, Maëlle Raude, Gabriel Toulcanon, Lou, Cédric Bazillou, Yannick Montfort, Christian Bellème, Paul-Henri Conruyt, Stéphane Calderoni

- les professeurs de guitare et le staff du Conservatoire à Rayonnement Régional qui ont bien voulu nous aider : David Hoarau, Patrick Sida, Samuel Fontaine, Ho Hai Quang, Jean-Paul Jansen

- tous les collègues du laboratoire et du département, en particulier : Charles-André Payet, Marie-Catherine Daniel-Vatonne, Frédéric Mesnard, Etienne Payet, et David Grosser

- les autres doctorants : Fanilo Harivelo, Mamy Haja Rakotobe, Tiana Ralambondrainy et Daniel David

- le staff administratif du laboratoire et de la Faculté des Sciences : Gisèle Uldéric, Magalie Clain, Lolita Valliamee, Marie-Alice Dennemont, Judex Delouise, Fabiola Celerine et Marie-François Mailhac

- les précieux collaborateurs extérieurs : Pierre Conruyt, Michel Geiss, Patrick Hervé, le personnel de l'Association pour le Développement du Cinéma, de l'Audiovisuel et du Multimédia (ADCAM)

- le personnel de la Région Réunion, en particulier : Régine Perin, Line-Rose Salaï et Salim Omarjee

Une pensée spéciale pour notre famille, qui a toujours tout fait pour que cette thèse puisse se passer dans de bonnes conditions.

## **Résumé :**

Ce travail de recherche vise à apporter une contribution au domaine de la gestion de la connaissance en général, et à la transmission des savoir-faire en particulier. Comparés à d'autres compétences, les savoir-faire ont ceci de particulier qu'il est difficile d'en produire une représentation écrite à des fins de réutilisation, de transmission ou de conservation.

Bien que cette situation ait prévalu pendant longtemps, les systèmes d'information multimédia disponibles aujourd'hui permettent d'explorer de nouvelles approches telles que l'insertion de la trace audio-visuelle d'un savoir-faire existant dans un environnement d'apprentissage virtuel, dans le but de le faciliter.

La musique, qui requiert simultanément des connaissances théoriques et des compétences pratiques, offre un environnement particulièrement propice à ce type d'expérimentation. C'est pourquoi nous avons choisi pour notre travail de thèse l'apprentissage de la guitare par un dispositif de e-learning instrumental.

Inspirée de l'approche considérée comme la mieux rodée et la plus efficace - le cours traditionnel du maître à l'élève - notre démarche a consisté à « l'instrumenter », c'est-à-dire à en capter les canaux d'information les plus utiles, puis à les stocker sous forme numérique pour les rendre ensuite disponibles sous une forme simple et facilement exploitable par une communauté d'apprenants.

La méthode utilisée pour recueillir l'information à la source se veut peu contraignante et réaliste, fondée sur un concept original de co-construction avec les utilisateurs, que nous avons désigné par Plateau de Créativité. C'est un espace de création collective intégrant mise en œuvre du savoir-faire et technologies de captation et de codage des données, dans une interaction continue permettant les ajustements successifs afin que le résultat final constitue bien une réponse au problème posé.

Nous rendons également compte dans la thèse de cette expérience de mise en œuvre d'un plateau de créativité.

## **Mots clés :**

transmission des savoir-faire, gestion de la connaissance, systèmes d'information multimédia, technologies de l'information et de la communication appliquées à l'enseignement, e-learning, plateau de créativité, développement centré utilisateur, e-learning instrumental, e-guitare, gloses, FIGS, Sonar

## **English Title :**

Information Systems-based Skills Management : an Application to Instrumental Learning

## **Summary :**

This research intends to contribute in the field of knowledge management, particularly for the transfer of know-how, an area where a written representation of skills for reuse, transmission or curatorial purposes, was until recently often

unreachable. However, nowadays multimedia information systems allow to explore new approaches, such as the integration of a recorded trace of the performance of these skills in a virtual learning environment in order to facilitate the learning process.

Learning music in general is an interesting field of experimentation for a virtual transposition of the learning process, for it requires simultaneously theoretical knowledge and practical skills. In our case, we have chosen guitar playing as our domain of application for the development of an instrumental e-learning environment.

Our approach follows the master's class process known to run well and be among the most efficient ones. The most useful channels are being captured, digitized and made available in a simple form, easy to use by a community of learners.

The methodology used to capture the data is based on co-construction with the users on a « Creativity Platform » where the skills at stake are performed while capture technology is deployed, in a continuous interaction process, allowing for fine tuning that ensures that the result is an actual answer to the problem. The thesis also reports on the experimentation of the Creativity Platform.

**Keywords :**

Knowledge management, skills transmission, multimedia information systems, information and communication technologies applied to learning, e-learning, co-design platform, user-centred development, instrumental e-learning, e-guitare, glosses, FIGS, Sonar

# Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>16</b>
<b>1. Gestion des connaissances et savoir-faire.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1. Introduction.....</b>	<b>18</b>
1.1.1. Problématique.....	18
1.1.2. Objectifs.....	19
1.1.3. Ce travail a-t-il sa place en Sciences ?.....	19
<b>1.2. Définition.....</b>	<b>19</b>
1.2.1. Savoir-faire.....	19
1.2.2. Conflits terminologiques.....	20
1.2.3. Types.....	21
1.2.4. Articulation entre savoir et savoir-faire.....	22
<b>1.3. Transmission de savoir-faire.....</b>	<b>23</b>
1.3.1. Processus général.....	23
1.3.1.1. Modèle SECI.....	23
1.3.1.2. Le concept de <i>Ba</i> .....	25
1.3.1.3. Limites du modèle SECI.....	25
1.3.2. Application à l'apprentissage et à l'e-learning.....	26
1.3.3. Outils de la gestion des savoir-faire.....	27
1.3.3.1. Carte heuristique.....	27
1.3.3.2. Communautés de pratique.....	29
1.3.3.3. Bases de connaissances.....	31
1.3.3.4. Discussion.....	33
<b>1.4. Application à la musique.....</b>	<b>33</b>
1.4.1. Pourquoi la musique?.....	33
1.4.1.1. Compétences théoriques.....	34
1.4.1.2. Compétences pratiques.....	35
1.4.2. Représentation numérique de l'information musicale.....	37
1.4.2.1. Médias numériques isolés.....	37
1.4.2.2. Fichiers MIDI.....	37
1.4.2.3. Formats propriétaires des séquenceurs.....	39
1.4.2.4. Formats propriétaires des éditeurs de partitions.....	39
1.4.2.5. SMDL.....	40



1.4.2.6. MML et similaires.....	40
1.4.2.7. MusicXML.....	40
1.4.2.8. WedelMusic & SMR.....	43
1.4.2.9. Positionnement de ces approches.....	45
1.4.2.10. Discussion.....	45
<b>2. Transmission des savoir-faire en musique.....</b>	<b>48</b>
<b>2.1. Écriture : des prémisses à la partition moderne.....</b>	<b>49</b>
2.1.1. Bref historique.....	49
2.1.2. Notation standard moderne.....	49
2.1.3. Autre notation.....	50
2.1.4. Processus traditionnel de création et de diffusion.....	51
2.1.5. Étude de cas : « 20 Lettres » de Roland Dyens (2001).....	52
<b>2.2. Appropriation : outils et méthodes existantes.....</b>	<b>54</b>
2.2.1. Cours avec un professeur.....	54
2.2.2. Méthodes.....	55
2.2.2.1. Méthode traditionnelle.....	55
2.2.2.2. Méthode traditionnelle améliorée.....	56
2.2.3. Vidéo/DVD.....	57
2.2.4. Outils numériques.....	57
2.2.4.1. CDROM/DVDROM.....	57
2.2.4.2. Solutions de e-learning en ligne.....	58
2.2.5. Détournements.....	58
2.2.5.1. Youtube et autres sites de partage de vidéos.....	58
2.2.5.2. Guitar Pro.....	60
2.2.6. Positionnement de ces approches et discussion.....	62
2.2.6.1. Positionnement.....	62
2.2.6.2. Discussion.....	62
<b>2.3. Processus traditionnel.....</b>	<b>63</b>
2.3.1. Description.....	63
2.3.1.1. Cursus.....	63
2.3.1.2. Processus d'acquisition des connaissances instrumentales : modèle du cours présentiel.....	64
2.3.2. Le support de base du cours traditionnel : le texte musical.....	67
<b>2.4. E-learning.....</b>	<b>68</b>
2.4.1. Définition.....	68

2.4.2. Évaluation et problème de la motivation.....	69
<b>3. Approche proposée.....</b>	<b>71</b>
<b>3.1. Vision globale.....</b>	<b>72</b>
3.1.1. Caractéristiques fortes.....	72
3.1.2. Médias naturels et autres médias.....	72
3.1.2.1. Définition.....	72
3.1.2.2. Artefacts multimédias.....	73
<b>3.2. Mode de développement.....</b>	<b>74</b>
3.2.1. Le plateau de créativité.....	74
3.2.2. Profils et rôles détaillés des principaux acteurs.....	75
3.2.2.1. Professeurs.....	75
3.2.2.2. Élèves.....	75
3.2.2.3. Concepteurs.....	76
3.2.3. Caractéristiques de lieu.....	76
3.2.4. Déroulement de la progression.....	77
3.2.5. Relation à la gestion des savoir-faire.....	78
3.2.6. Processus d'évaluation.....	79
3.2.6.1. Approche semi-quantitative.....	79
3.2.6.2. Approche qualitative.....	80
3.2.7. Particularités de cette instanciation.....	80
3.2.7.1. Particularités structurelle et organisationnelle.....	80
3.2.7.2. Particularité fonctionnelle.....	81
<b>3.3. Contextualisation.....</b>	<b>81</b>
3.3.1. Référence temporelle et modèle d'une pièce.....	82
3.3.1.1. Choix d'une métrique absolue.....	82
3.3.1.2. Choix d'une métrique relative.....	83
3.3.1.3. Modèle d'une pièce.....	84
3.3.2. Synchronisation entre modèle d'une pièce et interprétation réelle.....	85
3.3.2.1. Méthode générale.....	85
3.3.2.2. Exemple.....	85
3.3.2.3. Optimisation de la méthode.....	86
3.3.3. Description XML.....	90
<b>3.4. Considérations ergonomiques et d'interface.....</b>	<b>91</b>
3.4.1. Dispositifs d'interaction physiques.....	91
3.4.1.1. Clavier/Souris.....	91
3.4.1.2. Télécommande.....	92

3.4.1.3. Gamepad.....	93
3.4.1.4. Interfaces à écran tactile digitale.....	94
3.4.1.5. Discussion : lien avec l'apprentissage instrumental.....	94
3.4.2. Interfaces visuelles d'accès à l'information.....	95
3.4.2.1. Interface type application informatique.....	95
3.4.2.2. Interface de type jeux vidéo.....	96
3.4.2.3. Interface de type DVD.....	97
3.4.2.4. Discussion.....	98
<b>3.5. Aspects communautaires.....</b>	<b>99</b>
3.5.1. Objectifs.....	99
3.5.2. Outils.....	100
3.5.3. Vie de la communauté.....	100
3.5.3.1. Animation.....	100
3.5.3.2. Évolution.....	101
<b>4. Procédé et systèmes développés.....</b>	<b>102</b>
<b>4.1. Introduction.....</b>	<b>103</b>
4.1.1. Le projet e-guitare.....	103
4.1.1.1. Présentation.....	103
4.1.1.2. Historique.....	103
<b>4.2. Procédé et outils.....</b>	<b>104</b>
4.2.1. Fonctions centrales.....	104
4.2.2. Choix de supports.....	105
4.2.2.1. Lecteur de DVD Video.....	105
4.2.2.2. Lecteur multimédia mobile.....	105
4.2.2.3. Micro-ordinateur.....	106
4.2.2.4. Connexion Internet.....	106
<b>4.3. Captation.....</b>	<b>107</b>
4.3.1. Bibliothèque multimédia à constituer.....	107
4.3.1.1. Interprétation de la pièce.....	107
4.3.1.2. Présentation, séquences explicatives auxiliaires et exercices.....	110
4.3.2. Déroulement.....	110
4.3.2.1. Préparation.....	110
4.3.2.2. Forme du plateau de créativité associée.....	111
4.3.2.3. Déroulement d'une session.....	113
4.3.2.4. Post-production.....	114
<b>4.4. Outil 1 Offline.....</b>	<b>115</b>

4.4.1. Maquettes.....	115
4.4.1.1. Première maquette.....	115
4.4.1.2. Deuxième maquette.....	116
4.4.2. Première itération.....	117
4.4.2.1. Caractéristiques du prototype.....	117
4.4.2.2. Scénario de navigation.....	118
4.4.2.3. Extension du concept : le duo.....	119
4.4.2.4. Distribution.....	120
4.4.2.5. Évaluation.....	121
4.4.2.6. Résultats semi-quantitatifs.....	122
4.4.2.7. Résultats qualitatifs.....	124
4.4.3. Deuxième itération.....	125
4.4.3.1. Caractéristiques.....	125
4.4.3.2. Scénario de navigation.....	126
4.4.3.3. Évaluation.....	128
4.4.3.4. Résultats.....	129
<b>4.5. Outil 2 Online.....</b>	<b>130</b>
4.5.1. Caractéristiques.....	130
4.5.1.1. Description générale.....	130
4.5.1.2. Structure de l'outil.....	131
4.5.2. Maquette.....	133
4.5.3. Itération 1.....	135
4.5.3.1. Introduction : solution Adobe Flash.....	135
4.5.3.2. Caractéristiques du prototype.....	135
4.5.3.3. Architecture client-serveur.....	136
4.5.3.4. Scénario de navigation.....	137
4.5.3.5. Évaluation.....	140
4.5.4. Résultats.....	141
4.5.4.1. Situation générale.....	141
4.5.4.2. Explications envisagées.....	142
<b>5. L'expérience Sonar.....</b>	<b>144</b>
<b>5.1. Définition et objectifs.....</b>	<b>145</b>
5.1.1. Présentation.....	145
5.1.2. Le courant Web 2.0.....	146
5.1.3. Problématiques posées.....	146
5.1.4. Pièces proposées.....	146
5.1.5. Système sur DVD proposé.....	148
<b>5.2. Conditions de l'expérience.....</b>	<b>150</b>

5.2.1. Hypothèses de départ.....	150
5.2.2. Limites admises de l'expérience.....	150
<b>5.3. Évaluation et Résultats.....</b>	<b>151</b>
5.3.1. Méthodologie d'acquisition de données.....	151
5.3.2. Analyse qualitative.....	152
5.3.3. Analyse quantitative externe.....	152
5.3.4. Analyse quantitative interne.....	153
5.3.5. Degré de confiance aux logs serveur.....	154
5.3.6. Propositions sur l'obtention de statistiques.....	157
5.3.7. Topologie de l'infrastructure déployée pour e-guitar Sonar Edition.....	157
<b>5.4. Résultats.....</b>	<b>158</b>
5.4.1. Milestones.....	158
5.4.2. Comparaison des outils de mesure d'activité.....	159
5.4.3. Analyse de l'audience sur les sites Web 2.0.....	162
5.4.4. Analyse des visites sur le site Sonar.....	165
5.4.5. Analyse des téléchargements.....	169
5.4.6. Activité qualitative générée.....	170
<b>5.5. Conclusion de l'expérience Sonar.....</b>	<b>171</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>173</b>
<b>Liste des Annexes.....</b>	<b>177</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>178</b>

## Index des Figures

Figure 1.1.1 : problématique de la gestion des connaissances.....	18
Figure 1.3.1 : modèle SECI.....	24
Figure 1.3.2 : types de Ba.....	25
Figure 1.3.3 : modèle de Raelin, modifié par Ivergard et al.....	26
Figure 1.3.4 : exemple de carte heuristique sur la guitare.....	28
Figure 1.3.5 : étapes du développement d'une communauté de pratique (Wenger, 1998).....	30
Figure 1.3.6 : système de base de connaissances IKBS utilisé pour la description des coraux : application à Pocillopora (extrait).....	32
Figure 1.4.1. : le « trois pour deux ».....	34
Figure 1.4.2. : premières mesures de la fugue en Sol mineur de Bach.....	35
Figure 1.4.3. : cas de la harpe.....	36
Figure 1.4.4 : représentation de l'information dans un fichier MIDIfile : premières mesures du Menuet de Robert de Visée.....	38
Figure 1.4.5 : client WedelMusic.....	44
Figure 1.4.6 : éditeur SMR Music Editor.....	44
Figure 1.4.7 : positionnement des systèmes de description.....	45
Figure 2.1.1 : modèle de visualisation type « piano roll ».....	51
Figure 2.1.2 : chaîne de création et de diffusion de l'information musicale.....	51
Figure 2.1.3 : complexité de la notation dans les « 20 Lettres » de Roland Dyens (2001).....	53
Figure 2.2.1 : extrait de la page 48 du Volume 3 de « L'École Raisonnée de la Guitare » de Pujol.....	56
Figure 2.2.2 : exemple de leçon intégrée à un site de partage de vidéo : cas du Tin Whistle sur Youtube.....	60
Figure 2.2.3 : interface du logiciel Guitar Pro.....	61
Figure 2.2.4 : positionnement des approches d'apprentissage musical.....	62
Figure 2.3.1 : cursus dans l'apprentissage traditionnel.....	64
Figure 2.3.2 : modèle du cours présentiel.....	65
Figure 2.3.3 : cours de guitare de Patrick Sida (Conservatoire).....	66
Figure 3.2.1 : exemple de plateau de créativité sous la forme de Net TV (Conuryt et al, 2005).....	76
Figure 3.2.2 : spirale du développement sur le plateau de créativité.....	77
Figure 3.2.3 : interaction entre démarche métiers et démarche usages.....	79
Figure 3.3.1 : modèle d'une pièce avec superposition des métriques absolue et relative.....	84
Figure 3.3.2 : exemple de correspondance entre interprétation et modèle d'une pièce.....	86
Figure 3.3.3 : forme d'onde des deux premières mesures du Menuet de Robert de Visée, affichées par le logiciel WaveLab Lite.....	87
Figure 3.3.4 : représentation harmonique 2D équivalente (logiciel Audacity).....	87
Figure 3.3.5 : représentation harmonique 3D (logiciel WaveLab Lite).....	87
Figure 3.4.1 : clavier et souris.....	92
Figure 3.4.2 : télécommande de lecteur DVD.....	92
Figure 3.4.3 : gamepad utilisé pour les jeux vidéo.....	93
Figure 3.4.4 : interface à écran tactile de type iPhone d'Apple.....	94
Figure 3.4.5 : interface type application informatique : séquenceur Cubasis AV de Steinberg.....	96
Figure 3.4.6 : interface type jeux vidéo : cas de GTA IV de Rockstar.....	97
Figure 3.4.7 : interface type DVD : menu n°1.....	98
Figure 3.4.8 : interface type DVD : menu n°2.....	98
Figure 4.2.1 : articulation entre procédé/outils centraux du système et activité pédagogique.....	104

Figure 4.3.1 : concept de multi-angles.....	109
Figure 4.3.2 : matérialisation du plateau de créativité en phase de captation : cas d'une scène.....	112
Figure 4.3.3 : matérialisation du plateau de créativité en phase de captation : la « cage ».....	113
Figure 4.4.1 : première maquette de l'outil 1.....	115
Figure 4.4.2 : deuxième maquette de l'outil 1.....	117
Figure 4.4.3 : outil 1 : scénario de navigation de l'itération 1.....	119
Figure 4.4.4 : vue spécifique du duo.....	120
Figure 4.4.5 : édition de l'outil 1 tirée à 500 exemplaires.....	121
Figure 4.4.6 : outil 1 : scénario de navigation de l'itération 2.....	127
Figure 4.4.7 : configuration du plateau de créativité pour évaluation par approche qualitative.....	128
Figure 4.5.1 : outil 2 : écran principal de la maquette.....	133
Figure 4.5.2 : outil 2 : liste des gloses rattachées au système 1 (maquette).....	134
Figure 4.5.3 : outil 2 : visionnage d'une glose (maquette).....	134
Figure 4.5.4 : outil 2 : architecture client-serveur du prototype.....	137
Figure 4.5.5 : outil 2 : scénario de navigation.....	138
Figure 4.5.6 : outil 2 : interface.....	139
Figure 5.3.1. : scénario de navigation principal de l'expérience Sonar pour un utilisateur.....	151
Figure 5.3.2. : topologie web de l'expérience Sonar.....	158
Figure 5.4.1. : évolution comparative du nombre de visites (forme graphique).....	161
Figure 5.4.2 : évolution de l'audience journalière sur Youtube et Dailymotion.....	163
Figure 5.4.3 : évolution de l'audience cumulée par pièce.....	164
Figure 5.4.4 : évolution du nombre de visionnages moyens de Sonar comparé à un autre compte utilisateur sur les 135 premiers jours de mise en ligne.....	165
Figure 5.4.5 : origine géographique des visites.....	166
Figure 5.4.6 : systèmes d'exploitation des visiteurs.....	166
Figure 5.4.7 : navigateurs utilisés.....	166
Figure 5.4.8 : audimat quotidien sur Youtube rapporté aux visites sur le site Sonar.....	168
Figure 5.4.9 : nombre de téléchargements par pièce.....	169
Figure 5.4.10 : évolution du nombre de téléchargements rapportée à l'audimat sur Youtube et aux visites sur le site de Sonar.....	170

## Index des tableaux

Tableau 1.2.1 : exemple d'articulation entre savoir et savoir-faire : la recette de la meringue.....	22
Tableau 1.4.1 : Comparaison de génération MusicXML entre Guitar Pro et Finale.....	43
Tableau 2.4.1 : les différentes formes de e-learning (Romiszowski, 2003, repris de Fenouillet et Déro, 2006).....	69
Tableau 3.1.1 : matrice d'utilisation des médias.....	73
Tableau 4.5.1 : structure XML d'une pièce pour l'outil 2.....	131
Tableau 5.1.1 : Fiche technique des pièces retenues dans e-guitar Sonar.....	148
Tableau 5.3.1 : une entrée d'un fichier de log de serveur Apache.....	154
Tableau 5.3.2 : log d'un téléchargement de DVD virtuel.....	155
Tableau 5.3.3 : log de téléchargement en deux connections.....	156
Tableau 5.3.4 : téléchargement unique à requêtes multiples.....	157
Tableau 5.4.1 : exemple 1 de logs requérant une interprétation.....	159
Tableau 5.4.2 : exemple 2 de logs requérant une interprétation.....	160
Tableau 5.4.3 : évolution comparative du nombre de visites (chiffres).....	161
Tableau 5.4.4 : Décompte du nombre de téléchargements du 19 février au 11 mars 2008.....	162
Tableau 5.4.5 : comparaisons entre les valeurs relevées sur le site Sonar et des valeurs globales pour les navigateurs et les systèmes d'exploitation (OS) utilisés.....	167



## Introduction

Ce travail de recherche vise à proposer une nouvelle contribution dans la gestion des connaissances en général, et la transmission des savoir-faire en particulier grâce à l'utilisation de systèmes d'information.

Ce domaine fait l'objet d'enjeux colossaux aussi bien du point de vu du savoir qu'économiquement parlant, comme en témoigne la désormais célèbre phrase de Lewis E. Platt, ancien Directeur Général d'Hewlett-Packard :

« Si HP savait ce que HP sait, HP serait trois fois plus performant. »

De manière prosaïque, si l'on considère une organisation (qui peut être une société), la problématique se pose comme suit :

- une partie A des individus possède des connaissances sur un thème donné. Ils sont partiellement capables de l'explicitier, une part non négligeable étant constituée de pratiques qu'ils ont apprises ou créées avec l'expérience
- une autre partie B de ce groupe est constituée de personnes arrivant sur ce thème et ne possédant pas encore les connaissances nécessaires pour accomplir les tâches du domaine
- la question qui se pose est donc de savoir comment organiser la relation entre membres du groupe A et membres du groupe B afin de former ces derniers, c'est-à-dire de transférer la connaissance de A à B

Comme on peut le voir, ce problème est vaste et ne se résume pas à l'informatique. Pourtant, le développement connu par cette discipline, en particulier avec la généralisation des réseaux et du multimédia, permet de créer de nouveaux outils pour gérer ce transfert et, plus généralement, tenter de capturer les signes à l'origine de la connaissance.

Nous nous intéresserons en particulier aux savoir-faire car c'est le domaine où la difficulté est la plus grande. En effet, il se pose le problème de la représentation de l'information, étant donné que, par essence, un savoir-faire ne revêt pas l'apparence d'un texte, forme de matérialisation par excellence.

Afin de fixer un contexte, nous appliquerons notre réflexion à la transmission de la connaissance musicale, à la guitare plus précisément. En effet, elle se prête très favorablement à cette opération.

L'expérimentation et l'implémentation de nos propositions se déroule dans le cadre du projet e-guitare, initié au LIM-IREMIA (Laboratoire d'Informatique et de Mathématiques, Institut de Recherche en Mathématiques et Informatique Appliquées) en 2003 par l'équipe IC-IHM (Ingénierie des Connaissances et Interactions Homme-Machine).

# **1. Gestion des connaissances et savoir-faire**

Ce chapitre vise à exposer la problématique à laquelle nous nous sommes attaché et présente un état des différents domaines qui y prennent part.

## 1.1. Introduction

### 1.1.1. Problématique

La gestion des connaissances (aussi connue sous le terme de *Knowledge Management*) recouvre beaucoup de domaines : théorie de l'information, ontologie, sémantique, gestion des contenus, etc. Elle fait partie des sciences cognitives.

Le spectre de nos travaux peut sembler large, c'est pourquoi il nous semble utile de clarifier notre positionnement, notamment par rapport à certaines communautés de recherche.

Notre objectif est de faciliter la transmission de la connaissance d'une personne (l'expert du domaine ou l'émetteur ou le professeur) à une autre (le récepteur ou élève). Dans ce dispositif, la machine n'est qu'un intermédiaire. L'étape consistant à coucher sous forme binaire l'information ne constitue donc qu'une partie du processus. Certaines équipes se dévouent totalement à cette problématique. Nous souhaitons donc implémenter les pratiques qui marchent le mieux et ne saurions reposer sur des bases qui ne soient pas suffisamment solides : formats non stables, logiciels inexistantes ou incomplets, ... Cela est d'autant plus douloureux que certains développements que l'on présentera dans ce mémoire sont une solution théorique idéale, mais en raison de leur manque de maturité et de robustesse, ils sont inutilisables en l'état.

De façon basique, on peut décomposer le problème en deux sous-parties, telle que le montre la 1.1.1 :

- Étape 1 : l'extraction des connaissances de l'expert et leur matérialisation sous la forme d'un support physique que nous nommerons « Système de Gestion de la Connaissance » ou SGC
- Étape 2 : l'assimilation des connaissances depuis ce support

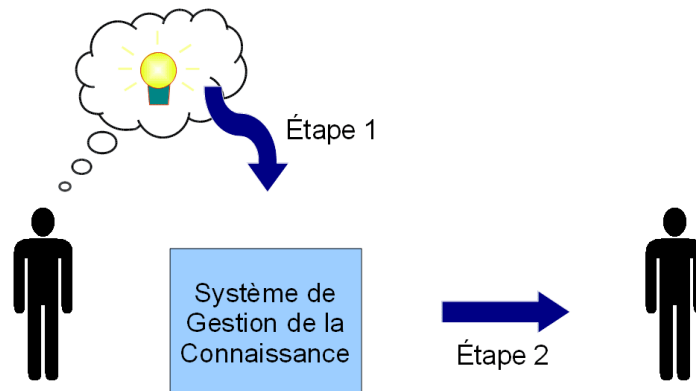


Figure 1.1.1 : problématique de la gestion des connaissances

Chaque sous-partie fait l'objet de travaux de recherche dédiés et ce, dans des disciplines très variées, pas uniquement en informatique. Dans le cadre de notre thèse, nous serons obligés de les considérer toutes les deux car autrement, le problème ne serait pas abordé dans son intégralité : il ne sert à rien, par exemple, de créer une ontologie (étape 1), aussi bonne soit-elle, s'il n'existe pas un procédé efficace (aussi bien technique que méthodologique pour l'apprenant) permettant de gérer l'étape 2.

### 1.1.2. Objectifs

Nous souhaitons contribuer à deux niveaux principaux, dans ce travail de recherche :

- Nous tenterons de proposer une approche originale dans le traitement de la problématique, en la prenant en compte dans sa globalité (les deux étapes) plutôt qu'en se focalisant sur une section. Cela implique des conséquences qui seront présentées ultérieurement
- Nous présenterons, implémenterons et évaluerons une méthodologie de développement centrée sur l'utilisateur qui doit garantir l'adéquation de la solution au besoin, grâce à un dispositif original : le plateau de créativité ; les outils créés résultant du processus

Pour cela, la technologie doit être utilisée comme un moyen et non une fin en soi. Il s'agira d'utiliser des « blocs » existants mais de les assembler de façon innovante afin d'atteindre le but recherché.

### 1.1.3. Ce travail a-t-il sa place en Sciences ?

Une telle tâche requiert de nombreuses compétences : informatique, bien sûr, mais aussi pédagogie, musique, signaux audio et vidéo et même des éléments d'analyse sociologique afin de tester les outils développés.

On pourrait alors se demander pourquoi cette entreprise est-elle ancrée aussi fermement en informatique (CNU27). A cette question, deux réponses principales peuvent être apportées :

- La première est purement logique : par l'absurde. En effet, ce genre de recherche n'est pas menée avec cette vision dans les autres disciplines, par exemple en Sciences Humaines
- La seconde vient du fait que ce qui change la donne aujourd'hui, c'est l'outil informatique justement : grâce à lui, il est maintenant possible de manipuler des médias intuitifs (c'est-à-dire ne reposant pas sur un code d'interprétation de l'observateur) avec une bonne qualité, mais surtout de l'interactivité et une forme d'intelligence de la part du système afin de guider l'apprenant. Comme le disent (Robert Brien *et al*, 1999), ce sont là deux conditions indispensables dans la réalisation d'un système d'apprentissage efficace

Pour ces deux raisons, un tel travail de recherche ne peut être porté par les autres disciplines. En revanche, il est nécessaire de consulter des experts de ces domaines dans les activités qui les concernent pour la bonne marche de notre entreprise.

## 1.2. Définition

### 1.2.1. Savoir-faire

Selon l'encyclopédie Larousse, un savoir-faire désigne la compétence acquise par l'expérience dans les problèmes pratiques ou dans l'exercice d'un métier. Wikipedia affirme quant à elle qu'il s'agit de la connaissance des moyens qui permettent l'accomplissement d'une tâche.

Dans les deux cas, on retrouve l'idée d'une connaissance possédée par un expérimentateur utilisée pour une application concrète. Ce qui est sous-jacent, c'est l'impossibilité pour cette personne de décrire de façon efficace son habileté par le biais de mots et donc de texte car

le côté pratique et même physique de la manipulation ne peut se contenter d'une telle représentation. Ce qui différencie le savoir-faire (dont le terme anglais est d'ailleurs très parlant : *know-how*) du savoir. Ils sont très souvent incontournables dès lors que l'on touche à l'art, c'est à dire qu'ils ne sont pas dissociés de la créativité. En effet, c'est souvent elle qui en est à l'origine. Cela dit, la dimension artistique n'est pas une condition nécessaire pour traiter ce thème : il peut simplement s'agir de procédures.

Ainsi, le code de la route (le fameux « Code Rousseau ») est-il un recueil des règles à connaître pour circuler en automobile. Il n'a de sens qu'allié à l'apprentissage de la conduite d'une voiture. Les gestes que cette dernière action imposent de maîtriser ne s'apprennent qu'en situation : c'est le rôle de la leçon avec le moniteur d'auto-école. Que fait-celui-ci? Il explique avec la voix, fait des gestes qui simulent ce qui se passe puis montre à l'élève. Ce dernier prend ensuite le volant et apprend progressivement à reproduire les mêmes gestes, dans les bonnes situations, jusqu'à atteindre un niveau de qualité dans la reproduction qui soit satisfaisant, à l'appréciation du moniteur, puis de l'examineur au moment de l'examen du permis. L'apprentissage de la conduite nécessitera quelques heures de pratique (la loi fixe à 20 heures, valeur minimale incompressible). Au début, l'attention demandée à l'élève sera très importante, mais au fil de l'expérience, les ressources cognitives et physiques nécessaires vont diminuer jusqu'à un seuil à partir duquel, la technique sera considérée comme acquise. Là encore, la loi fixe une valeur moyenne : trois ans pendant lesquels le jeune conducteur doit apposer un signe distinctif sur sa voiture (le « A » d'Apprenti) et se voit imposé une tolérance moindre (6 points de permis au lieu de 12).

Depuis des dizaines d'années que ce processus d'apprentissage existe, il n'a jamais fondamentalement évolué pour une raison simple : il n'existe pas de meilleure façon d'acquérir un savoir-faire que de se mettre en situation. Par contre, c'est à ce niveau qu'il existe un nouvel outil : la simulation.

Grâce aux progrès de l'informatique, elle a atteint un niveau permettant de valider l'entraînement sur simulateur au même titre que l'entraînement réel. C'est particulièrement le cas pour le pilotage d'avion, moins risqué en simulateur pour le débutant, alors même qu'un tel système coûte quasiment aussi cher que l'avion lui-même. Il est également possible de se confronter à des situations très rares en conditions réelles telles que la perte d'un moteur ou une dépressurisation de la cabine, préparant ainsi les équipages à réagir à des situations critiques en les faisant vivre ces situations, c'est-à-dire en se créant une expérience.

Ce phénomène « d'informatisation » s'est produit dans beaucoup d'autres domaines, prouvant bien la nouvelle donne qu'apporte l'ordinateur dans la transmission des savoir-faire.

### **1.2.2. Conflits terminologiques**

Dans la littérature, il existe de nombreux débats portant sur les termes utilisés pour désigner le savoir théorique et le savoir pratique. Il nous semble intéressant de nous positionner ici sur ces deux concepts qu'on retrouve pourtant en permanence.

Ainsi, Jeff Conklin (Conklin, 1996) parle de savoirs formel et informel. Le premier est celui des livres, des modes d'emploi et autres documents. Il s'applique bien à tout ce qui reste intellectuel et exige quasiment uniquement un travail de l'esprit. Le second est défini comme étant le savoir à mettre en place dans le processus de création de savoir formel.

D'autres chercheurs, tels que Seely Brown et Duguid (Seely Brown *et al*, 1998) préfèrent parler de *know-what* et de *know-how* en ajoutant une notion d'exclusivité : le *know-how* est la méthode personnelle d'un individu pour mettre en application un *know-what*, qui peut lui être facilement partagé par un groupe.

Leonard-Barton et Sensiper (Leonard-Barton *et al*, 1998) ne font pas de séparation et voient la connaissance comme un spectre : à l'une des extrémités se situe la connaissance tacite qui est plus ou moins consciente, en tout cas non exprimable par le sujet qui la possède. A l'autre extrémité, on trouve la connaissance explicite, codifiée, structurée et accessible directement par les personnes qui ne sont pas à l'origine de celle-ci.

Paul Hildreth (Hildreth *et al*, 2002) met quant à lui l'accent sur la définition propre des termes tacite et explicite. La connaissance tacite est celle qui est comprise sans qu'elle ait besoin d'être exprimée, typiquement la langue maternelle. La connaissance explicite, par opposition, est celle qui ne laisse aucun non-dit, c'est-à-dire qu'elle est définie sur tout son domaine d'application.

Une autre communauté de recherche se concentre plus particulièrement sur la gestion de la connaissance dans les organisations. C'est le cas d'Ikujiro Nonaka (Nonaka *et al*, 1991). D'après lui, connaissances tacites et explicites ne sont pas séparées mais complémentaires. La connaissance explicite est celle qui est « facilement exprimée, capturée, stockée et réutilisée. Elle peut être transmise grâce à des données et se trouve dans les bases de données, les livres, manuels et messages ». La connaissance tacite est constituée partiellement de compétences techniques et de modèles mentaux ou croyances propres à l'individu, qu'il est incapable d'exprimer. Nonaka appelle donc l'interaction entre ces deux modes un processus de conversion de connaissance. Avec son collègue Hirotaka Takeuchi, il va jusqu'à décrire ce processus et la manière de l'instrumenter grâce au modèle SECI (abordé plus loin).

Enfin, Michael Polanyi (Polanyi, 1967) est un auteur réputé pour sa théorie donnant un rôle fort aux savoir-faire dans la construction des connaissances. La citation suivante est révélatrice de sa position : « on peut savoir plus que ce que l'on est capable de dire ». Il pose en effet qu'il existe une forme de connaissance non logique (ou en tout cas antérieure à la construction d'une logique) qui repose sur des informations sensorielles, des images, qui sont accumulées pour créer du sens pour l'individu qui les manipule (Smith, 2003).

On pourra retenir qu'à travers une telle bataille de termes, les concepts sous-jacents se chevauchent et permettent donc à tout un chacun de percevoir une certaine réalité basée sur ses propres expériences. On distingue donc le savoir, qui peut se transmettre grâce à un codage (le texte, par exemple) sous la forme d'un support papier, se suffisant à lui-même. Puis, on considère les savoir-faire, qui par opposition, ne peuvent se satisfaire d'une telle solution et nécessitent donc d'autres moyens ou démarches car ils reposent sur des actions ne pouvant être décrites sous forme textuelle. Elles mettent en jeu d'autres sens, voire d'autres parties du cerveau, que celles utilisées par l'acquisition de savoir, et ce, sans exclusivité.

### **1.2.3. Types**

Il existe deux types de savoir-faire :

- technique : c'est l'instanciation au sens propre de la définition. Un ou plusieurs agents qui savent ensemble accomplir les actions nécessaires à la réalisation d'une tâche dans leur métier. On leur donne le qualificatif d'experts métier. Leur motivation est avant tout professionnelle
- artistique : l'artiste peut manipuler des savoir-faire qui sont aussi techniques, mais la motivation n'est pas la même puisqu'il s'agit de faire émerger une œuvre originale et unique

La frontière entre les deux types ci-dessus peut être ténue. Toutefois, le facteur de différenciation principal vient de la reproductibilité : dans le premier cas, le processus

mettant en jeu le savoir-faire doit aboutir à un résultat toujours identique, alors que dans le second, à partir d'une base commune à tous les individus, il y a une marge d'interprétation dans le résultat obtenu : deux individus avec les mêmes outils et/ou méthodes n'aboutiront pas au même résultat.

Dans ce travail de recherche, nous nous situons clairement dans la deuxième catégorie. Cette marge de manœuvre est la créativité propre à toute activité artistique.

#### 1.2.4. Articulation entre savoir et savoir-faire

Savoir et savoir-faire ne s'opposent pas forcément, ils sont même la plupart du temps complémentaires puisque pour réaliser la tâche permise par les savoir-faire, il faut au préalable maîtriser un certain nombre de savoirs.

Pour illustrer ce propos, voici, au Tableau 1.2.1, un exemple volontairement non scientifique mais tout à fait reproductible dans d'autres domaines : celui de la cuisine.

Meringue
<p><u>Préparation :</u></p> <p><b>Battre les blancs en neige ferme.</b></p> <p>Ajouter le sucre par <b>petites quantités</b> tout en continuant de battre.</p> <p>Déposer immédiatement des tas (n'importe quelles tailles et formes) sur une plaque de four recouverte de <b>papier sulfurisé</b>.</p> <p>Cuire entre 30 minutes et 1 heure à 120°C.</p>

Tableau 1.2.1 : exemple d'articulation entre savoir et savoir-faire : la recette de la meringue

La recette constitue un moyen reconnu de garder une trace, une mémoire, de la connaissance du concept de meringue. Celui-ci naît de la relation qu'ont les individus avec l'objet meringue :

- Tout d'abord, des **données** sensorielles sont acquises : forme, goût, odeur, couleur, ...
- L'**information** est ainsi créée à partir de l'association de tous les stimuli perçus : recherche des causes qui ont donné lieu à la friandise, les ingrédients, la cuisson, ...
- Enfin vient la **connaissance** : conceptualisation des caractéristiques qui font d'un objet une meringue et capacité à identifier comme tel un objet similaire, d'envisager d'autres actions (création, modification, mélange) en puisant dans ses acquis

Cette expérience est certainement empreinte de subjectivité, son niveau dépend du domaine d'observation : certains étant plus sujets à débats alors que d'autres (les mathématiques par exemple) visent à être le plus objectif possible.

La recette, telle qu'on la trouve dans les livres, représente le savoir théorique. En l'état, elle est insuffisante pour réussir à créer l'objet meringue parce que certaines consignes nécessitent pour l'opérateur de posséder un autre type de connaissances pratiques : des savoir-faire.

Dans le Tableau 1.2.1, nous les avons mis en évidence. On peut ainsi voir que sur un cas aussi simple, ils sont déjà nombreux. Voici quelques-unes des raisons qui font qu'un néophyte ne pourra pas instancier la recette sans eux :

- « Battre les blancs en neige ferme » : deux concepts doivent être associés ici

- « les blancs » : le blanc doit être rattaché au concept d'œuf auquel on retire, par un autre savoir-faire non défini ici, le jaune
- « neige ferme » : c'est la condition d'arrêt de l'action « battre ». Il faut savoir comment se présente une neige ferme pour passer à l'étape suivante
- « Ajouter le sucre par petites quantités [...] » : le problème ici est de savoir quelle réalité physique recouvre l'expression « petite quantité ». Cela n'est possible que si l'on a déjà l'expérience de la cuisine pour déterminer ce qu'est une petite quantité par rapport à une grosse quantité
- « papier sulfurisé » : il faut connaître ce que c'est, quelles sont les propriétés qui font qu'on en a besoin ici
- « Cuire entre 30 minutes et 1 heure » : ce qui surprend avec cette consigne, c'est la durée qui varie du simple au double. En fait, elle recèle une condition d'arrêt cachée puisqu'elle sous-entend que la cuisson est terminée quand les meringues ont l'air cuites et avant qu'elles ne soient brûlées. Cela nécessite d'avoir l'expérience du concept de meringue cuite ou brûlée

Ainsi, à travers un exemple très basique, on peut voir le va-et-vient incessant qu'il faut faire entre savoir et savoir-faire pour construire de la connaissance.

### 1.3. Transmission de savoir-faire

La transmission de connaissance a toujours existé. La façon dont elle s'organise sur le terrain dépend fortement du contexte dans lequel évoluent experts et apprenants. Ainsi, les motivations et contraintes sont-elles très différentes selon que l'on soit dans un environnement éducatif ou dans une entreprise.

On peut néanmoins envisager deux cas de figures en terme d'organisation :

- le premier met en relation maître et élève en situation : la transmission se fait par stricte imitation. C'est la méthode traditionnelle par excellence, ancestrale dirions-nous car elle ne met en jeu que les deux acteurs et l'objet d'étude
- le second passe par une phase de modélisation des connaissances de l'expert afin d'aboutir à la construction d'un support, une matérialisation concrète qui peut être exhibée aux néophytes. Cette volonté de laisser une trace a pris des proportions plus grandes depuis quelques dizaines d'années, avec la complexification des processus métiers et la recherche de rendements toujours plus élevés

Ainsi, on est passé principalement du premier cas vers le second, qui correspond à ce qu'aspirent tous les spécialistes. A tort ou à raison?

#### 1.3.1. Processus général

De nombreux auteurs ont abordé cette question. Parmi eux, Nonaka et Takeuchi (Nonaka *et al*, 1991) ont proposé une description du processus de création et de transmission des savoir-faire qui, forcément sujette à de nombreuses critiques, est couramment employée grâce à sa simplicité : le modèle SECI (Socialisation, Externalisation, Combinaison, Internalisation).

##### 1.3.1.1. Modèle SECI

Comme expliqué par de Geytere (de Geytere, 1995), il intègre la nature dynamique du processus et la façon de le gérer. Il se compose de trois éléments :



- SECI : c'est le processus en lui même de conversion de la connaissance tacite vers son partage entre les individus d'une organisation
- *Ba* : il s'agit du contexte, de l'environnement dans lequel les échanges se font (ou doivent se faire)
- Capital de connaissance/capital humain : c'est la valeur de la connaissance dont dispose l'organisation, elle est quantifiable et en tant qu'actif, il est idéal qu'elle croisse

Ces trois éléments sont bien sûr en interaction permanente. La 1.3.1 présente le déroulement du processus général. On peut voir que la connaissance tacite de l'individu est convertie et amplifiée par une spirale au travers de quatre étapes :

- la socialisation : c'est le partage de connaissance tacite par la communication présentielle (*face-to-face*), par le partage d'expérience. Cette étape est très pratique et repose sur des actions concrètes : observation, imitation et mise en pratique. Typiquement, c'est le travail de base d'un apprenti qui travaille avec un maître
- l'externalisation : c'est une phase d'explicitation de la connaissance tacite acquise au sein d'un groupe, afin qu'elle soit partagée. Sur le plan pratique, cela aboutit sur la production de documents, synthèses de l'expérience vécue par le groupe. Le terme « Articulation » est souvent utilisé car il s'agit bien ici de créer une « trace » validée par la communauté qui a participé à son élaboration
- la combinaison : comme son nom l'indique, c'est la réunion des éléments de connaissance maintenant explicite dans le but de construire quelque chose en commun, par exemple un prototype
- l'internalisation : c'est un retour vers l'individu, qui, grâce à ce cheminement, est en mesure de structurer une base de connaissances personnelle, qui devient un actif de l'entreprise et qu'il est capable de réutiliser dans de nouvelles situations

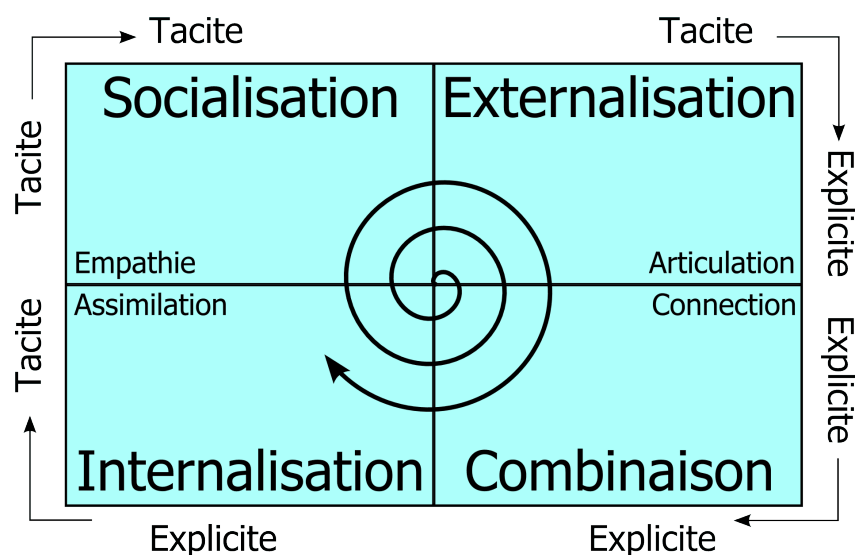


Figure 1.3.1 : modèle SECI

Ce processus est inlassablement répété sous la forme d'une spirale vertueuse qui touche progressivement tous les niveaux de l'organisation dans laquelle elle prend place.

### 1.3.1.2. Le concept de *Ba*

Ce terme ne peut pas réellement être traduit. Il désigne le contexte à créer pour que les connaissances émergent, soient partagées et diffusées au fil du processus. Chaque étape évoquée précédemment a son *Ba*, comme évoqué à la 1.3.2.

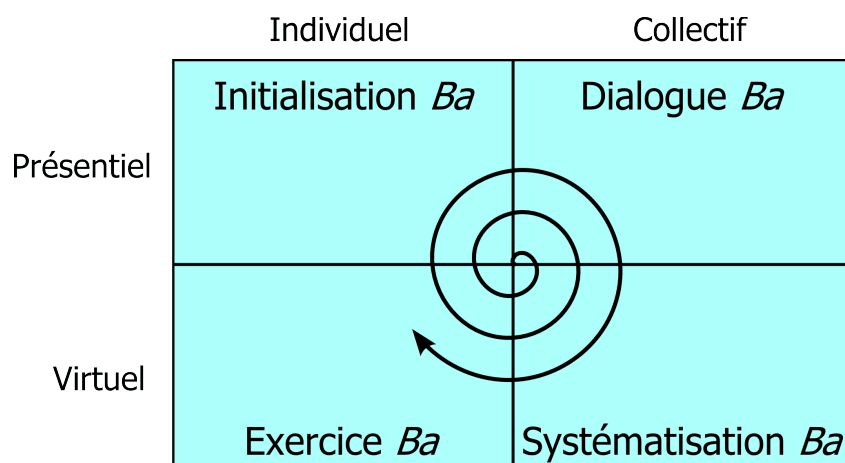


Figure 1.3.2 : types de *Ba*

L'exemple proposé par les auteurs touche au commerce de proximité :

- Initialisation : c'est l'environnement commun d'interaction, ici, le magasin
- Dialogue : les échanges verbaux des employés pour estimer des prévisions de vente
- Systématisation : les prévisions explicitées sous forme de chiffres sont comparées aux résultats réels et partagées
- Exercice : à partir de ces informations, le personnel s'adapte et raffine son modèle interne d'élaboration des prévisions

Là encore, le dispositif évolue sous la forme d'une spirale vertueuse.

### 1.3.1.3. Limites du modèle SECI

Nonaka et Takeuchi ont travaillé essentiellement dans un contexte d'entreprise japonaise. Les objectifs ne sont pas les mêmes que dans le cas du e-learning à vocation instrumentale. Pourtant, il est possible de trouver des points de rapprochement avec le milieu entrepreneurial : par exemple, proposer une définition du concept de rentabilité sous la forme de progrès accomplis par l'élève par rapport au temps passé à apprendre.

En fait, c'est plutôt au niveau de l'usage en vigueur dans une organisation que le système peut ou pas présenter des lacunes. Ainsi, dans le système japonais, un employé est dévoué à sa compagnie et y travaille en général toute sa vie, ce qui crée un contexte très favorable pour un tel processus. La culture japonaise insiste d'ailleurs très fortement sur la valeur des connaissances tacites. On ne peut en dire autant de la culture européenne (hors anglo-saxonne) et française tout particulièrement, qui promeut l'explicitation des connaissances et ne les reconnaît qu'à travers ce travail. Il n'y a qu'à voir le processus d'évaluation de la recherche en France pour s'en persuader ou simplement le mode d'évaluation pour l'obtention d'un diplôme à l'Université. C'est le savoir théorique qui prime sur le savoir-faire.

Néanmoins, concernant notre cas, nous sommes plus proche du modèle japonais que d'autres disciplines car la musique, comme on le verra, ne peut se satisfaire de la théorie. La place de l'expérience est prépondérante comme l'illustre bien l'expression anglo-saxonne « *learning by doing* ».

La structure proposée par les auteurs présente un problème à un autre niveau : elle est en opposition avec la conceptualisation de Polanyi (Polanyi, 1967). En effet, ce dernier affirme que la connaissance tacite ne peut être explicitée parce qu'elle ne peut être matérialisée et écrite, ce qui pose problème pour l'étape d'externalisation dans le cycle. Cela dit, pour d'autres auteurs comme (Teece, 1998) ou (Huang, 1997), ce n'est pas déterminant car si le problème se pose dans un environnement générique, dans des contextes spécifiques, il est possible de trouver des sous-processus qui fonctionnent, en se basant sur les usages en vigueur dans la discipline étudiée.

Maintenant, nous allons voir comment cette démarche s'articule dans le contexte qui nous intéresse.

### 1.3.2. Application à l'apprentissage et à l'e-learning

Ivergard (Ivergard *et al*, 2004) part du modèle de l'apprentissage par Raelin (Raelin, 1997) et l'enrichit pour montrer la dynamique de l'acquisition des connaissances.

Le modèle initial comprend deux parties :

- le savoir (Knowledge), qui, dans cette proposition est tacite ou explicite, comme le présentent Nonaka, Polanyi ou encore Leonard-Barton
- l'apprentissage (Learning) : de façon duale, il est théorique ou pratique, sachant en fait qu'il s'agit la plupart du temps d'une combinaison des deux, dont la répartition dépend fortement du contenu lui-même de la discipline

Cet ensemble donne lieu à une matrice 2x2 supportant quatre sections :

- la conceptualisation : savoir explicite travaillé grâce à la théorie
- l'expérimentation : application théorique qui découle du savoir tacite
- l'expérience : application pratique du savoir tacite
- la réflexion : application pratique du savoir explicite

A cela, Ivergard ajoute une dynamique (1.3.3), dressant ainsi un parallèle intéressant avec le modèle SECI. Il prend en compte l'activité générée du côté de l'apprenant en la décomposant en quatre éléments d'apprentissage :

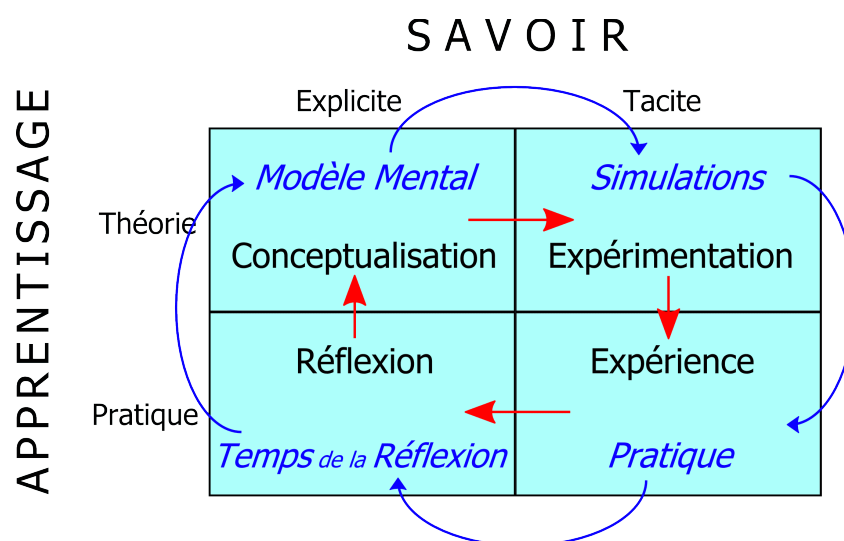


Figure 1.3.3 : modèle de Raelin, modifié par Ivergard *et al*

- les modèles mentaux : ils constituent la conceptualisation du savoir explicite travaillé grâce à la théorie
- les simulations : elles constituent l'expérimentation de l'application théorique du savoir tacite
- la pratique : c'est l'accroissement de l'expérience par l'application pratique du savoir tacite
- le temps de la réflexion : c'est la réflexion à partir de l'application pratique du savoir explicite

On a donc deux cycles qui se complètent :

- le premier, à l'intérieur, montre le développement de l'apprentissage en savoir
- le second, à l'extérieur, montre le développement de l'apprentissage grâce à la pratique

Si le dispositif de Nonaka et Takeuchi, puis celui de Raelin et Ivergard donne la marche à suivre globale, voire du point de vue théorique, il reste nécessaire de s'attarder sur les outils à utiliser du point de vue pratique dans la gestion de la connaissance. Bien entendu, nous nous focaliserons sur la déclinaison numérique de ces outils.

### 1.3.3. Outils de la gestion des savoir-faire

L'ordinateur, au sens originel du terme, est l'instrument par excellence en matière d'organisation des données. Grâce à lui, il est possible de bâtir des modèles des connaissances, à partir de plusieurs outils de base. Pourtant, le premier critère à prendre en compte est l'humain, puisqu'il doit être en mesure d'oublier l'interface informatique pour travailler à l'extraction de son savoir sous une forme qui lui convienne.

Les outils de la gestion des savoir-faire peuvent donc être multiples et variés puisqu'il leur suffit d'être jugés utiles par un individu pour atteindre ce but pour être adoptés. Chacun a ses usages. Néanmoins, on essaiera ici d'évoquer les plus courants ainsi que ceux qui ont le meilleur potentiel d'utilité, probablement au prix d'une adaptation à l'aspect tacite de notre domaine d'étude.

#### 1.3.3.1. Carte heuristique

Plus connue sous le nom de *Mind Map*, la carte heuristique, formalisée par Tony Buzan dans les années 70 (Buzan *et al*, 2006) est une sorte de topographie mentale qui représente sous la forme d'un diagramme un concept central et son organisation hiérarchique par rapport à tous ceux qui l'entourent. Elle peut être augmentée : une couleur ou une forme particulière est alors associée à une famille de concepts afin de faciliter son repérage et sa classification pour celui qui utilise la carte. Elle trouve son origine dans le fonctionnement même du cerveau humain. En effet, des études citées par Buzan montrent que l'on a tendance à utiliser l'hémisphère gauche (rationalité, logique) au détriment de l'hémisphère droit (créativité, synthèse).

La carte heuristique, en tant que représentation, permet également une forme de communication de groupe, par exemple en tant que support dans le modèle SECI.

Elle souffre néanmoins de défauts. Tout d'abord, elle perd rapidement en efficacité lorsque les entités présentes commencent à être trop nombreuses. La valeur seuil dépend du public à qui elle est présentée. Elle est plus élevée lorsque la carte est construite en présence de ceux qui vont l'utiliser, ce qui favorise l'utilisation dans le cycle de Nonaka et Takeuchi. La raison de cela est le fait que la co-construction fait partie d'une expérience dans laquelle la

vue, l'ouïe et parfois le toucher ont été mis en jeu simultanément. La carte est donc plus un outil de « bloc note » graphique, qui permet de se rappeler de certains événements : elle est utilisée en quelques sortes pour pallier à des défaillances de la mémoire.

Il faut toutefois préciser que les outils numériques de construction rendent ce système plus interactif puisqu'il est possible de masquer certaines parties ou de faire apparaître de l'information supplémentaire en fonction des actions de la souris, voire de les lier à des ressources externes, comme des liens hypertextes. La 1.3.4 en est un exemple réalisé avec le logiciel Open Source Freemind<sup>1</sup>. Même si le texte est petit sur la page, on peut saisir immédiatement l'arborescence autour du nœud « Guitare ». Le système de nuage coloré renforce la perception de la classification. De même, chaque nœud peut être plié pour cacher ses fils pour plus de clarté. Pour faciliter la lecture pour l'utilisateur, il est ainsi possible de créer une dynamique de développement progressif des concepts. C'est ce qu'on peut voir dans le nuage « Acteurs », sous la forme d'un petit cercle qui termine la branche de l'arbre : les nœuds « Interprètes célèbres » et « Compositeurs et interprètes célèbres » sont fermés alors que « Compositeurs célèbres », qui est du même niveau hiérarchique est ouvert, mais pas ses fils.

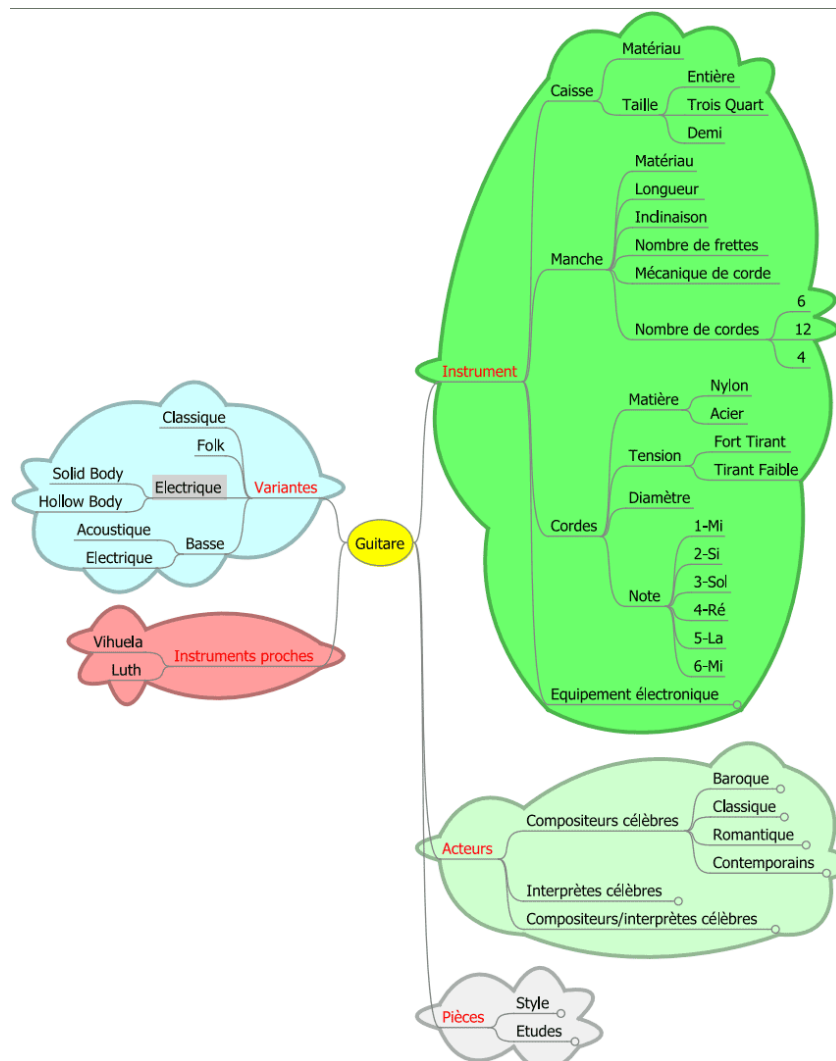


Figure 1.3.4 : exemple de carte heuristique sur la guitare

Le problème est encore plus grand lorsque l'on touche aux savoir-faire. Comme son nom anglophone (*mind* : esprit) l'indique, elle est peu adaptée aux concepts pratiques mais plutôt

1 <http://freemind.sourceforge.net>

à ce qui doit être intellectualisé. On ne peut donc pas voir la carte heuristique comme un outil global, mais permettant de faciliter la transmission de la partie la plus théorique des concepts pratiques.

### 1.3.3.2. Communautés de pratique

La communauté de pratique n'est pas un outil au même niveau que les *mind map*, par exemple. C'est une plutôt une organisation qui favorise un certain nombre d'échanges entre ses membres ayant pour conséquence la transmission de savoir, explicite ou tacite, ce qui nous intéresse particulièrement ici.

Etienne Wenger (Wenger, 1998) la définit comme une communauté d'individus qui partagent une pratique selon trois dimensions :

- la thématique centrale du groupe : elle est renégociée en permanence par les membres
- son fonctionnement : les relations d'engagements mutuels qui lient les membres dans l'entité sociale
- les capacités créées : le répertoire partagé des ressources communes produites.

Ces dernières sont aussi bien physiques qu'abstraites : tout type de contenu est acceptable dans la mesure où il permet au groupe de progresser sur son terrain d'étude.

La 1.3.5 montre les étapes du fonctionnement d'une communauté de pratique selon Wenger. Cinq temps sont distingués :

- Potentiel : c'est le moment où les futurs membres réalisent qu'ils sont face à une problématique partagée et qu'ils gagneraient à collaborer
- Coalescent : c'est la phase de réunion et de formation de la communauté, de ses objectifs et ses règles de fonctionnement
- Actif : c'est le temps le plus fort puisque c'est celui de l'action, qui se traduit par du travail aussi bien intellectuel que manuel. Il peut déboucher sur la réalisation de prototypes, la création de procédés ou tout simplement d'une expérience partagée avec les membres, sans trace physique particulière (documentation)
- Dispersé : lorsque la problématique principale a trouvé une réponse globale, chacun l'implémente à son niveau local. Les contacts avec la communauté se réduisent mais persiste à travers des réunions ou des sollicitations ponctuelles
- Mémoire : les membres se souviennent de l'expérience partagée et tentent de la transmettre à des niveaux plus ou moins élaborés

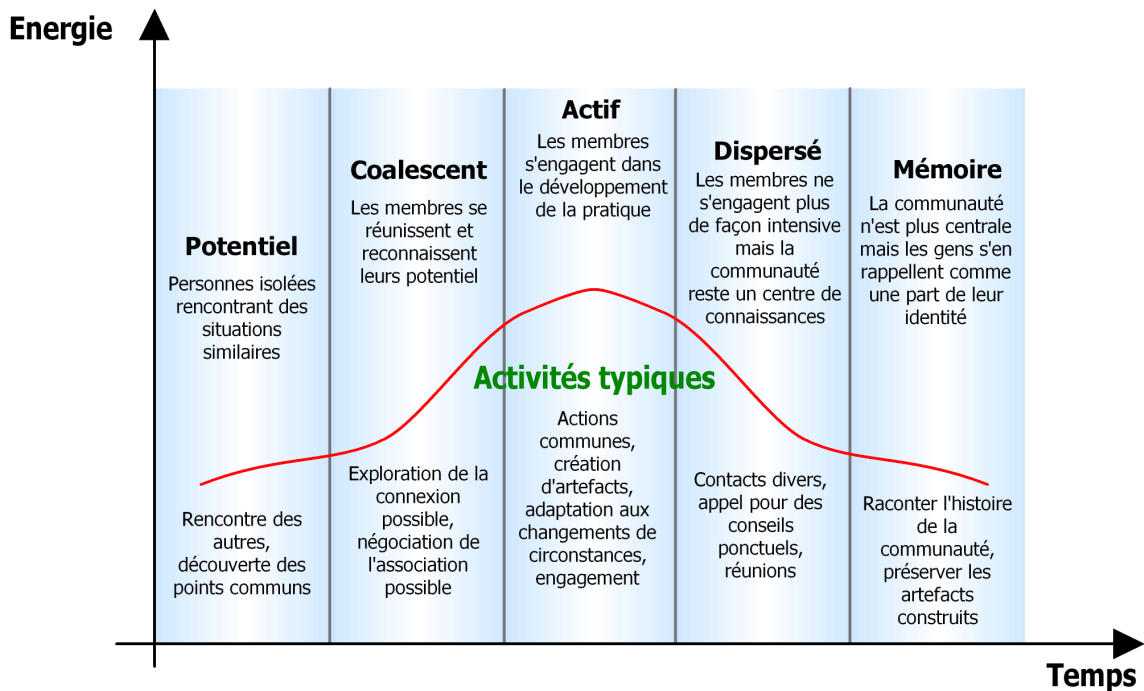


Figure 1.3.5 : étapes du développement d'une communauté de pratique (Wenger, 1998)

Ce qui est particulièrement intéressant de notre point de vue, c'est que chaque phase peut se voir instrumentée par des intermédiaires numériques. Ces derniers ont l'avantage de faciliter l'activité de mémoire, bien que celle-ci peut n'être efficace que pour les membres qui ont vécu l'expérience. On peut citer un certain nombre d'outils parfois très simples, mais suffisants :

- le courrier électronique : il est à l'échelle de la personne et constitue donc une ressource personnelle privée
- les forums et plus généralement les CMS<sup>2</sup> : ils peuvent être le ciment de la communauté puisqu'il s'agit d'artefacts publics et asynchrones, agissant ainsi comme des dépôts
- La messagerie instantanée (genre MSN) et le chat : le côté immédiat synchrone de la communication est un besoin vital dans la réalisation de certaines actions. Le fait que le contenu soit textuel permet un archivage numérique facilité. Qui plus est, tous les logiciels du genre permettent de savoir qui est en ligne, c'est-à-dire qui est devant son ordinateur, ce qui renforce l'esprit d'équipe et diminue l'isolement lorsque plusieurs personnes travaillent sur le même projet
- Multimédia : audio et vidéo sont indispensables pour garder une trace de ce qui ne peut s'écrire mais qui a une existence visuelle ou orale. Dans ce contexte, on pense particulièrement à la VoIP<sup>3</sup>, qui est de plus en plus répandue et qui sert de base pour les audio et vidéoconférences

Finalement, les communautés de pratiques n'ont rien de nouveau : elles ont toujours existé sans avoir de nom particulier et chacun fait partie d'une ou plusieurs d'entre elles.

2 Content Management System : littéralement, Système de Gestion de Contenu. Solution de publication web intégrée permettant de gérer la vie d'une communauté en ligne. Un CMS est généralement composé de modules (forum, téléchargements, actualités, multimédia...) qui sont administrés depuis une interface web également. Les utilisateurs sont invités à se créer un compte auquel sont associés des privilèges en fonction du rôle dans la communauté.

3 Voice Over IP : voix sur IP, c'est-à-dire communication vocale utilisant le protocole Internet

### 1.3.3.3. Bases de connaissances

Ce terme renvoie à la notion de classification des connaissances grâce à un intermédiaire informatique. C'est une activité de gestion avec des tâches acquisition (modélisation, description) et de traitement des connaissances (induction, déduction, comparaison). Elle repose sur le savoir d'experts du domaine, capables d'établir une cartographie acceptable pour tous les utilisateurs à partir d'une ontologie.

La force du système repose aussi sur les relations qui peuvent être faites entre les échantillons d'information de la base, afin de déduire de nouvelles connaissances ou encore adapter le contenu automatiquement à des évolutions.

Les bases de connaissances ne doivent pas être confondues avec les systèmes experts qui fonctionnent eux de manière purement logique et autonome : la machine répond à une requête par rapport à un modèle logique implémenté et des données. Il ne cherche pas à déduire de nouvelles règles ou s'adapter.

De par leurs natures, l'un et l'autre sont très bien adaptés à la gestion des connaissances en général, mais la situation est beaucoup plus nuancée en ce qui concerne les savoir-faire en raison de la difficulté de la représentation textuelle.

Les bases de connaissances se prêtent plus facilement à cet exercice en raison de l'adaptation dont elles peuvent faire preuve. Ainsi, l'adjonction de composants multimédia facilite cette tâche, comme on peut le voir dans IKBS (Conruyt *et al*, 2003) à la 1.3.6. Ce logiciel développé à l'IREMIA a pour application principale l'explicitation des connaissances d'experts sur les coraux des Mascareignes. Il est basé sur un modèle descriptif créé par un ou plusieurs experts et une base de cas issue de nombreuses observations du terrain enrichie d'éléments multimédia. Ainsi, il est possible de l'utiliser pour faciliter la reconnaissance d'espèces observées en situation réelle par des non-spécialistes.

La 1.3.6 permet de voir, dans la fenêtre du fond, une partie du modèle descriptif des coraux de type *Pocillopora*. Le point de départ est la racine de l'arbre située à gauche. Les nœuds correspondent aux caractéristiques visibles d'un individu. Ils sont donc parcourus progressivement horizontalement et les feuilles terminales aboutissent à une des espèces de ce genre. Chaque nœud possède un panneau de propriétés dont la fenêtre de droite constitue un exemple. Celle-ci permet de faire le lien avec le terrain grâce à des composants multimédias qui peuvent se rajouter en renfort quand les mots ne sont pas suffisamment explicites. On peut donc voir la présence d'un onglet et d'un menu supérieur « Illustrations » dans cet exemple, montrant la caractéristique concernée par le nœud dans différents cas de figure.



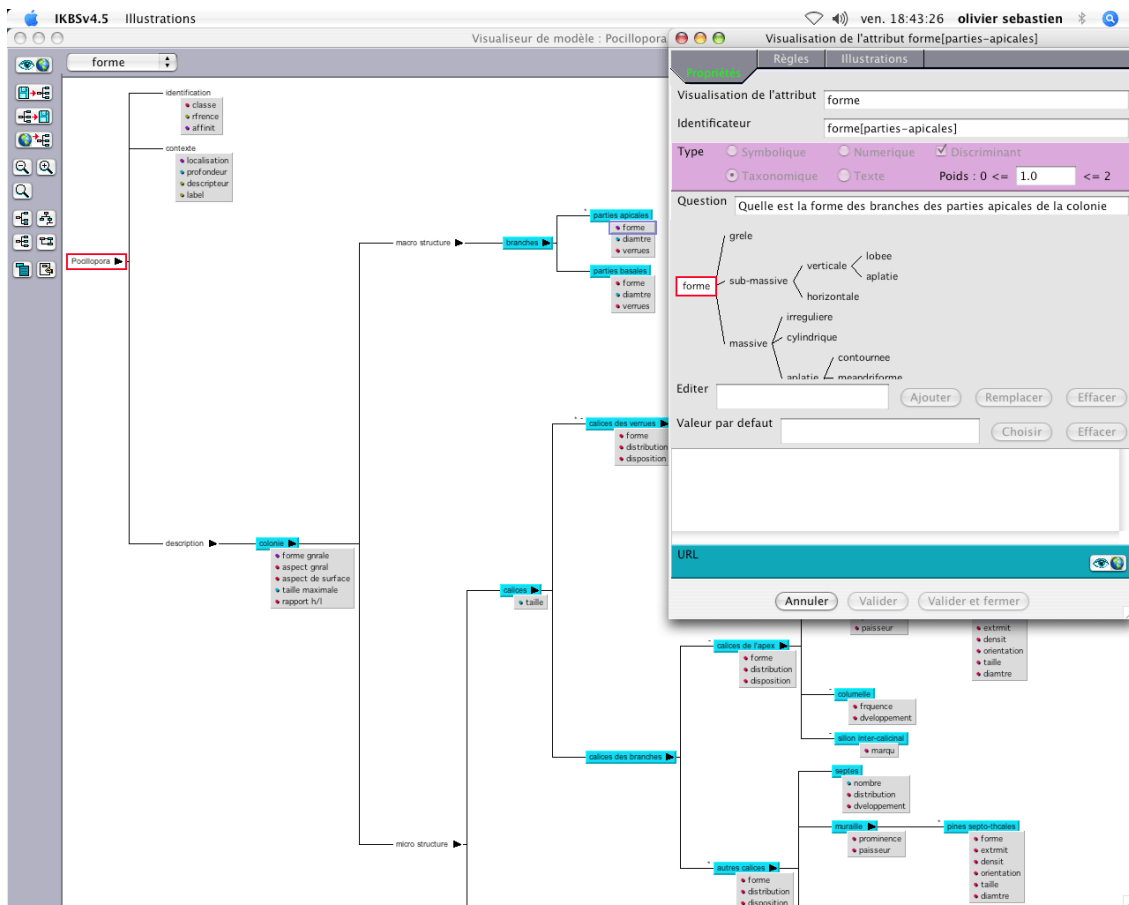


Figure 1.3.6 : système de base de connaissances IKBS utilisé pour la description des coraux : application à Pocillopora (extrait)

Grâce à un tel dispositif, un néophyte peut se familiariser avec les termes scientifiques à partir d'une observation qu'il a lui-même faite et rattache donc ainsi la théorie et la pratique. Il s'en suit le développement d'un savoir-faire dans ce domaine. La construction est doublement itérative :

- le ou les experts bâtissent, à partir de leurs connaissances, un modèle descriptif. Cette première tâche est extrêmement complexe, ne serait-ce que par la difficulté de s'entendre sur des choix communs. C'est donc la première itération puisque l'élaboration du modèle se fait par essais / erreurs : dès qu'un cas choisi n'est pas compatible avec le modèle, il faut le corriger
- une base de cas est renseignée, par le ou les experts, bien sûr, mais aussi par des amateurs éclairés qui souhaitent partager leur expérience de terrain. Ces personnes mettent également à disposition les médias qu'ils ont pu produire afin de faciliter l'utilisation ultérieure du système
- les données étant structurées, IKBS est capable de générer un questionnaire à partir duquel des non-spécialistes vont pouvoir identifier les spécimens qu'ils ont rencontrés. La deuxième itération vient du fait que de nouveaux cas sont ainsi rajoutés continuellement. Le système évolue alors en permanence pour affiner sa robustesse

Les limites du dispositif se situent au niveau de l'adaptation du système au savoir tacite qui, par définition, n'est pas exprimé. Dès lors, la structuration est forcément partielle voire impossible. Il semble donc important d'avoir un système qui soit plus tolérant, ou humble

puisqu'on doit admettre que toute connaissance ne peut se représenter sous une forme aussi stricte.

#### 1.3.3.4. Discussion

Les outils que nous avons présentés ont deux particularités :

- Ils ne sont pas explicitement dédiés à la transmission des savoir-faire mais détournés pour cet usage, éventuellement au prix d'une adaptation.
- Ils ont une tolérance à l'incertitude, c'est-à-dire que l'information qui y est manipulée peut être modifiée ou plutôt corrigée aisément car elle n'a pas de valeur immuable, comme par exemple, des propriétés mathématiques.

Nous affirmons que cette capacité à gérer ce qui est « flou » ou non explicite est nécessaire en raison de la teneur de la connaissance tacite. Il n'existe pas d'outil particulièrement dédié aux savoir-faire. Dès lors, pour avoir une chance d'y arriver, il faut un système capable de saisir un maximum d'informations, charge à l'apprenant de filtrer grâce à son expérience, ce qui doit être assimilé. C'est le courant du constructivisme qui est utilisé ici, en matière d'apprentissage.

En effet, le professeur ne peut pas transmettre directement son savoir à l'élève. Par contre, il crée les conditions dans lesquelles l'élève va pouvoir vivre des activités qui vont lui permettre de créer ses connaissances. Dans le constructivisme, l'apprenant fabrique lui-même sa réalité, l'enseignant agissant comme un guide.

Nous ne dirons pas que ce courant est le plus efficace quel que soit le type de savoir : l'échec de la méthode globale<sup>4</sup> à l'école primaire en atteste, par exemple, mais il se trouve que pour les savoir-faire, étant donné leur nature, c'est probablement la méthode la plus efficace et en tout cas, celle que l'on retrouve dans les écoles de musique. En fait, la situation est un peu plus complexe puisqu'il y a toujours une part, plus ou moins grande, de théorie dans cet apprentissage. Nous allons tenter d'explicitier cette articulation.

## 1.4. Application à la musique

Nous avons choisi la musique comme terrain d'expérimentation représentatif de nos travaux sur les savoir-faire. Il convient ici de justifier ce choix.

### 1.4.1. Pourquoi la musique?

Du point de vue subjectif, la principale raison à invoquer pour justifier ce choix est le fait que nous pratiquons cette activité depuis de nombreuses années et sommes donc en mesure d'identifier les problèmes qui se posent dans la transmission de ce savoir. De même, nous avons connaissance des méthodes traditionnelles utilisées dans les écoles de musique puisque nous les avons vécues.

D'un point de vue plus objectif, la musique est une activité artistique requérant simultanément des compétences théoriques et des compétences pratiques, ce qui en fait un domaine finalement difficile à appréhender car les deux dimensions doivent s'appliquer en même temps, on ne peut pas travailler l'une sans l'autre. Cette contrainte nous paraît intéressante car on peut alors imaginer que les solutions que nous trouverons pourront

<sup>4</sup> La méthode globale est l'une des techniques pour apprendre la lecture à l'école primaire. Elle repose sur la reconnaissance du dessin des mots dans le texte. L'enfant fait donc travailler sa mémoire visuelle et ne cherche pas à comprendre la structure syllabique des mots, contrairement à la méthode analytique traditionnelle, dans laquelle on apprend d'abord le fonctionnement de l'articulation consonnes/voyelles avec les traditionnels  $B+A=BA$ ,  $B+I=BI$ ,  $B+U=BU$ , ...

s'adapter aisément à des cas moins exigeant (« qui peut le plus peut le moins »). Voyons en détail les caractéristiques de cette alliance théorie/pratique afin d'expliquer pourquoi on ne peut les dissocier.

#### 1.4.1.1. Compétences théoriques

Elles relèvent de la compréhension du message musical à créer ou à reproduire. Avant toute interprétation, un musicien doit pouvoir se représenter mentalement le rythme, le tempo et l'harmonie de ce qu'il s'apprête à jouer. Précisons à ce stade qu'il ne s'agit pas d'une question de théorie de la musique ou de solfège mais bien de conceptualisation intellectuelle indépendante de toute écriture. Ainsi, un enfant pourra posséder cette compétence, sans savoir lire ou même être capable d'en parler avec des mots. Néanmoins, on ne pourra s'empêcher, dans les cas suivants, de recourir à des extraits de partition, faute de mieux.

Prenons un premier exemple rythmique pour illustrer notre propos : le « trois pour deux ». Cette figure est réputée pour être d'abord un problème de figuration mentale. Elle consiste à superposer trois battements sur deux temps (1.4.1).

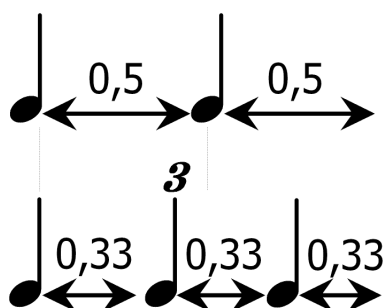


Figure 1.4.1. : le « trois pour deux »

L'exercice habituellement demandé est donc de battre la première ligne ci-dessus d'une main et la seconde de l'autre, ce qui demande un entraînement particulier pour que chaque main possède son indépendance rythmique, tout en respectant le tempo : le premier temps est le même pour les deux. De ce point de vue, il est intéressant de noter que cette charge cognitive varie aussi énormément en fonction des cultures. Ainsi, à l'île de la Réunion, les pays du Maghreb ou en Amérique du Sud, ce genre de rythme appartient à la musique traditionnelle. Les élèves éprouvent donc moins de difficulté à réaliser intellectuellement cette superposition.

Voyons à présent un deuxième exemple qui montre ce que peut être la compréhension du message musical. Considérons la première phrase de la petite Fugue en sol mineur pour orgue BWV 578 de Bach dont les premières mesures sont proposées à la 1.4.2.

Cette pièce, comme analysé sur le site de l'Académie de Reims (voir bibliographie), comporte quatre voix. On constate, aussi bien à l'écoute qu'à la lecture de la partition, que le thème est exposé une première fois tout seul au début, puis qu'il est transposé et répété tout de suite après à la basse. L'interprète doit donc faire ressortir ce fil conducteur le long de la pièce et finalement être capable de suivre le cheminement mélodique, quel que soit sa voix. La 1.4.2 met en évidence cette particularité puisqu'on y voit les deux expositions du thème, et ce malgré la transposition qui fait que ce ne sont pas exactement les mêmes notes qui sont jouées.

Figure 1.4.2. : premières mesures de la fugue en Sol mineur de Bach

Beaucoup d'autres informations peuvent être dégagées par le musicien autour de la pièce de par sa perception, dont certaines relèvent de la musicologie et de la théorie musicale. En effet, du point de vue de l'apprentissage par exemple, le fait de savoir que c'est une fugue indique sa structure, on aura trois parties : exposition, développement ou divertissement et coda. De même, la double exposition du thème évoquée ci-avant est-elle attendue car elle fait partie du jeu de sujet/réponse de la fugue. Enfin, en sachant que la règle est que la réponse soit à la dominante, il n'est pas surprenant de passer de sol mineur à ré mineur. Tout cela constitue autant de points de repère qui balisent la progression dans l'œuvre.

Sans intention musicale pour faire ressortir toutes ces richesses voulues par le compositeur, la pièce n'est qu'une succession d'événements sonores privés de sens et dont le déroulement ne peut être perçu par les auditeurs. Cela n'est possible que si l'interprète les ressent lui-même.

#### 1.4.1.2. Compétences pratiques

La dimension pratique liée à la musique semble évidente puisqu'elle est physiquement perceptible : c'est le jeu de l'instrument. Elle repose sur des mouvements (ou combinaisons de mouvements), de formes variées et plus ou moins visibles. Citons les plus connus :

- Pression/pincé : guitare, piano
- Frappe : percussions
- Déplacement : trombone, ondes Martenot
- Souffle : flute, saxophone, voix

L'acquisition de cette compétence est donc très physique et repose sur la répétition des bons gestes jusqu'à ce que le résultat auditif soit convenable. Ce qui peut exiger un temps de pratique très long. Ainsi, pour la guitare classique, le cursus de Conservatoire réclame 3 cycles de 3 années minimum pour faire le tour des grandes techniques de l'instrument.

Illustrons ce propos par deux exemples de la coordination nécessaire pour pratiquer cette activité. Le premier est la harpe (1.4.2) :



Figure 1.4.3. : cas de la harpe

Cet instrument constitue un cas intéressant car un certain nombre d'habitudes d'évolutions « naturelles » du corps doivent être refoulées pour acquérir la dextérité nécessaire :

- Tout d'abord, il semble plus habituel, du moins pour les Occidentaux, de travailler dans un plan horizontal par rapport au corps. Ainsi, les pages d'un livre se tournent par rapport à un axe vertical et la lecture elle-même se pratique de gauche à droite (ou de droite à gauche en arabe). Les tables sont plus longues que larges. La harpe casse ce modèle puisque l'instrument se place verticalement par rapport au musicien. Il faut donc développer sa capacité à faire des mouvements précis dans cette dimension.
- Il se pose ensuite une question d'atteinte des notes extrêmes. Du point de vue cognitif, elles demandent presque tout le temps un effort particulier (dans les graves et dans les aiguës) pour les jouer, ne serait-ce qu'avec la voix. Ce qui n'est pas le cas de la partie centrale de la tessiture. On peut, pour s'en convaincre, penser aussi au clavier du piano : il faut étendre les bras pour aller les chercher. Or, à la harpe, ce n'est pas le cas car il y a une dissymétrie dans la facilité du jeu : les notes hautes sont les plus proches du musicien, donc d'un accès facile, alors que les notes basses demandent un effort pour être atteintes. Il faut donc, lorsqu'on est débutant, lutter contre la tentation d'éloigner la main de son corps pour atteindre les notes plus aiguës. On retrouve, dans une certaine mesure, la même dissymétrie à la guitare, mais renversée : ce sont les notes graves qui sont les plus simples à reproduire.

L'effet n'est par contre pas aussi perturbant car le déplacement de la main se fait sur un axe horizontal.

Dans la mesure où l'outil informatique sera central dans la gestion de l'apprentissage de tous ces mécanismes aussi bien physiques qu'intellectuels, il convient à présent d'étudier les différents types de représentation de l'information utile dans un tel système.

### **1.4.2. Représentation numérique de l'information musicale**

Nous souhaitons évoquer dans cette section les différentes solutions permettant le stockage et la manipulation de données relatives à la musique dans un système d'information. Il ne s'agit pas ici de traiter directement la conversion des conventions de notations de la musique de l'humain (qui seront étudiées dans au chapitre suivant) vers la machine. Après tout, cette dernière n'a pas forcément besoin de la même structuration. Néanmoins, nous aurons tout de même à cœur de mettre en relation le modèle interne (la symbolique associée) à la représentation concrète (visuelle et/ou auditive) qu'elles permettent de générer car cette dernière sera finalement la seule perçue par les usagers, qui sont avant tout des musiciens, pas des informaticiens.

Deux grandes catégories de représentations coexistent : la première consiste en des enregistrements de performances réelles prises de façon isolées, sans structuration : c'est ce que nous appellerons le codage naturel. La deuxième est basée sur de la description textuelle se construisant sur un modèle, encore appelé codage synthétique.

Le premier est une capture de la réalité, le second repose sur de la synthèse (déshumanisée). Ce qui nous intéresse, c'est de construire le meilleur compromis entre les deux.

#### **1.4.2.1. Médias numériques isolés**

Il s'agit ici de la simple action d'enregistrer dans un système numérique le son et/ou l'image de l'interprétation d'une pièce par un musicien. Cela peut paraître extrêmement banal au regard des objectifs fixés, mais nous sommes obligés de prendre en considération cet élément pour deux raisons principales :

- De nos jours, l'opération est à la portée de tous, que ce soit en termes d'équipement qu'en termes de compétences nécessaires
- Les fichiers produits sont extrêmement simples à comprendre puisqu'ils ne nécessitent pas de connaître un code/langage pour les percevoir. De même, l'équipement nécessaire pour les relire est extrêmement commun de nos jours

Le revers de la médaille est l'absence quasi-totale de meta-données, d'informations interprétables par le système : le modèle interne est uniquement basé sur des variables physiques : intensité du signal, codage de couleurs, canaux, ... La machine n'a pas « connaissance » de la composition sémantique du contenu.

#### **1.4.2.2. Fichiers MIDI**

La norme MIDI (pour Musical Interface Digital Instrument) a été créée en 1983 par plusieurs fabricants de matériel électronique pour la musique emmenés par Dave Smith de Sequential Circuit. Leur but était de créer un protocole de communication commun entre équipements de marques différentes. En 1989, le MIDI Consortium propose un format de fichier standard, le MIDI file. Ce dernier propose une architecture d'enregistrement des données sous forme de canaux : un canal représente un instrument ou une cible.

Event Start	Duration	Val. 1	Val. 2	Val. 3	Status	Chnl.
1.1.0	--	26	--	--	PrgChange	1
1.1.0	--	7	101	--	MainVolume	1
1.1.0	--	10	64	--	Pan	1
1.1.0	1152	D2	64	0	Note	1
1.1.0	384	D3	69	0	Note	1
1.2.0	384	A2	65	0	Note	1
1.3.0	384	E3	67	0	Note	1
2.1.0	1152	D2	64	0	Note	1
2.1.0	384	F#3	69	0	Note	1
2.2.0	384	D3	65	0	Note	1
2.3.0	384	A3	67	0	Note	1
3.1.0	1152	D2	64	0	Note	1
3.1.0	384	F#3	69	0	Note	1
3.2.0	192	F#3	65	0	Note	1
3.2.192	192	G3	64	0	Note	1
3.3.0	384	A3	67	0	Note	1
4.1.0	1152	A1	64	0	Note	1
4.1.0	192	E3	69	0	Note	1
4.1.192	192	D3	64	0	Note	1
4.2.0	192	E3	65	0	Note	1
4.2.192	192	F#3	64	0	Note	1
4.3.0	384	E3	67	0	Note	1
5.1.0	1152	D2	64	0	Note	1
5.1.0	384	D3	69	0	Note	1

Figure 1.4.4 : représentation de l'information dans un fichier MIDIfile : premières mesures du Menuet de Robert de Visée

Le fichier MIDI file est interprété par un générateur de son (synthétiseur). On voit donc ici une limitation imposée par sa nature : il ne peut s'agir d'enregistrement réel.

Cette initiative est néanmoins intéressante car c'est l'une des premières à proposer l'écriture d'événements musicaux. Malheureusement, ceux-ci sont limités aux contrôles prévus par la norme MIDI. Cette dernière, par exemple, ne gère pas la relation avec les aspects graphiques, ce qui est finalement normal étant donné ses objectifs.

Du point de vue conceptuel, les données sont présentées sous forme hexadécimale. Les logiciels supportant le MIDI permettent de les afficher sous forme de messages plus explicites, comme le montre la 1.4.4. En dehors des notes, il existe de multiples messages de contrôle, permettant de faire évoluer volume, panoramique, effets, caractéristiques de la piste, du générateur, ... A chacun de ces événements est associé un placement temporel (colonne 'Event Start'). La métrique utilisée étant surtout adaptée à la musique :

`<numéro de mesure>:<temps (battement)>:<nombre de ticks>`

Le *tick* est l'unité de base du format MIDI, sa résolution. Il peut varier en fonction des logiciels. Bien entendu, en ayant la signature temporelle et le tempo, on peut passer du temps musical au temps absolu.

Le format MIDI file mérite de figurer dans cette étude car c'est le plus répandu en matière d'échange de fichiers décrivant des pièces. Tous les systèmes actuels peuvent le relire et les logiciels d'édition sont très répandus et simples à utiliser pour qui veut produire du contenu. Ce qui veut dire qu'en la matière, la méthodologie utilisée fait partie de l'usage en vigueur, sur lequel il faudra certainement s'appuyer, quel que soit le type de représentation choisi. En contrepartie, même si les musiciens ne le remarquent pas, ce standard est très rustique. Dans certains cas, la programmation passe par l'envoi de chaînes hexadécimales, les *SysEx* (*System Exclusive*), qui sont spécifiques à chaque matériel.

Après plus de 20 ans sans évolution majeure, la norme MIDI est mise à jour en profondeur en étant absorbée dans le format OSC (*Open Sound Control*), qui gère la communication avec un réseau IP tout en permettant de transférer un panel de données beaucoup plus large (Phillips, 2008), s'ouvrant vers le multimédia dans toutes ses dimensions, plus uniquement sonore. Malheureusement, pour l'instant, elle n'est pas supportée par les ténors

du marché (éditeurs de logiciels phares et fabricants de matériel), on ne saurait donc se prononcer sur son adoption.

#### 1.4.2.3. Formats propriétaires des séquenceurs

On peut les voir comme une extension des possibilités offertes par le format MIDI file puisque ces logiciels permettent aussi d'afficher ce type de données sous forme de partition ou autre. Les séquenceurs étaient initialement des « chefs d'orchestre » électroniques pour synthétiseurs, des blocs notes à données MIDI. Au fil des années, il a été offert la possibilité de rajouter des annotations musicales non liées à des contrôles MIDI, afin de faire de l'édition de partitions légère. C'est une des multiples raisons qui fait que les formats natifs des séquenceurs sont propriétaires par rapport au MIDI file. Actuellement, ils permettent de stocker simultanément les informations MIDI, la structure d'un morceau avec appel des fichiers audio quand nécessaires, les assignations, l'automation, les données de partition, les banques de son et instruments virtuels à charger, ...

Les ténors de la catégorie sont Steinberg Cubase (.cpr), Apple Logic (.lso), Mark of the Unicorn Digital Performer (pas d'extension (Mac)) et Digidesign Pro Tools (.ptf). On peut citer également pour le grand public, le format d'Apple Garage Band (.band), qui gère également la notation de façon basique.

Ces logiciels sont extrêmement populaires, c'est pourquoi les concepts qu'ils implémentent sont intéressants à reproduire puisqu'ils font partie des pratiques des utilisateurs.

#### 1.4.2.4. Formats propriétaires des éditeurs de partitions

Il s'agit des formats propres aux logiciels d'édition de partitions. Ces derniers sont sensibilisés à la traduction sonore de la représentation visuelle, fondée sur les conventions de notation occidentales notamment le système à 12 demi-tons égaux et la théorie musicale qui en découle (solfège). Leur problématique est finalement l'inverse de celle des séquenceurs puisque dans ces derniers, le but est de représenter, là encore sous forme solfégique, les événements ayant été joués en MIDI.

Ces formats sont tous binaires également. Le plus connu est généraliste (adapté à tous les instruments qui supportent l'écriture occidentale), c'est Finale, de l'éditeur MakeMusic (ex-Coda) dont les fichiers portent l'extension .mus. Son concurrent direct est Sibelius, de l'éditeur éponyme (.sib).

Au fil des années et au gré des alliances éphémères entre grands acteurs, il a existé un certain nombre de formats d'échanges, implémentant un jeu de fonctions réduit. On peut citer le format Enigma, par l'éditeurs de Finale, .etf (Coda, 1999), ou encore le NIFF (Notation Interchange File Format .niff) (Cahill, 1998). L'interopérabilité reste très moyenne. Il existe également une initiative libre autour du format Csound (Boulanger, 2000) afin de l'étendre à la notation.

Une des grandes forces de ce genre de logiciels, à l'instar des séquenceurs, vient du fait qu'ils sont utilisés en pratique, c'est-à-dire que les professionnels de la musique les connaissent et savent qu'il faut se tourner vers eux lorsque se pose la question de l'écriture de la musique. Ainsi, Finale est surnommé le « Word » de la musique, en référence au célèbre traitement de texte de Microsoft. De notre point de vue, c'est un facteur à prendre en compte dans notre étude car il fait partie des usages en vigueur, encore une fois.

Le revers de la médaille vient du fait que la musique dans cet univers est réduite à sa notation. La relation avec l'interprétation réelle (audio et vidéo) est limitée à sa plus simple expression : relire un fichier depuis le logiciel.



#### 1.4.2.5. SMDL

Le Standard Music Description Language est une des premières initiatives (milieu des années 80) visant à décrire sous forme de texte *human readable* des événements musicaux. Il est dérivé de SGML. Bien qu'étant laissé à l'abandon de nos jours, il préfigurait une structuration innovante car permettant de gérer aussi bien l'aspect notation que l'intégration à des éléments multimédia (sous forme d'extensions optionnelles – le MIDI étant privilégié). SMDL propose 4 domaines :

- logique (Cantus) : s'attache à décrire uniquement les événements musicaux, par opposition à la représentation d'une page. On y trouve donc le ton, la durée de la note, les accords harmoniques, les groupes de notes, les accents, les articulations, les tempos...
- visuel : malheureusement réduit à la mise en page de partitions
- gestuel : traite des interprétations, sorte d'instanciation du cantus, mais sous forme MIDI
- analytique : commentaires et analyses théoriques rattachés aux trois autres domaines

Cette vision servira d'inspiration à bien des formats qui seront proposés ultérieurement. C'est probablement l'absence d'implémentation solide de ce langage et donc l'inexistence de logiciels pour les producteurs de contenus (qui, rappelons-le, ne sont pas des informaticiens) qui ont causé sa perte (Desautels, 1999).

#### 1.4.2.6. MML et similaires

Ce paragraphe concerne le format Music Markup Language, une déclinaison de XML adaptée à la représentation musicale. En fait, plusieurs autres formats sont bâtis sur des fondations similaires tels que MusicML, MNML, MusiXML, ... Tous ces formats sont autonomes, c'est-à-dire que les médias qui peuvent leur être associés sont générés à partir des fichiers eux-mêmes (Haus & Longari, 2002). Il ne peut s'agir de rattachement à des fichiers existant, par exemple des interprétations audio ou vidéo.

#### 1.4.2.7. MusicXML

Promu par la société Recordare (Recordare, 2004-2008), ce format aurait pu faire partie du paragraphe précédent, mais il s'en distingue pour une seule raison : il est accessible au grand public. En effet, les éditeurs de partitions le supportent désormais, ce qui permet à n'importe qui de produire du contenu MusicXML sans changer ses habitudes, sa façon de travailler. Cela fait donc une différence de taille par rapport aux autres formats « en -ML ». Comme ceux-ci, il ne supporte pas l'intégration native avec d'autres médias. Il reste également cantonné à la musique occidentale et à la description de partitions, même si des passerelles existent vers d'autres types de représentations.

MusicXML est finalement complémentaire à la norme MIDI. Leur domaine d'action commun est le stockage des informations audibles de la partition. Le premier se consacre à leur écriture sur le papier alors que le second apporte comme spécificité la gestion des machines (synthétiseurs) qui vont restituer le son.

Finalement, MusicXML veut être le format d'échange de texte musical par excellence. En pratique, on se heurte à des différences assez importantes en matière de génération et d'interprétation du code produit.

Le Tableau 1.4.1 montre un extrait du code XML produit par deux logiciels, Guitar Pro et Finale, à partir de la même pièce, le Menuet de Robert de Visée. On a tronqué le fichier après les deux premières notes de la mélodie. Les options sont laissées par défaut.

Les meta-données fournies dans les entêtes respectives diffèrent déjà, bien qu'il y ait forcément beaucoup de points communs. Ensuite, on constate que le type de représentation n'est pas la même : Finale privilégie la notation solfégique alors que Guitar Pro décrit une tablature (avec l'accordage de chaque corde en préambule). Ce dernier ajoute même un attribut de dynamique (Forte) à chaque note, ce qui est problématique car l'importation dans Finale, Sibelius ou d'autres logiciels compatibles avec MusicXML révèle une prolifération des symboles, ce qui est inexploitable sans un « nettoyage » du fichier.

Un des points forts du format est aussi visible dans le code généré par Guitar Pro : il s'agit de la balise `<technical>`. Elle permet, en plus des notes, d'écrire comment les jouer sur l'instrument, ici la guitare. Cela suppose que cela soit prévu dans l'ontologie, ce qui est le cas pour les informations les plus courantes pour cet instrument (Recordare, 2008).

Guitar Pro	<pre> &lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?&gt; &lt;!DOCTYPE score-partwise PUBLIC "-//Recordare//DTD MusicXML 1.0 Partwise//EN" "/musicxml/partwise.dtd"&gt; &lt;score-partwise&gt;   &lt;work&gt;&lt;work-title&gt;Menuet&lt;/work-title&gt; &lt;/work&gt;   &lt;identification&gt;&lt;creator type="artist"&gt;Robert de Visée&lt;/creator&gt;     &lt;encoding&gt;&lt;software&gt;Guitar Pro 5&lt;/software&gt;       &lt;encoding-description&gt;MusicXML 1.0&lt;/encoding-description&gt;     &lt;/encoding&gt;     &lt;miscellaneous&gt;&lt;/miscellaneous&gt;   &lt;/identification&gt;   &lt;part-list&gt;&lt;score-part id="P1"&gt;     &lt;part-name&gt;Piste 1&lt;/part-name&gt;     &lt;score-instrument id="P1-I1"&gt;       &lt;instrument-name&gt;&lt;/instrument-name&gt;     &lt;/score-instrument&gt;     &lt;midi-instrument id="P1-I1"&gt;       &lt;midi-channel&gt;1&lt;/midi-channel&gt;       &lt;midi-program&gt;25&lt;/midi-program&gt;     &lt;/midi-instrument&gt;   &lt;/score-part&gt; &lt;/part-list&gt; &lt;part id="P1"&gt;   &lt;measure number="1"&gt;     &lt;attributes&gt;&lt;divisions&gt;2&lt;/divisions&gt;       &lt;key&gt;&lt;fifths&gt;2&lt;/fifths&gt;         &lt;mode&gt;major&lt;/mode&gt;       &lt;/key&gt;       &lt;time&gt;&lt;beats&gt;3&lt;/beats&gt;         &lt;beat-type&gt;4&lt;/beat-type&gt;       &lt;/time&gt;       &lt;clef&gt;&lt;sign&gt;TAB&lt;/sign&gt;         &lt;line&gt;5&lt;/line&gt;       &lt;/clef&gt;       &lt;staff-details&gt;&lt;staff-lines&gt;6&lt;/staff-lines&gt;         &lt;staff-tuning line="6"&gt;           &lt;tuning-step&gt;E&lt;/tuning-step&gt;           &lt;tuning-octave&gt;5&lt;/tuning-octave&gt;         &lt;/staff-tuning&gt;         &lt;staff-tuning line="5"&gt;           &lt;tuning-step&gt;B&lt;/tuning-step&gt;           &lt;tuning-octave&gt;4&lt;/tuning-octave&gt;         &lt;/staff-tuning&gt;         &lt;staff-tuning line="4"&gt;           &lt;tuning-step&gt;G&lt;/tuning-step&gt;           &lt;tuning-octave&gt;4&lt;/tuning-octave&gt;         &lt;/staff-tuning&gt;         &lt;staff-tuning line="3"&gt;           &lt;tuning-step&gt;D&lt;/tuning-step&gt;           &lt;tuning-octave&gt;4&lt;/tuning-octave&gt;         &lt;/staff-tuning&gt;         &lt;staff-tuning line="2"&gt;           &lt;tuning-step&gt;A&lt;/tuning-step&gt;           &lt;tuning-octave&gt;3&lt;/tuning-octave&gt;         &lt;/staff-tuning&gt;         &lt;staff-tuning line="1"&gt; </pre>
------------	---

	<pre>                 &lt;tuning-step&gt;E&lt;/tuning-step&gt;                 &lt;tuning-octave&gt;3&lt;/tuning-octave&gt;             &lt;/staff-tuning&gt;         &lt;/staff-details&gt;     &lt;/attributes&gt;     &lt;sound pan="8" tempo="120"&gt;&lt;/sound&gt;     &lt;barline location="left"&gt;         &lt;bar-style&gt;heavy-light&lt;/bar-style&gt;     &lt;/barline&gt;     &lt;note&gt;&lt;pitch&gt;&lt;step&gt;D&lt;/step&gt;         &lt;octave&gt;5&lt;/octave&gt;         &lt;/pitch&gt;         &lt;duration&gt;2&lt;/duration&gt;         &lt;voice&gt;1&lt;/voice&gt;         &lt;type&gt;quarter&lt;/type&gt;         &lt;notations&gt;&lt;dynamics&gt;&lt;f&gt;&lt;/f&gt;             &lt;/dynamics&gt;             &lt;technical&gt;&lt;string&gt;2&lt;/string&gt;             &lt;fret&gt;3&lt;/fret&gt;         &lt;/technical&gt;     &lt;/notations&gt; &lt;/note&gt;     &lt;note&gt;&lt;pitch&gt;&lt;step&gt;A&lt;/step&gt;         &lt;octave&gt;4&lt;/octave&gt;         &lt;/pitch&gt;         &lt;duration&gt;2&lt;/duration&gt;         &lt;voice&gt;1&lt;/voice&gt;         &lt;type&gt;quarter&lt;/type&gt;         &lt;notations&gt;&lt;dynamics&gt;&lt;f&gt;&lt;/f&gt;             &lt;/dynamics&gt;             &lt;technical&gt;&lt;string&gt;3&lt;/string&gt;             &lt;fret&gt;2&lt;/fret&gt;         &lt;/technical&gt;     &lt;/notations&gt; &lt;/note&gt; </pre>
Finale	<pre> &lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?&gt; &lt;!DOCTYPE score-partwise PUBLIC "-//Recordare//DTD MusicXML 1.0 Partwise//EN"     "http://www.musicxml.org/dtds/partwise.dtd"&gt; &lt;score-partwise&gt;   &lt;movement-title&gt;Menuet&lt;/movement-title&gt;   &lt;identification&gt;     &lt;creator type="composer"&gt;Robert de Visée&lt;/creator&gt;     &lt;encoding&gt;       &lt;software&gt;Finale 2007 for Windows&lt;/software&gt;       &lt;software&gt;Dolet Light for Finale 2007&lt;/software&gt;       &lt;encoding-date&gt;2008-11-20&lt;/encoding-date&gt;     &lt;/encoding&gt;   &lt;/identification&gt;   &lt;part-list&gt;     &lt;score-part id="P1"&gt;       &lt;part-name&gt;MusicXML Part&lt;/part-name&gt;       &lt;score-instrument id="P1-I1"&gt;         &lt;instrument-name&gt;Acoustic Guitar&lt;/instrument-name&gt;       &lt;/score-instrument&gt;       &lt;midi-instrument id="P1-I1"&gt;         &lt;midi-channel&gt;1&lt;/midi-channel&gt;         &lt;midi-program&gt;26&lt;/midi-program&gt;       &lt;/midi-instrument&gt;     &lt;/score-part&gt;   &lt;/part-list&gt;   &lt;!-------&gt;   &lt;part id="P1"&gt;     &lt;measure number="1"&gt;       &lt;attributes&gt;         &lt;divisions&gt;2&lt;/divisions&gt;         &lt;key&gt;           &lt;fifths&gt;2&lt;/fifths&gt;           &lt;mode&gt;major&lt;/mode&gt;         &lt;/key&gt;         &lt;time&gt;           &lt;beats&gt;3&lt;/beats&gt;           &lt;beat-type&gt;4&lt;/beat-type&gt;         &lt;/time&gt; </pre>

<pre> &lt;clef&gt;   &lt;sign&gt;G&lt;/sign&gt;   &lt;line&gt;2&lt;/line&gt; &lt;/clef&gt; &lt;transpose&gt;   &lt;diatonic&gt;0&lt;/diatonic&gt;   &lt;chromatic&gt;0&lt;/chromatic&gt;   &lt;octave-change&gt;-1&lt;/octave-change&gt; &lt;/transpose&gt; &lt;/attributes&gt; &lt;sound tempo="120"/&gt; &lt;note&gt;   &lt;pitch&gt;     &lt;step&gt;D&lt;/step&gt;     &lt;octave&gt;5&lt;/octave&gt;   &lt;/pitch&gt;   &lt;duration&gt;2&lt;/duration&gt;   &lt;voice&gt;1&lt;/voice&gt;   &lt;type&gt;quarter&lt;/type&gt;   &lt;stem&gt;up&lt;/stem&gt; &lt;/note&gt; &lt;note&gt;   &lt;pitch&gt;     &lt;step&gt;A&lt;/step&gt;     &lt;octave&gt;4&lt;/octave&gt;   &lt;/pitch&gt;   &lt;duration&gt;2&lt;/duration&gt;   &lt;voice&gt;1&lt;/voice&gt;   &lt;type&gt;quarter&lt;/type&gt;   &lt;stem&gt;up&lt;/stem&gt; &lt;/note&gt; </pre>
---

Tableau 1.4.1 : Comparaison de génération MusicXML entre Guitar Pro et Finale

#### 1.4.2.8. WedelMusic & SMR

Ces deux noms se rattachent à la même initiative, ce sont d'ailleurs les mêmes auteurs qui en sont à l'origine. Le but est de permettre la diffusion sur Internet de musique interactive. La première utilisation étant justement le e-learning musical<sup>5</sup>.

WedelMusic (Bellini *et al*, 2001) est historiquement le premier développement. Il s'agit d'une norme de description de documents musicaux basée sur XML pouvant être rattachés à des interprétations audio ou vidéo (codage naturel) et plus généralement tout type de document multimédia : PDF, diaporama, animations Flash... A la 1.4.5, on peut voir un exemple d'application de lecture de document, avec l'accès, grâce au bandeau latéral, à toutes les ressources connexes. L'accent est également mis sur le respect des droits, gérés par des DRM<sup>6</sup>.

5 Le site i-maestro centralise beaucoup de ressources en la matière : <http://www.i-maestro.org>

6 Digital Right Management : systèmes de gestion des droits dont dispose le client sur les fichiers : lecture, diffusion sur un réseau, copie d'une machine à une autre, ...

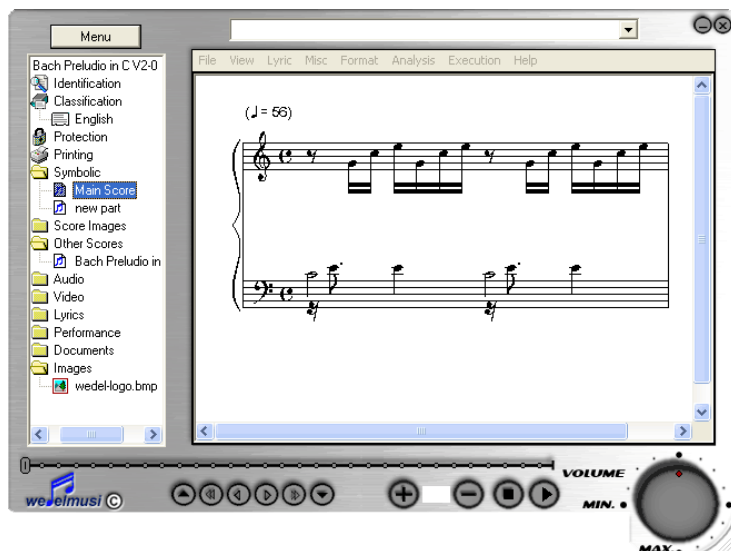


Figure 1.4.5 : client WedelMusic

MPEG Symbolic Music Representation (SMR) est l'intégration des apports de WedelMusic dans un format standardisé par l'ISO<sup>7</sup>, à l'intérieur de MPEG4 (Bellini *et al*, 2006), ce qui est chose faite depuis début 2008.

Les avantages de SMR sont donc multiples :

- description de type XML
- Synchronisation avec médias externes et naturels
- Gestion des médias synthétiques
- Normalisation (et donc robustesse théorique du système) (Doenges *et al*, 1997)

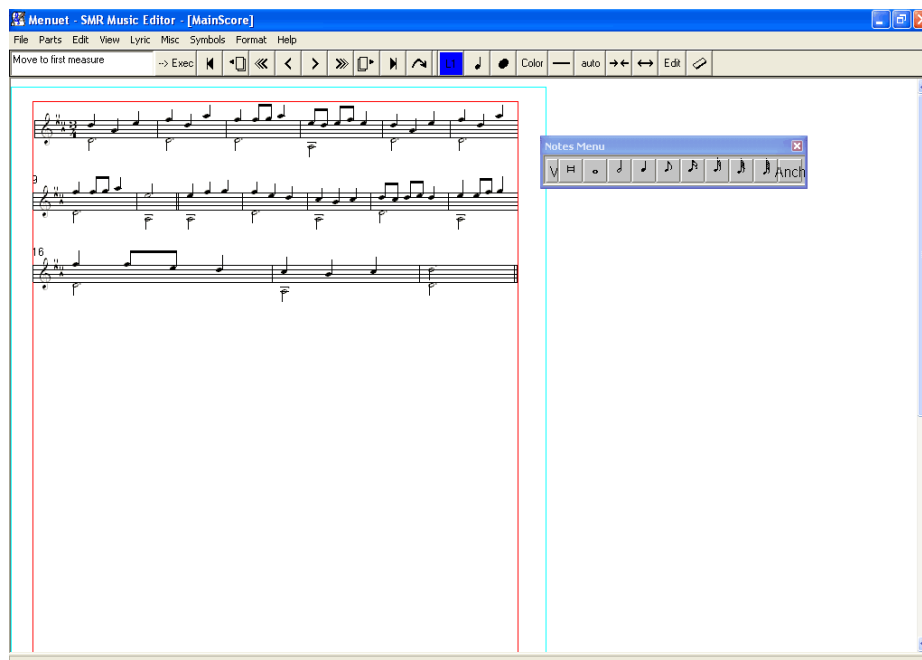


Figure 1.4.6 : éditeur SMR Music Editor

Il existe des outils d'édition de documents à ce format, ne permettant malheureusement pas encore d'exploiter toutes les fonctionnalités permises. Nous avons en effet essayé

7 International Organization for Standardization

d'utiliser SMR pour écrire notre petite pièce de test, le Menuet de de Visée. Nous avons utilisé l'éditeur SMR Music Editor (1.4.6), téléchargeable gratuitement<sup>8</sup>.

SMR se trouve donc dans une phase de transition : c'est devenu un standard, mais il faut maintenant le rendre accessible au grand public en proposant de vrais outils d'*authoring* (création de contenu) mais aussi des terminaux décodant de façon matérielle les données supportées, ceci afin de garantir une qualité de service homogène et permanente.

#### 1.4.2.9. Positionnement de ces approches

Devant la multitude de schémas de description que nous avons présenté, il est peut être intéressant de les positionner par rapport aux deux critères que nous avons énoncés en préambule :

- La rigueur de la description et donc son formalisme, le domaine de la machine
- La facilité de production de contenu conforme à cette description, un paramètre important pour les utilisateurs, le domaine de l'humain

La 1.4.7 présente le positionnement. Il semble évident que ces deux critères sont antinomiques : renseigner au mieux une pièce demande un formalisme très important, mais c'est là une tâche ardue qui suppose nombre de pré-requis pour les opérateurs. Nous chercherons donc le meilleur compromis.

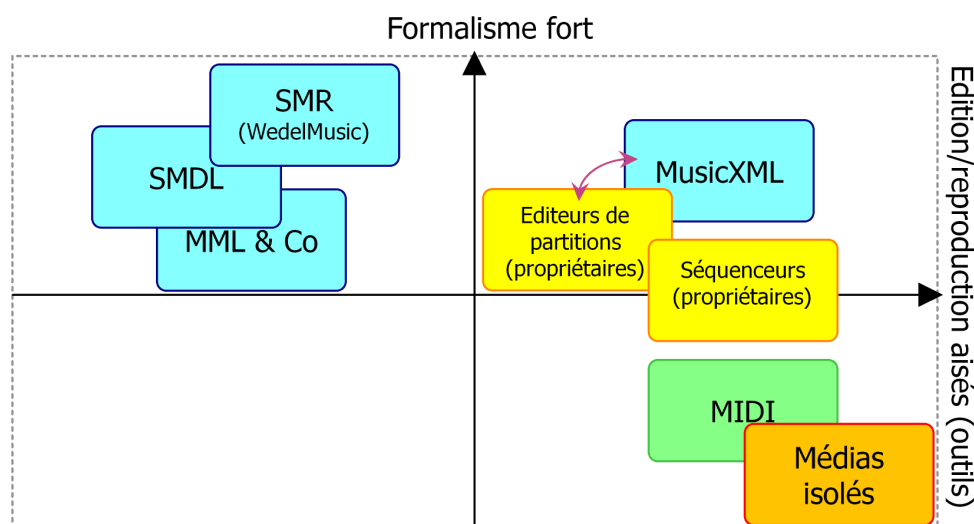


Figure 1.4.7 : positionnement des systèmes de description

Il faut maintenant discuter de ces systèmes de description pour faire un choix.

#### 1.4.2.10. Discussion

Les pré-requis pour implémenter ces différentes approches sont, on le voit, extrêmement différents. L'exigence en matière de descripteurs peut être quasi-nulle (média numérique : la machine se contente d'afficher des points ou de jouer des échantillons, sans monitorer le contenu) à très forte (les événements sont rattachés à une sémantique audio et visuelle). C'est dans ce dernier cas que l'on a la plus grande flexibilité en matière de contrôle sur les événements musicaux.

Cette philosophie, incarnée par SMR, est sans conteste la meilleure du point de vue de la gestion des connaissances à long terme (10, 20 ans). Les choses vont même plus loin

<sup>8</sup> [http://www.i-maestro.org/contenuti/contenuto.php?contenuto\\_id=52&tool=smr](http://www.i-maestro.org/contenuti/contenuto.php?contenuto_id=52&tool=smr) et <http://www.bestfreewaredownload.com/freeware/t-free-mpeg-4-player-with-smr-decoder-freeware-kwaevcq.html>

puisque le projet Semantic Hifi (Vinet et al, 2005 et 2006) vise justement à la convergence de tous les éléments multimédia sur une plateforme interactive avancée, sorte de «chaîne Hifi du futur » sur laquelle l'utilisateur est à la fois passif et actif. SMR et MusicXML font partie des formats intégrés à ce projet, ce qui est révélateur des enjeux de cette philosophie. XML y est d'ailleurs présent à d'autres niveaux pour la description des différents types de meta-données rattachées à une pièce ou un catalogue (Pachet, 2005).

Le problème est que cette vision nous semble utopique à court et moyen terme. En effet, elle part du principe que l'on soit capable de décrire toute œuvre musicale sous une forme aussi détaillée et de façon standard (unique). Qui va faire cela? Comment gérer les multiples versions d'un morceau qui peuvent co-exister? Quel profil de personne doit faire ce travail de documentation? En effet, l'opérateur doit être musicien accompli, copiste même, mais aussi spécialiste en édition multimédia pour faire le lien avec des interprétations. Au problème conceptuel se superpose donc un problème de gestion de l'humain qui semble souvent passer au second plan.

Ainsi, dans cette vision, une pièce ne peut exister sans ce préalable important. Conséquence directe, il n'existe pas pour l'instant d'éditeur populaire capable de faciliter cette tâche, pour des raisons variées (soutien des principaux éditeurs, difficultés technologiques, et, écueil important, volonté des musiciens d'aller plus loin dans la description des pièces). Il se pose également la question de la reproduction des contenus ainsi créés : quel terminal, quel format?

Cela nous perturbe d'autant plus que beaucoup de musiques (traditionnelle en général) ne s'écrivent pas, pour une pléthore de raisons : transmission orale, pas de convention d'écriture adaptée, instruments obéissants à des accordages et règles de jeu particuliers...

C'est pourquoi, nous sommes d'avis qu'il peut être utile de proposer une solution intermédiaire entre « sur-formalisme » décourageant les producteurs de contenus (musiciens/compositeurs) et simplicité des enregistrements audio ou vidéo isolés. Une forme de compromis avec un niveau de structuration minimal pour orchestrer plusieurs médias, mais susceptible d'accueillir des représentations plus exigeantes et surtout qui part des interprètes, de leurs usages dans la transmission de leur connaissance qu'ils pratiquent en présentiel. Cela consiste par exemple à ne pas demander à un artiste qui joue du maloya (un des courants musicaux traditionnels de la Réunion) d'écrire une partition pour Kayamb (instrument traditionnel réunionnais) en XML ! Ça n'est tout simplement pas possible.

Comme on l'a vu, de par son ampleur, il est possible de faire plusieurs sujets de thèse complets autour de la problématique de la description musicale. Le domaine recèle un vrai cimetière des formats révolutionnaires disparus créés par des scientifiques et utilisés par personne. Mais, concernant notre travail, ce thème n'est qu'une pièce du puzzle, on ne le traite pas en tant que tel, on s'en sert dans un but précis. Aucune solution n'étant acceptable en l'état, nous avons donc dû créer une alternative.

Pour ce faire, la stratégie que nous proposerons consistera premièrement à prévoir une structuration des pièces à la granularité libre en fonction des usages en vigueur dans le style de musique étudié. Ceux qui le souhaitent pourront descendre à l'échelle de la note, d'autres préféreront diviser l'œuvre en grandes parties séparées par des repères. Deuxièmement, nous nous reposerons sur des formats courants, faciles à produire et à relire, probablement une combinaison de ceux présentés ci-avant. C'est la façon de les agencer qui sera originale.

Dans tous les cas, l'intelligence reste dans les mains de l'humain, pas de la machine. Cette dernière n'a pas besoin qu'on lui définisse une sémantique musicale, pour peu que cela fonctionne un jour ((Doctorow, 2001) et (Shirky, 2005)).

Nous allons à présent nous intéresser aux pratiques en vigueur, d'un point de vue pédagogique, dans l'apprentissage de la musique, de la guitare en particulier qui sera notre

instrument d'expérimentation. Cette partie de l'étude va se faire en dehors de toute considération informatique.



## 2. Transmission des savoir-faire en musique

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux usages en vigueur dans le domaine que nous étudions pour faciliter l'apprentissage. Même pour proposer une solution reposant sur l'outil informatique, il est en effet obligatoire de s'en inspirer, étant donné la philosophie de développement ouverte sur l'humain que nous avons choisie.

La transmission du savoir-faire musical se fait donc en deux étapes :

- l'écriture d'information de l'expert sur un médium : il s'agit prosaïquement de matérialiser des connaissances présentes dans son cerveau. Même de nos jours, cette phase est essentiellement basée sur un système de notation, qui a énormément évolué au fil des siècles afin de gagner en précision. Il fera l'objet d'une première partie
- l'appropriation par l'apprenant, qui peut se faire avec ou sans l'expert : un certain nombre d'outils existent, nous les passerons en revue dans une deuxième partie afin d'établir leurs points forts et leurs limites

## 2.1. Écriture : des prémisses à la partition moderne

### 2.1.1. Bref historique

Depuis que l'Homme a découvert le plaisir que procure l'activité musicale, il s'est posé la question de la transmission de cette connaissance. Très naturellement, c'est par la tradition orale, encore très utilisée, qu'elle passait de génération en génération. Avec forcément des déformations ou des différences non négligeables puisque liées à la faculté de mémorisation des apprenants. Cela aboutit finalement à une évolution progressive de la représentation mentale des pièces.

Aussi, la mise au point de codes de notation a-t-elle suivie de près l'invention de l'écriture pour figer au mieux les événements musicaux, aux alentours du 16<sup>ème</sup> siècle avant JC, au moyen-orient. A partir de là et pendant plusieurs siècles, des lettres de l'alphabet seront utilisées pour décrire exclusivement des notes, agrémentées de paroles, pour les chansons.

À partir du Moyen-Age, une nouvelle forme de représentation graphique voit le jour : la notation ekphonétique ((Bosseur, 2005) et (Bonnec, 2008)). Elle est directement inspirée des mouvements en terme de hauteur de sons, d'une note à l'autre. En occident, l'écriture neumatique, à partir du 9<sup>ème</sup> siècle, procède de même.

Il faut attendre le 15<sup>ème</sup> siècle pour voir apparaître la première écriture dédiée à un type d'instrument en particulier : la tablature, adaptée aux instruments à cordes pincées tels que le luth ou la cithare. Elle représente les cordes sur lesquelles prennent place des symboles indiquant quelle frette jouer sur le manche pour produire la note voulue.

Pendant ce temps là, l'écriture neumatique continue de se perfectionner, avec pour objectif d'être plus précise. Cela consiste par exemple à rajouter une grille sous les sons à jouer, la portée, qui indique plus finement la hauteur des notes, ou encore à créer des systèmes de clés, indiquant la tessiture globale.

### 2.1.2. Notation standard moderne

La notation solfégique occidentale telle qu'on la connaît aujourd'hui s'est figée au 18<sup>ème</sup> siècle pour donner la partition moderne actuelle. Elle se veut extrêmement rigoureuse, même si la marge de manœuvre en terme d'interprétation est très grande. Elle peut en effet gérer la polyphonie, le rythme (composante totalement absente des premières écritures, puisqu'il était souvent dicté par le texte), la dynamique et le phrasé.

Ce code de notation est devenu la référence au fil du temps à cause de la rigueur qu'il permet et du fait qu'il peut servir de « langage commun » à tous les instruments. Revers de la médaille, il impose une formation assez longue afin d'être capable de comprendre l'information et reste très loin de la pratique physique de l'instrument. Il s'agit d'une couche d'abstraction, d'un code, qui nécessite une conversion par l'interprète en gestes à produire, contrairement par exemple à la tablature, qui est très concrète.

C'est pourquoi, dans l'activité d'apprentissage, de nouveaux codes ont été rajoutés dans chaque discipline instrumentale afin de pouvoir écrire au mieux le lien entre partition et instrument. Il s'agit des doigtés. En guitare, il s'agit de chiffres et de lettres particulières :

- pour la main droite (pince les cordes) : les lettres p (pouce), m (majeur), i (index) et a (annulaire) indiquent avec quel doigt il faut pincer une corde

- pour la main gauche (qui appuie sur les frettes pour choisir quelle note jouer) : les chiffres 1, 2, 3 et 4 permettent de savoir si une note doit être jouée respectivement avec l'index, le majeur, l'annulaire ou l'auriculaire
- comme la même note peut être jouée sur plusieurs cordes, on peut préciser laquelle est utilisée dans un contexte particulier en écrivant son numéro dans un cercle : ① = la plus aiguë, ⑥ = la plus grave, par exemple pour un instrument à 6 cordes

Il existe encore d'autres conventions pour figurer des effets de la main. On assiste donc à la prolifération de symboles spécifiques permettant de faciliter le jeu sur l'instrument à partir de la partition, comme on pourra le voir ci-après. Le compositeur a eu à cœur de transmettre de la façon la plus précise la musique qu'il a imaginée, s'efforçant de guider au maximum l'apprenant. C'est pourquoi chaque page est remplie de signes non standards qui renvoient à des explications fournies en préambule du recueil.

Le dilemme est donc d'avoir assez d'indications sans pour autant surcharger le document. Dans certains cas, en général la musique ne reposant pas sur les normes occidentales (par exemple les gammes de 12 demi-tons) ou alors les percussions, ce système d'écriture n'est absolument pas adapté, d'où la persistance de notations alternatives.

### 2.1.3. Autre notation

On souhaite ici évoquer un cas particulier intéressant parce que proche de l'activité physique sur l'instrument : l'orgue de barbarie. Cet automate joue des pièces décrites sur un support sous forme d'aspérités positionnées à des endroits particuliers correspondant aux notes à produire. C'est également le même principe qui est utilisé dans certains pianos mécaniques tels qu'on peut voir dans les westerns. Ce principe est aujourd'hui extrêmement utilisé en informatique musicale à travers la visualisation nommée *piano roll*, qui en est la transposition numérique. Sur la 2.1.1, on peut distinguer un tableau issu du logiciel Cubasis AV de Steinberg avec le temps en abscisse (en mesures) et la hauteur des notes en ordonnées (grave en bas de la fenêtre, aigu vers le haut). La durée de chaque note est proportionnelle à sa longueur. L'histogramme dans la partie inférieure de la fenêtre représente la vélocité, c'est à dire la dynamique du son. Enfin, une barre d'information supérieure donne un résumé textuel des caractéristiques de chaque élément sélectionné. C'est une des rares représentations à avoir été créée relativement récemment et qui soit aussi précise que la notation standard. Elle rappelle l'écriture neumatique, tout en étant beaucoup plus rigoureuse. L'inconvénient vient du fait qu'il est nécessaire de se l'approprier pour pouvoir la déchiffrer. A cette seule condition on pourra reconnaître le Menuet de Robert de Visée pour guitaristes débutants. On regrettera que la visualisation *piano roll* soit mal adaptée aux instruments ne disposant pas de clavier.

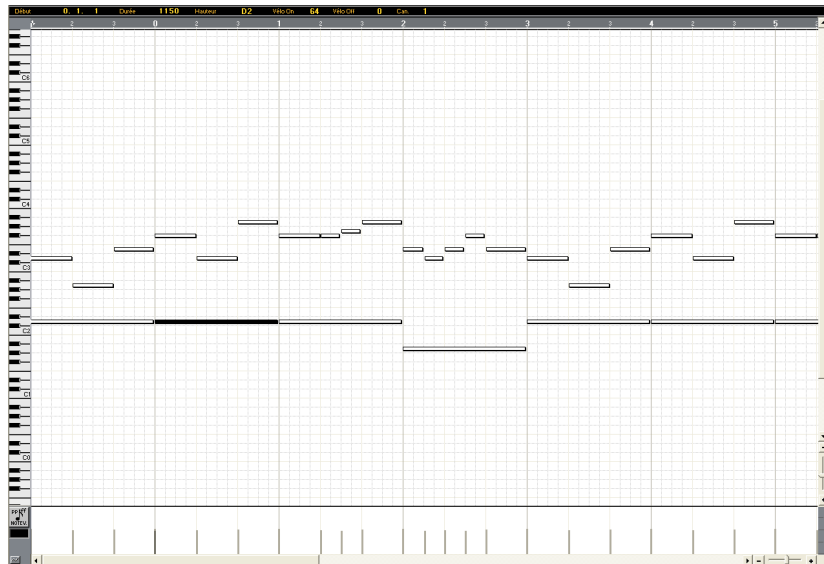


Figure 2.1.1 : modèle de visualisation type « piano roll »

Maintenant que nous avons vu quelles étaient les méthodes traditionnelles de représentation de l'information musicale, intéressons-nous à la chaîne de création et de diffusion de l'activité musicale.

#### 2.1.4. Processus traditionnel de création et de diffusion

On s'intéresse dans cette partie à l'organisation couramment mise en place pour obtenir une œuvre musicale interprétée, c'est-à-dire ayant une vie publique. C'est ainsi qu'une pièce vient à être connue d'un groupe ou d'un collectif de personnes. On distingue en général trois acteurs qui correspondent à autant de rôles différents (2.1.2) :

- Le compositeur : il crée la pièce, c'est-à-dire qu'il est capable de l'imaginer et d'en écrire les piliers, les phrases. Il maîtrise en général un instrument et s'en sert de référence pour communiquer
- L'arrangeur : il met en forme la musique, c'est à dire qu'il l'écrit selon les usages et les possibilités des différents instruments qui vont intervenir. Il y a également le cas particulier des transcriptions d'un œuvre écrite pour un instrument et adaptée pour un autre instrument, dans lequel les choix à faire pour contourner un obstacle sont démultipliés
- L'interprète : il instancie la pièce, en fait une performance à partir des éléments dont il dispose, en général la notation. Il se produit devant un public qui peut ainsi avoir ensuite en mémoire une perception de la pièce. On peut considérer qu'un individu (pas forcément musicien) possède une représentation mentale d'une pièce quand il est capable d'en reproduire une caractéristique principale (exemple : la mélodie) avec la voix et qu'elle puisse être identifiée par autrui comme telle. L'interprète est donc une pièce maîtresse du processus de diffusion

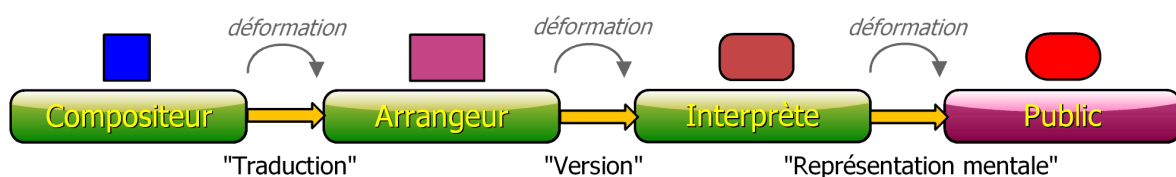


Figure 2.1.2 : chaîne de création et de diffusion de l'information musicale

Chaque acteur est supposé être expert de son domaine. Le risque dans cette organisation vient du fait que chaque transition entre eux introduit des biais par rapport aux intentions de base. La situation est d'autant plus problématique qu'ils ne se connaissent pas forcément (exemple, compositeur décédé, arrangement pour un instrument n'existant pas à son époque) : il n'y a donc pas de validation attestant que ce qui a été écrit/joué est une retranscription fidèle de ce qui a été imaginé.

Bien entendu, l'ampleur de ce risque est très variable. D'ailleurs, deux ou trois rôles peuvent être cumulés par la même personne. Par exemple, le compositeur peut aussi être l'arrangeur. Auquel cas, la déformation est moindre.

On peut également identifier un rôle supplémentaire : le copiste. C'est la personne en charge de l'écriture au format de diffusion de la partition. Normalement, il travaille à partir d'un document source qu'il doit « mettre au propre », ce qui ne doit pas être source d'aléa.

On se propose de voir un cas extrêmement favorable d'instanciation du processus décrit, représentatif de la rigueur requise dans l'écriture de la musique.

### **2.1.5. Étude de cas : « 20 Lettres » de Roland Dyens (2001)**

Il s'agit d'un recueil d'une vingtaine de pièces pour guitare solo paru en 2001 aux éditions Henri Lemoine. Dyens en est le compositeur, l'arrangeur et l'interprète du CD fourni. Nous nous trouvons donc dans une situation extrêmement bonne pour la transmission de la connaissance car Dyens concentre les trois rôles ci-dessus ce qui réduit les biais possibles dans le processus.

Ce cas nous interpelle d'autant plus que l'auteur a essayé d'être le plus précis dans la description de ses intentions, beaucoup plus que ce que l'écriture standard autorise. Il a donc dû recourir à de nombreux artifices spécifiques, visibles à la 2.1.3 que allons essayer de passer en revue :

- une préface sur la manière d'aborder ces pièces
- l'utilisation de symboles étrangers à la guitare pour représenter des effets particuliers. Ces symboles sont définis en préambule
- le recours fréquent à des indications sur la portée ainsi qu'à des notes de bas de page qui détaillent la façon de jouer des passages particuliers
- un texte technique décrivant, quand un choix se pose, la réaction qui doit être encouragée. Exemple : étouffer certains sons plutôt que de les laisser sonner

Tous les textes sont disponibles en anglais et en français. La couverture ajoutant le japonais. Ce multilinguisme participe à alourdir la lecture en particulier pour les notes positionnées sur la musique elle-même.

Les portées elles-mêmes regorgent de détails utilisant au maximum les symboles usuels.

La présence du CD est un atout de taille dans la représentation de la pièce que tout le monde peut s'en faire. Ainsi, Dyens donne le point de départ, la partition richement annotée, et le point d'arrivée, son interprétation de compositeur, concrétisation de ce qu'il a imaginé. La seule chose qu'il ne donne pas, c'est le cheminement pour relier ces deux points. Aider à choisir le meilleur chemin est aussi un des rôles d'un dispositif d'apprentissage efficace, comme cela se fait pour escalader une montagne.

Abordons à présent les moyens les plus courants d'y arriver.



+

24  
23  
28  
33  
38  
42  
46  
50

*ff sub.*, *pizz.*, *pp sub.*, *come prima*, *f*, *pp sub.*, *fff sub.*, *p*, *rit. poco*, *molto*, *ff metallico*, *mp*, *pp vib. poco*, *a tempo*, *f sub.*, *pp*, *molto*, *ff*, *rit. molto*, *breve*, *pp*, *molto*, *f*, *fff*

renvoi vers préface pédagogique

renvoi vers explications générales

explications contextuelles

**Lettre pédagogique**  
L'œuvre pédagogique est destinée à être utilisée par les professeurs de musique. Elle est conçue pour être utilisée en classe ou en atelier. Elle est destinée à être utilisée par les professeurs de musique. Elle est conçue pour être utilisée en classe ou en atelier.

**Letter from the teacher**  
The pedagogical work is intended to be used by music teachers. It is designed to be used in the classroom or in the workshop. It is intended to be used by music teachers. It is designed to be used in the classroom or in the workshop.

Les explications, qui s'adressent à un grand nombre de lecteurs, sont destinées à être utilisées par les professeurs de musique. Elles sont conçues pour être utilisées en classe ou en atelier.

The explanations, which are intended for a large number of readers, are intended to be used by music teachers. They are designed to be used in the classroom or in the workshop.

1. gratter séchement les cordes au niveau de la tête de la guitare avec l'index de la main gauche / strike the strings sharply at the head of the guitar with the left-hand index.
2. "pizz." : poser le manche de la main droite sur les cordes à jouer au niveau du chevalet puis, avec le pouce, pincer ces deux notes simultanément / place the side of the right hand on the bridge, over the strings to be played, then pinch both notes simultaneously with the thumb; the resulting sound is "chiffre" (it is also known as "piccato")
3. "pizz." + "Bartok" : prendre la 6<sup>ème</sup> corde entre le pouce et l'index, la soulever verticalement puis la faire chapper violemment pour la faire chapper violemment (en stopper la résonance avec la main droite) / take hold of the 6th string with the thumb and first finger lift it up and let it snap back suddenly, before damping it with the right hand.
4. cesser la 2<sup>ème</sup> ou la 6<sup>ème</sup> corde, les bloquer avec le 1<sup>er</sup> ou le 2<sup>ème</sup> doigt au niveau de la 12<sup>ème</sup> case, puis jouer avec la main droite; le son obtenu rappelle celui du tambour et plus précisément celui de la caisse claire / cease the 2nd or the 6th string and hold them in place with the 1st finger at the 12th fret, then play with the right hand; the sound resembles that of a side drum.
5. "tapping" : pincer le si avec l'index de la main droite (VIV<sup>pp</sup> case), puis effectuer la liaison avec le même doigt / tap the B with the right hand index (VIV<sup>pp</sup> case), then play the slur with the same finger.
6. Après avoir exécuté l'accord en harmoniques, saisir la guitare et exercer, tout du corps, un balancement doux et régulier afin de faire osciller fortement les vibrations de ces sons harmoniques pendant quelques secondes (after playing the harmonic chord, hold the guitar away from the body and exert a regular and fast movement; so that the harmonics continue to vibrate freely for a few more seconds).

"Lettre à demain"

introduction de notations étrangères au domaine

Mais reprenons notre extrait musical afin de mieux cerner ces nouvelles propositions sur la manière d'écrire certaines notes. (Je me permets préalablement d'attirer votre attention sur les endroits précis où figureront les astérisques (\*), symboles d'extinction déjà consacrés d'ailleurs par toute la littérature pour piano.)

But let us once again look at our little example and see how certain notes can be damped in different ways; I should also point out that the exact places where notes should be damped are indicated by asterisks (\*), just as in all piano music.

Figure 2.1.3 : complexité de la notation dans les « 20 Lettres » de Roland Dyens (2001)

## 2.2. Appropriation : outils et méthodes existantes

Nous souhaitons ici présenter les solutions les plus connues en matière d'apprentissage de la musique en général et de la guitare en particulier. C'est en les analysant puis en sélectionnant les meilleures pratiques que nous serons en mesure de dessiner les caractéristiques d'un système de e-learning efficace.

### 2.2.1. Cours avec un professeur

C'est historiquement la première façon de transmettre la connaissance musicale à exister et encore la plus populaire de nos jours. Le professeur guide l'élève dans sa progression en suivant un parcours pédagogique. Il propose des pièces qui permettent d'aborder des techniques particulières (buté, barré, arpèges, ...) et s'adapte au profil de l'apprenant. Régulièrement, une évaluation est menée sous la forme d'un examen pour les cursus les plus structurés (Conservatoire), de performance publique pour les autres. Il est ainsi possible de faire le point en condition réelle, ce qui est l'aboutissement de l'apprentissage.

Le cours peut être individuel ou collectif, le premier cas étant bien sûr le plus optimal puisque toute la durée de la leçon est consacrée à un élève. Le professeur délivre donc du contenu hautement personnalisé, avec un haut niveau de pertinence par rapport au contexte.

La pièce de musique est au centre de chaque leçon. Chacune permet d'aborder une ou plusieurs techniques particulières de l'instrument. Des exercices génériques peuvent être donnés, mais toujours dans le contexte de la pièce étudiée.

L'existence d'un support écrit n'est pas un préalable, toutefois, et ce sera souvent le cas en guitare, il peut être présent. En fonction des styles musicaux, on trouvera la notation solfégique (musique classique) ou la tablature (les autres musiques). En effet, le document est alors une façon commode de « garder une trace » des échanges qui ont lieu pendant le cours afin que l'élève les retrouve quand il travaille chez lui. Ainsi, une partition étudiée est-elle toujours couverte de notes, d'indications rajoutées au crayon.

Le cours traditionnel en présentiel est fortement encadré, donc, puisque le retour (*feedback*) est quasiment permanent. Il l'est d'autant plus qu'il peut faire partie d'un cursus global qui contient d'autres matières transversales comme la théorie musicale, le chant choral, l'arrangement, la composition, ...

La motivation est donc soutenue, notamment grâce à la relation directe entre l'élève et le professeur. Parfois de force : obligation des parents, volonté d'éviter des remontrances, rentabilité de l'investissement consenti, ...

Par rapport à la structure décrite à la 2.1.2, nous nous situons encore plus en aval. L'enseignant est un nouvel acteur expert. Il est le référent pour toutes les questions de l'élève qui, en théorie, n'a pas besoin de chercher d'autres sources de renseignements. Ce faisant, il y a donc un niveau de déformation supplémentaire dans la chaîne, même s'il n'est pas perceptible. Cette distorsion prend la forme de débats entre experts sur des points techniques extrêmement pointus. Difficile de savoir qui a tort, qui a raison puisque l'information à la source (le compositeur) est manquante.

Ce type d'apprentissage possède quelques limites. La première se situe au niveau de la gestion de l'offre et de la demande. Les formations les plus demandées (ex : Conservatoire) disposent d'un nombre de places limités. La sélection est donc importante. Ensuite se pose le problème du coût, forcément élevé, des leçons, en particulier si elles sont privées. Enfin, il y a la question de la disponibilité, chaque cours ayant lieu à intervalle régulier, il faut que l'élève fournisse un travail constant afin d'en bénéficier au mieux. Il peut donc arriver qu'il se

présente devant le professeur sans avoir étudié le programme proposé au cours précédent, ce qui n'est pas optimal. Dans ce genre de situation, un report de cours peut être plus sage, mais une telle organisation est très lourde à gérer.

Il n'en reste pas moins que ce dispositif est à l'heure actuelle le plus efficace. D'ailleurs, pour les formations diplômantes nationales (Diplôme de Fin d'Etudes/Diplôme d'Etudes Musicales puis Certificat d'Aptitude à l'enseignement), c'est le seul envisageable. Ses points forts se situent au niveau du suivi (feedback), de la personnalisation omniprésente et de la gestion de la motivation. On peut même finalement dire que l'absence de souplesse dans sa structure est aussi une clé de réussite car cette rigidité engage l'apprenant plus fortement.

### **2.2.2. Méthodes**

Ce terme regroupe tous les ouvrages ayant pour objectif l'apprentissage de l'instrument. On distingue la version de base, reposant exclusivement sur support papier, et des versions améliorées, qui essaient d'étendre le concept.

#### **2.2.2.1. Méthode traditionnelle**

Elle est extrêmement répandue, on ne saurait lister le nombre de références disponibles. En ce qui concerne la guitare, on peut dater l'apparition des premières méthodes à la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, époque à partir de laquelle elle a commencé à devenir populaire.

Le principe est presque toujours le même : apprendre et maîtriser l'instrument sur le plan technique en lisant des descriptions, analysant des schémas ou illustrations et pratiquer des exercices. Chaque chapitre se conclut éventuellement sur une pièce d'application (une étude) écrite pour l'occasion par l'auteur.

L'une des plus connues est également l'une des premières, il s'agit de « l'École Raisonnée de la Guitare » par Emilio Pujol, en plusieurs volumes (Pujol, 1934 - 1971). La collection implémente tout à fait le principe décrit précédemment. Le Volume 1 est-il ainsi entièrement théorique. Ce qui frappe, c'est la précision du texte et le nombre d'exercices proposés, comme montré à la 2.2.1.



ARPEGGIO DE TRES NOTAS SOBRE DOS CUERDAS, PASANDO EL ANULAR A LA CUERDA SUPERIOR

226. — Procédase como en la lección precedente, cuidando la firmeza de pulsación, la igualdad entre las notas y la flexibilidad y orden de los dedos.

ARPÈGE DE TROIS NOTES SUR DEUX CORDES VOISINES EN PASSANT L'ANNULAIRE À LA CORDE SUPÉRIEURE

226. — Procéder comme pour la leçon précédente en faisant attention à la fermeté de l'attaque, à l'égalité entre les notes, à la souplesse et à l'ordre des doigts.

Ej. } 151  
Ex. }

Los ejercicios 127, 130 y 131, ofrecerán al discípulo diferentes fórmulas de mano izquierda, a las que podrán ser igualmente aplicados los arpeggios del presente ejercicio.

Les exercices 127, 130 et 131, offriront à l'élève des formules différentes de main gauche auxquelles pourront être également appliqués les arpegges du présent exercice.

Figure 2.2.1 : extrait de la page 48 du Volume 3 de « l'École Raisonnée de la Guitare » de Pujol

Le nombre de ces derniers est de 560 sur l'ensemble de la méthode. Cinq cours sont proposés, chacun correspondant à une année de travail, allant des techniques de base à la virtuosité. On retrouve le bilinguisme comme chez Dyens.

Il est intéressant de noter que Tarrega a inspiré Pujol dans l'idée de faire cette méthode, c'est pourquoi on retrouve beaucoup d'études devenues pièces incontournables dans le répertoire de la guitare classique. Ce phénomène est rarissime pour les méthodes récentes, puisqu'il dépend de la notoriété et du statut d'incontournable de son auteur.

Les limites des méthodes se situent au niveau de leur impersonnalité et du niveau d'abstraction qu'elles imposent : on étudie de la technique, tout seul, sans interaction possible. L'apprenant doit être capable de s'auto-évaluer pour déterminer s'il peut passer à la notion suivante. De même, le fait de ne pas travailler sur des pièces célèbres d'emblée peut décourager. Tout cela participe à une démotivation profonde qui peut conduire à l'abandon de l'apprentissage.

Pourtant ces méthodes ont pour elles l'avantages financier (moins chères) et la flexibilité du temps de travail. Pour tenter de séduire d'avantage, elles ont essayé de gommer leurs défauts.

#### 2.2.2.2. Méthode traditionnelle améliorée

Il s'agit d'une méthode dans laquelle le support papier est toujours central mais enrichi par un média supplémentaire, en général un CD audio. Ce dernier est très pertinent car le travail instrumental est avant tout lié à l'adéquation entre mouvements et résultat auditif produit. Une référence est alors bienvenue : elle facilite l'auto-évaluation car pour valider une leçon, il suffit de comparer le rendu sonore de son jeu à celui du professeur.

Il existe également des magazines mensuels ou bi-mensuels qui proposent quelques leçons par mois, toujours accompagnés d'un support audio. Le coût est assez bas, mais il est impossible de juger de l'efficacité puisque tout se passe dans la sphère privée. D'ailleurs, comme l'investissement de base est faible, l'implication de l'apprenant n'est pas nécessairement grande.

### 2.2.3. Vidéo/DVD

Les solutions d'apprentissages vidéo remontent aux débuts de la vidéo personnelle, c'est-à-dire les années 80. Il s'agit de cassettes vidéos puis de DVD montrant un professeur donnant un cours. C'est la transposition visuelle des méthodes car l'objectif reste toujours d'apprendre la technique. En ce sens, le dispositif est plus efficace pour certains styles, on pense à la technique de l'improvisation en jazz, que pour d'autres (musique classique).

Le discours du professeur est l'élément central, illustré par des gros plans sur des cas d'exemples. On ne voit que rarement des pièces complètes car ce n'est pas l'objectif. Dès lors, on se pose la question de l'attitude de l'élève, face à la vidéo. A-t-il besoin d'avoir son instrument en main? Comment fait-il le lien entre théorie et pratique? Selon les styles de musiques, des bandes son d'accompagnement peuvent être fournies qui facilitent cette activité.

La migration vers le support DVD a apporté une plus grande qualité des médias ainsi qu'une amélioration de la navigation dans le contenu, grâce à l'accès aléatoire du disque (contrairement aux rembobinages des bandes) et aux menus interactifs. Il est toutefois regrettable que les fonctions avancées ne soient que rarement utilisées, telles que le multi-angles : les versions DVD restent largement des transpositions des pratiques figées des cassettes vidéo, même si des initiatives existent.

Enfin, le succès de tels outils repose essentiellement sur la notoriété du musicien qui veut partager son savoir. Son nom est souvent synonyme de ventes réussies. Ainsi John McLaughlin peut-il se permettre de vendre sa méthode « This is the Way I do it » composée de 3 DVD au prix de 99 dollars.

### 2.2.4. Outils numériques

#### 2.2.4.1. CDROM/DVDROM

Les premières méthodes sur ordinateur datent de l'invention du concept de multimédia au début des années 90 et notamment l'accès au grand public de la mémoire de masse que constituaient les 650 Mo du CDROM par rapport à la taille des autres supports de l'époque. Les performances des machines restaient faibles notamment en terme de capacités graphiques (résolution, palette de couleurs), de mémoire RAM et de calcul. Cela limitait toujours la qualité des médias utilisés, notamment la vidéo, dont la taille est réduite (le fameux phénomène du « timbre poste »), le rythme saccadé et la compression peu qualitative.

C'est pourquoi, la priorité était donnée à la partition, au texte musical, qui était enrichi ponctuellement d'interprétations audionumériques ou de séquences vidéo du professeur. Le reste du temps, la dimension sonore est assurée par du MIDI, du son synthétique donc, mais très flexible : la navigation dans la pièce est aisée, de même que la modification du tempo, la gestion du volume de chaque piste (mixage temps réel), ... Le suivi de la partition est là encore facile grâce à ce format, puisque la granularité descend à la note près. La qualité du rendu sonore est par contre tributaire du matériel utilisé pour la reproduction.

Malgré les progrès technologiques, les méthodes sur support offline en sont largement restées là. Elles n'ont pas évolué du point de vue technique ainsi que du point de vue conceptuel.

Par rapport aux versions papier, il y a tout de même une envie plus forte de séduire, c'est pourquoi elles proposent plus volontiers l'accès à des pièces connues. Les aspects techniques de l'instrument sont donc moins centraux. De même, on trouve des produits mettant d'abord en avant des artistes célèbres.

#### 2.2.4.2. Solutions de e-learning en ligne

Elles ont commencé à se multiplier avec l'arrivée du haut-débit car il paraissait difficile de concurrencer les supports offline sans recourir à un minimum de fonctions multimédia. Par rapport à ces dernières, la différenciation vient de la mise à jour régulière du contenu et de la prise en compte des souhaits des clients. En effet, les sites disposent tous d'un forum, permettant d'échanger textuellement avec la communauté pédagogique.

Deux types de services existent :

- le premier propose un cursus et nécessite un investissement à moyen/long terme. Le *business model* repose sur un abonnement permettant d'accéder à toutes les ressources pédagogiques mises en ligne
- le second ne nécessite pas d'engagement car il se contente de vendre des pièces sous forme de packages pédagogiques. Le *business model* est alors à l'image de l'iTunes Music Store<sup>9</sup> puisqu'on télécharge une leçon pour apprendre une pièce

Dans les deux cas, c'est la partition (ou plus couramment la tablature pour la guitare) qui est mise en avant. Avec la généralisation des connexions rapides, le support vidéo est néanmoins de plus en plus présent, avec une qualité acceptable. Malheureusement, la taille des séquences, aussi bien en surface qu'en durée, est faible, d'autant que la réalisation ne permet pas toujours de voir les éléments importants (doigté). De même, l'interactivité est faible, ce qui est dommage étant donné ce que permet le support. La technologie Flash est présente afin de l'accroître, mais elle reste limitée à la diffusion de médias. En règle général, ce n'est pas l'aspect technique qui est mis en avant.

Le point fort de ces services est d'abord l'abondance de contenu, puis la flexibilité (on peut commencer une leçon 24h sur 24) et enfin les aspects communautaires qui permettent de tisser des liens, que ce soit avec les professeurs ou entre élèves. Enfin, le prix n'est pas excessif, encore que cela dépende du temps qu'il faudra à l'élève pour arriver à ses fins (abonnement).

Là encore, il est extrêmement difficile de juger de l'efficacité du dispositif. Les sites regorgent bien entendu de « témoignages » de clients satisfaits ayant appris la guitare en 6 mois, mais que peut-on apporter comme crédit à de telles allégations? Chaque site prétend proposer une approche révolutionnaire.

#### 2.2.5. Détournements

On souhaite aborder ici des outils ou services qui n'ont pas pour vocation initiale à gérer l'apprentissage musical mais qui sont en pratique utilisés dans ce but.

##### 2.2.5.1. Youtube et autres sites de partage de vidéos

Les services en ligne de partage de vidéo, Youtube en tête, permettent à n'importe qui de publier du contenu original, quasiment sans connaissances particulières en informatique. Dès lors, ce genre de site foisonne d'interprétations de pièces et de leçons pour apprendre à les jouer.

La 2.2.2 en est un exemple typique. On peut y voir la vidéo du professeur qui explique d'abord puis montre sur l'instrument. Le cours peut concerner une pièce ou faire partie d'un cursus, comme c'est le cas ici : l'enseignant, prêtre jésuite universitaire Américain, propose une progression en postant une vidéo par semaine, avec à chaque fois une pièce adaptée.

Les principaux outils disponibles sont les suivants :

9 Première plateforme de vente de musique en ligne, appartenant à Apple

- la séquence principale est celle du professeur. La qualité est assez médiocre car le fichier vidéo d'origine a une résolution plus faible que la surface affichée (dilatation). Il existe un mode « haute qualité », mais toutes les contributions ne sont pas disponibles à ce format. Le côté positif de ce choix est qu'il s'agit d'un bon compromis en terme d'accessibilité aux Internautes disposant une connexion ADSL de base (512 Kbps). La navigation est assurée par une petite télécommande permettant également d'afficher des annotations placées par l'auteur, si elles ont été saisies. Il est enfin possible de mettre la vidéo en plein écran, sans pour autant améliorer la finesse
- une description textuelle de la leçon ainsi que des mots-clés (tags) accompagnent la séquence, facilitant la recherche. Les cours postés à titre de publicité en profitent pour laisser l'URL du service en ligne complet
- la zone nommée « Related Videos » propose du contenu en rapport, et, comme c'est le cas ici, les autres leçons du cursus. Il est possible de les enchaîner automatiquement
- les usagers ont la possibilité de laisser des commentaires textuels visibles au bas de la page. Il est ainsi possible de poser des questions, visibles par tout le monde. L'auteur peut également être contacté grâce à des messages privés
- enfin, toute personne possédant un compte sur Youtube peut poster une réponse sous forme de vidéo, ici visibles au bas de la fenêtre vidéo. Cela est pédagogiquement très intéressant car un élève peut soumettre une interprétation que le professeur évaluera, toujours sous forme de séquence filmée. Il peut s'en suivre tout un débat

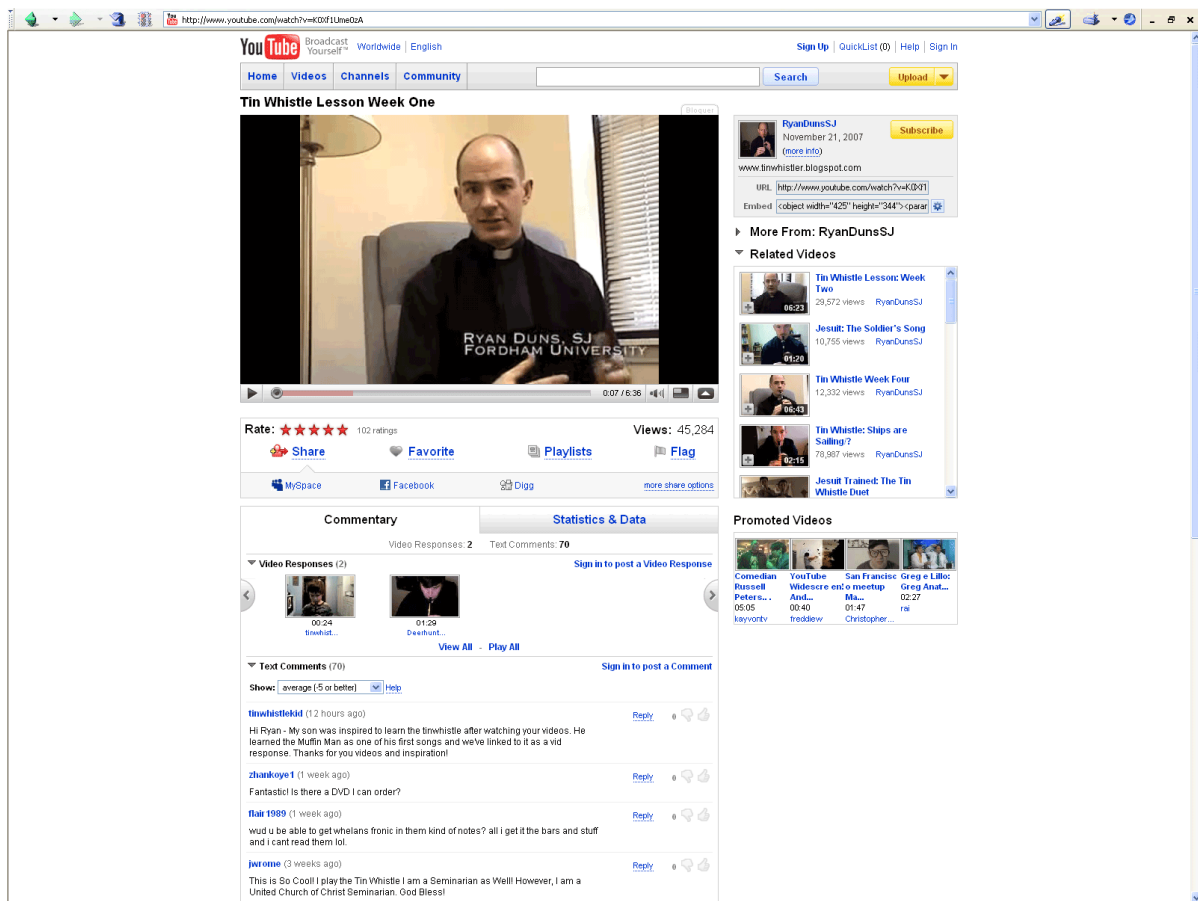


Figure 2.2.2 : exemple de leçon intégrée à un site de partage de vidéo : cas du Tin Whistle sur Youtube

Ce détournement d'usage doit son succès à la popularité énorme des services de partage de vidéo, Youtube principalement. Les défauts du procédé restent nombreux :

- le premier problème vient justement du côté générique de ces plateformes. Suivre un débat reste difficile, la traçabilité est totalement manuelle
- cela entraîne un comportement peu rigoureux de la part des utilisateurs. Seuls les plus motivés iront jusqu'au bout
- la qualité des médias proposés est très faible, même pour les séquences du professeur. En général, il s'agit d'enregistrements faits à partir de webcams. Il est souvent difficile de voir tous les mouvements. De même pour le son, très médiocre et perturbé par de nombreuses nuisances sonores

La gratuité est un argument fort de cette solution du point de vue des usagers, elle justifie les désagréments évoqués. Enfin, le côté communautaire est très fort, puisqu'il est immédiatement perceptible à travers tous les outils proposés. Ces atouts nous pousseront à créer une expérience reposant partiellement sur ces éléments.

### 2.2.5.2. Guitar Pro

Il s'agit d'un logiciel d'édition de tablatures/partitions dédié à la guitare existant sur PC et Mac. En raison de cette spécialisation, il est optimisé pour les usages en vigueur dans ce domaine et a donc une très bonne ergonomie. Son prix bas (60 euros, le prix d'un jeu vidéo) joue également en sa faveur. Il permet également de rechercher sur Internet des pièces, en tapant titre ou interprète dans un moteur de recherche intégré.

Tous ces atouts ont permis à son format de devenir un incontournable, au point qu'une application Open Source compatible soit créée.

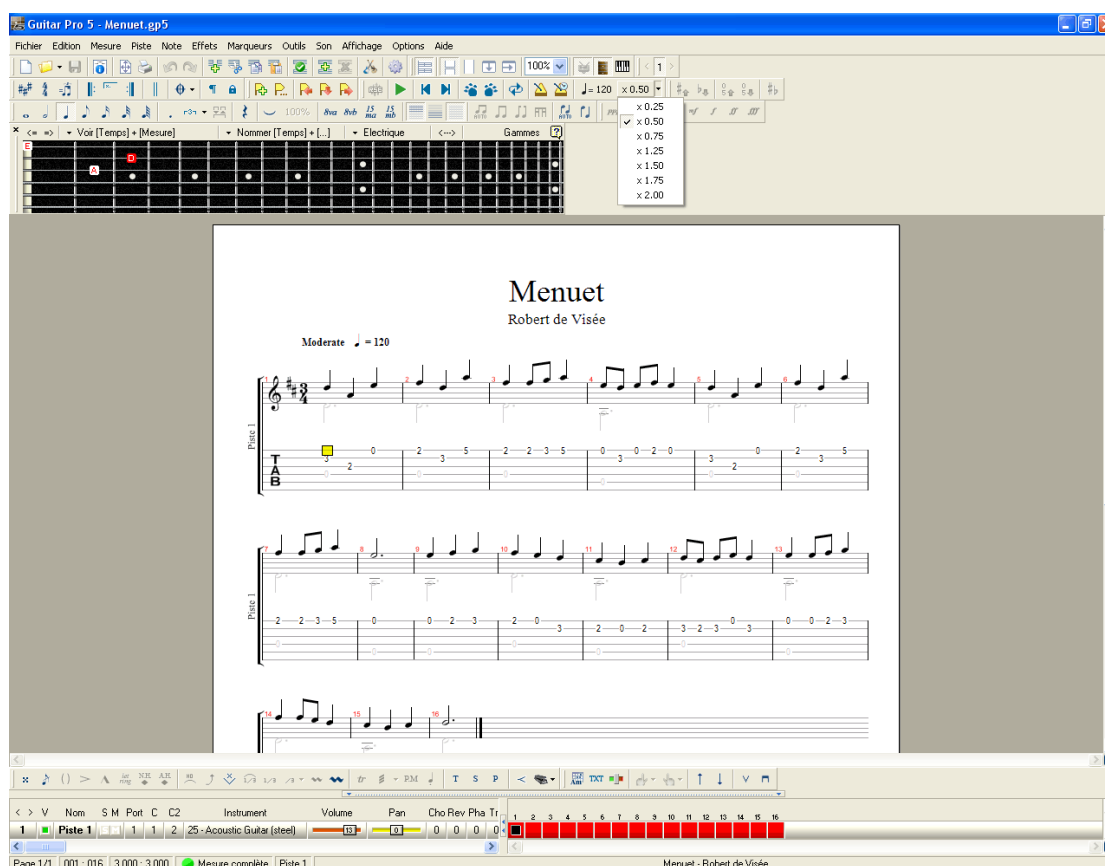


Figure 2.2.3 : interface du logiciel Guitar Pro

Afin de gérer au mieux la relation entre représentation et son, la dernière version intègre un moteur d'instruments virtuels, le RSE, offrant un compromis entre son MIDI et son réaliste. Le rendu reste très synthétique mais le logiciel est flexible : il est par exemple possible d'appliquer des effets typiques de la guitare (comme les *bends*) et d'en entendre une interprétation.

Guitar Pro n'est pas vraiment adapté à la musique classique, son cœur de cible est plutôt le style folk, le rock ou encore le jazz. En effet, les bibliothèques d'outils disponibles sont adaptés à ces styles et la notation privilégiée est la tablature, notamment lors d'exports en XML, qui sont supportés.

Comme on peut le voir à la 2.2.3, le logiciel reste centré sur la notation puisqu'elle occupe la majeure partie de l'écran. La section inférieure propose une vue sommaire de la structure de la pièce, sachant que le multipistes est géré, avec un rendu MIDI pour les instruments autres que la guitare et la batterie. Le bandeau supérieur est composé de raccourcis vers les outils de saisie et de navigation dans la pièce.

On y trouve en particulier deux outils qui participent grandement à l'utilisation de Guitar Pro en tant que support d'apprentissage :

- une représentation graphique interactive du manche de la guitare dont la skin peut être changée. Elle est très complète car elle représente d'une couleur toutes les positions qui sont utilisées dans la mesure en cours de lecture et d'une autre couleur la ou les notes qui sont jouées immédiatement. Le manche aussi peut être utilisé pour écrire et modifier la partition et la tablature simultanément, ainsi quelqu'un qui ne connaît pas le nom des notes peut quand même réussir à faire un document

- un système de gestion du tempo pédagogique : il existe un bouton (visible à la 2.2.3, déclenchant une liste) et des raccourcis servant à diviser le tempo réel de la pièce par quatre, deux ou un autre rapport. Ce système de ralenti est calculé par rapport au tempo original qui n'est jamais altéré directement. L'élève peut donc commencer à une vitesse très lente et accélérer très facilement au fur et à mesure de son avancement. Cette accélération peut être automatisée quand elle est couplée à un bouclage, preuve que les concepteurs ont réellement pris en compte cet usage détourné de leur logiciel

## 2.2.6. Positionnement de ces approches et discussion

Nous allons tenter de trier ces moyens puis nous les discuterons afin de dégager les meilleures pratiques, celles qui ont le plus d'efficacité.

### 2.2.6.1. Positionnement

Afin d'avoir une vision homogène, nous avons tenté de positionner ces approches selon des critères proches de ceux utilisés précédemment (1.4.2.9). De façon duale, nous avons donc ici :

- le formalisme du processus : la force de sa structuration, la précision de l'information délivrée, la rigueur sous-jacente
- la facilité d'accès : le niveau de pré-requis, l'accessibilité générale, la flexibilité, l'aspect social ou communautaire et finalement ce qui peut participer à motiver l'apprenant

La 2.2.4 présente le résultat.

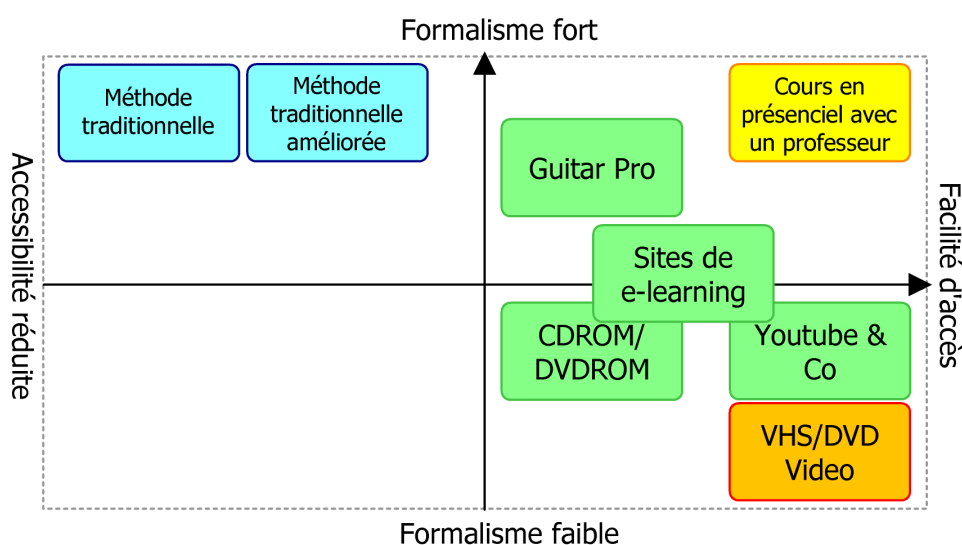


Figure 2.2.4 : positionnement des approches d'apprentissage musical

On constate un découpage en régions par type de support : papier, vidéo simple (non interactive), numérique et absence de support principal (cours avec un professeur). Il est maintenant possible de discuter ces approches afin d'extraire les meilleures caractéristiques pour de les reproduire dans notre proposition.

### 2.2.6.2. Discussion

Selon la 2.2.4, le cours traditionnel en présentiel présente une place particulièrement avantageuse. Le formalisme y est très fort en raison de la structuration proposée ainsi que

des supports de cours disponibles, mais l'accessibilité est aussi très bonne puisque le professeur réagit instantanément et de façon spécifique à la situation que rencontre l'élève. Enfin, la motivation n'est pas en reste car, de façon plus ou moins forcée, un résultat est attendu d'un cours à l'autre, sanctionné par une épreuve terminale qui valide la progression.

Dès lors, on peut se poser la question de savoir ce qui pourrait être amélioré. Il y a bien sûr les limites évoquées au paragraphe 2.2.1 Elles sont partiellement levées grâce à certaines caractéristiques inhérentes aux systèmes de e-learning : flexibilité de l'accès, coût relativement bas, absence de lieu physique. Il est possible d'aller plus loin en proposant un support permanent disponible pour l'élève quand il pratique chez lui. En effet, il est bien souvent livré à lui même entre deux leçons, ce qui lui fait prendre le risque d'acquérir des mauvaises habitudes (par exemple une position, un doigté) qui sont généralement difficiles à corriger.

C'est là finalement l'avantage de toutes les autres approches : elles sont totalement basées sur le support au détriment de l'activité réelle (physique, dirons-nous), et en particulier la notation musicale. Nous pensons qu'il est possible, grâce aux systèmes d'information multimédia de proposer un support plus intuitif et interactif qui faciliterait l'apprentissage chez soi, en particulier entre deux leçons.

Il semble donc intéressant d'adopter comme modèle celui du cours traditionnel et de l'augmenter quand c'est pertinent. C'est celui dont l'efficacité peut être prouvée, d'autant que dans les filières d'excellence (CNSM<sup>10</sup>), c'est la seule voie possible. Le point central du dispositif n'est pas le support mais l'activité qui y est menée autour sous l'impulsion de l'enseignant, puis les échanges entre l'élève et lui, voire entre les élèves.

Nous allons donc à présent tenter de décrire le processus afin de pouvoir l'instrumenter dans un deuxième temps.

## 2.3. Processus traditionnel

### 2.3.1. Description

L'apprentissage traditionnel, qu'il soit assuré par une institution ou un organisme privé, repose sur un cursus, à la différence du cours assuré par un particulier. Dans la mesure où nous essayons de nous raccrocher à un modèle structuré, nous nous placerons, pour ce paragraphe, dans le premier cas de figure.

#### 2.3.1.1. Cursus

Le cursus est la concrétisation de la progression prévue dans l'apprentissage de l'élève. Nous présentons ici le modèle le plus institutionnel, celui du Conservatoire National de Région (maintenant transformé en Conservatoire à Rayonnement Régional, CRR). La description que nous proposons repose sur notre expérience personnelle ainsi que sur les explications des professeurs de la classe de Guitare Classique du CRR de La Réunion.

La 2.3.1 représente le cursus habituel de l'apprentissage d'un instrument. L'unité de base est l'année, calquée sur l'année scolaire. Il faut de trois à cinq ans (selon les élèves) pour compléter un cycle, c'est-à-dire une étape fondamentale. Trois cycles sont proposés :

<sup>10</sup> Conservatoire National Supérieur de Musique : plus hautes instances nationales dans la formation à la pratique musicale. Il est intéressant de noter d'ailleurs le mot du Directeur du CNSM de Paris, Alain Poirier, en page d'accueil du site de l'institution. Il met en exergue la mission de transmission de la connaissance en la détachant de la formation : « *Le Conservatoire de Paris est un lieu de formation et de transmission extraordinaire où tradition, création, réflexion et recherche ont chacune leur place, pour assurer à nos étudiants une vision et une pratique du plus haut niveau, ouvertes sur toutes les tendances qui se croisent et nourrissent l'artiste aujourd'hui* »



- le premier cycle a pour but l'acquisition des fondamentaux, notamment la technique de base de l'instrument
- le deuxième cycle s'attache au perfectionnement des acquis du premier
- le troisième cycle est essentiellement destiné à préparer ceux qui souhaitent devenir professionnels de la musique aux diplômes requis (Certificat d'Aptitude). Il est décomposé en deux parties :
  - Le cycle court, passage obligatoire, validant par un diplôme un niveau d'amateur éclairé
  - Le cycle long, dont la poursuite est décidée après le cycle court et qu'il est nécessaire de compléter pour continuer en CNSM

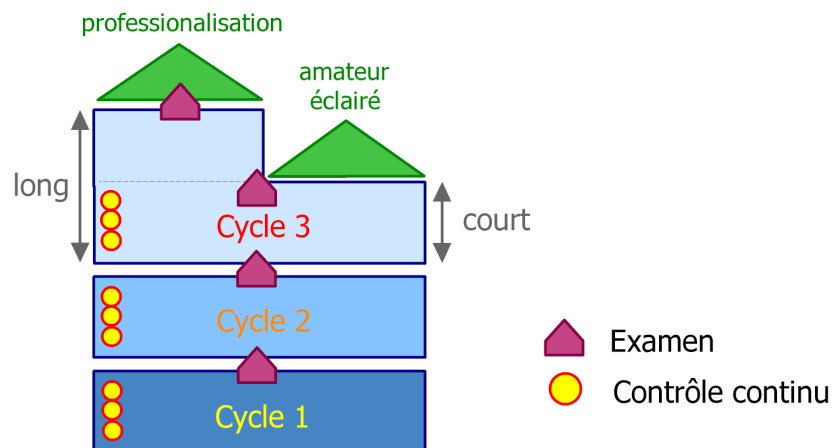


Figure 2.3.1 : cursus dans l'apprentissage traditionnel

En complément du travail de l'instrument, d'autres modules souvent obligatoires, sont proposés : théorie musicale, chant choral, composition/écriture, arrangement, ...

Le passage au cycle supérieur est conditionné à un examen consistant à l'interprétation d'un répertoire (pièces imposées et sélectionnées avec l'enseignant). Par ailleurs, tous les ans, un contrôle continu permet de faire le point sur la progression.

Le cours en présentiel avec un professeur est le temps fort hebdomadaire du processus d'apprentissage instrumental.

### 2.3.1.2. Processus d'acquisition des connaissances instrumentales : modèle du cours présentiel

Nous touchons à présent au cœur du dispositif, modélisé à la 2.3.2. C'est de la relation élève/professeur que dépend la réussite.

La pièce musicale est l'élément central, chaque œuvre étudiée est sélectionnée pour les points techniques qu'elle permet d'aborder. C'est là un paramètre intéressant car il s'agit en permanence d'un cas concret et pour lequel on peut d'ailleurs trouver plusieurs interprétations (enregistrements célèbres, par exemple), ce qui est motivant.

La progression est décidée par l'enseignant en fonction de l'expérience et du profil de l'élève, ce qui explique d'ailleurs que la durée d'un cycle peut varier entre 3 et 5 ans. Il est couramment admis que l'étude d'une pièce ne doit pas dépasser un mois.

Dans presque tous les cas, l'œuvre est matérialisée par sa partition sous forme papier. Dès lors qu'elle est sélectionnée et présentée par le professeur, un premier cycle de travail, que nous nommerons Cycle A commence. Il s'agit de la phase de déchiffrage et d'appropriation

technique de la pièce. L'élève avance dans la partition et tente de passer de l'information écrite aux gestes. Au cours de cette étape, il peut rencontrer deux types de difficultés :

- difficultés structurelles : elles sont liées à une caractéristique forte de la pièce se produisant en permanence, telle que tremolo, arpège, ...
- difficultés ponctuelles : il s'agit d'un ou plusieurs passages présentant une transition délicate

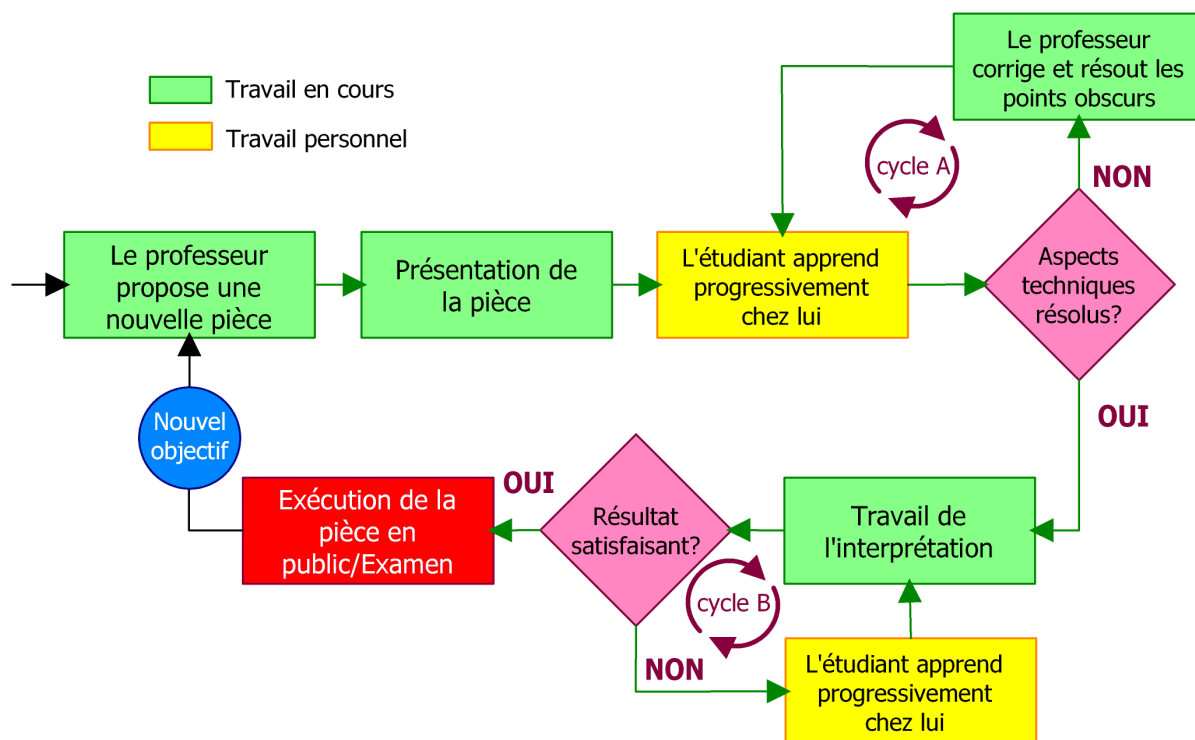


Figure 2.3.2 : modèle du cours présentiel

Ces problèmes sont avant tout physiques<sup>11</sup> : il s'agit d'arriver à produire les bonnes notes malgré un certain nombre de contraintes. Ces dernières peuvent être classées en 4 catégories qui peuvent se recouvrir :

- contrainte de rapidité : il faut accomplir des gestes dans un temps très court
- contrainte de transition entre deux positions : passer de la position adéquate pour jouer un passage à une autre position pour la suite
- contrainte d'endurance : maintenir une position demandant un effort particulier dans le temps tout en gardant un son agréable : exemple : le barré
- contrainte aux extrêmes : elle se rapporte aux mouvements proches des limites physiques de l'apprenant (par exemple un grand écart des doigts) ou de l'instrument (jeu de notes très aigües, inconfortables à produire)

Certains styles de la guitare sont particulièrement connus pour mettre en jeu les quatre types de contraintes simultanément. On pense ici tout particulièrement au tremolo, qui nécessite beaucoup de temps et de rigueur avant d'être maîtrisé dans tous les cas de figure.

L'enseignant, du fait de son expérience, connaît à l'avance les difficultés que va rencontrer l'élève. Il ne les présente pas dès le début, elles sont abordées dans leur contexte.

<sup>11</sup> Certains élèves peuvent tout de même avoir des lacunes en théorie musicale provoquant des soucis de déchiffrage.

L'apprenant accomplit la plus grosse partie du travail du cycle A en autonomie, chez lui. Le cours est l'occasion de faire le point. Voici son déroulement :

- au début de la séance, il joue la partie de la pièce qu'il a travaillée (ou toute la pièce, si elle est courte/facile)
- après écoute, le professeur évoque les points qui doivent être corrigés ou améliorés. Il donne la démarche à suivre pour y arriver. Quand c'est nécessaire, des exercices techniques sont donnés, par exemple des mouvements sur cordes à vide pour entraîner la main droite
- le binôme aborde ensuite les objectifs à accomplir pour la semaine d'après

La salle de cours est un lieu sobre, comme montré à la 2.3.3 : deux chaises et un pupitre pour la partition sont le minimum requis. Ils gagnent à être complétés d'un miroir (non visible, dos au photographe sur la Figure proposée), facilitant le phénomène d'apprentissage par imitation, qui est primordial. L'élève apporte son propre instrument, ainsi que ses accessoires. Cet espace doit être étanche au bruit afin de favoriser la concentration.



*Figure 2.3.3 : cours de guitare de Patrick Sida (Conservatoire)*

A l'issue de cette phrase, l'élève est capable de jouer la pièce du point de vue technique, mécaniquement parlant même, dirions-nous. Il vient alors le moment d'aborder l'interprétation, c'est-à-dire l'ajout d'intention dans la musique, permettant de faire passer un message, une émotion, une sensibilité. C'est ce qui permet de distinguer deux interprètes qui jouent la même pièce. Concrètement, cela revient à étudier la pièce au niveau du sens que le compositeur a voulu lui donner et traduire cela sous forme de nuances au niveau de la dynamique (piano, forte, crescendo, ...), du tempo (retenue, accélération), des effets spécifiques à l'instrument (accords légèrement arpégés ou plaqués), ...

Cette nouvelle phase dans le travail d'apprentissage va donner lieu à un autre cycle, que nous appellerons cycle B, dans lequel l'élève va là encore travailler en autonomie chez lui puis présenter le fruit de son travail en cours. Lorsque le binôme sera arrivé à une

performance jugée acceptable par tous les deux, la pièce fait alors partie du répertoire de l'apprenant, c'est-à-dire qu'il est en mesure de la jouer en public, que ce soit dans le cadre d'une audition, d'un concert ou d'un examen. Le processus est alors terminé et une nouvelle itération peut commencer, avec de nouveaux objectifs : apprentissage d'une nouvelle technique, amélioration ou cumul de techniques déjà apprises, ...

Ainsi, la leçon en présentiel met en jeu plusieurs types d'informations basées sur des canaux sensoriels différents et qu'il faut mémoriser :

- visuel : gestes et mouvements faits par le professeur. L'objet de l'attention varie en permanence : cela peut être la personne dans son ensemble ou l'un de ses bras, l'une de ses mains voire des doigts. Il est souvent nécessaire de changer de position pour appréhender mentalement un mouvement dans les trois dimensions. C'est également la raison d'être du miroir qui est installé dans la salle de cours. Enfin, on peut aussi rattacher l'information lue sur la partition au canal visuel mais elle requiert un niveau de décodage et donc d'interprétation beaucoup plus élevé
- auditif : résultat sonore produit, ou à écouter puis reproduire
- tactile : il faut ressentir les bons gestes. La condition d'arrêt est atteinte lorsque les mouvements produisent le bon son. Il y a donc un va-et-vient constant entre perceptions tactile et auditive voire visuelle

Du point de vue du temps et de l'énergie nécessaire, le cycle B devrait être le plus consommateur puisqu'il s'agit de rechercher une interprétation propre. Pourtant, dans la pratique, c'est le cycle A qui est le plus exigeant car :

- certains problèmes sont rencontrés durant la semaine, quand l'élève est seul. Ils ne seront résolus qu'au cours suivant, résultant en une perte de temps
- de la même manière, de mauvaises habitudes peuvent être prises durant la semaine, qui nécessiteront des efforts supplémentaires pour s'en défaire
- les indications de la partition ne suffisent pas pour résoudre tous les problèmes techniques : le professeur peut montrer, visuellement, le moyen de contourner une difficulté, mais il est impossible de noter la procédure. Tout repose donc sur la mémoire de l'élève. En cas d'oubli, il reste bloqué

Si l'on s'en tient au temps moyen assigné par pièce, on a en pratique 3 ou 4 semaines pour le cycle A et 1 semaine pour le cycle B.

### **2.3.2. Le support de base du cours traditionnel : le texte musical**

Si l'on devait symboliser le cours d'instrument en présentiel par un objet, ce serait la partition ou la tablature, selon le style de musique joué. Le problème, c'est que l'on ne peut pas réduire la transmission de la connaissance musicale à sa notation.

Comme on l'a vu précédemment, ce support ne permet pas de garder une trace de tous les types d'information (canaux sensoriels visuel, auditif et tactile non gérés) qui sont utilisés pendant le cours. Mais, faute de mieux, c'est celui qui allie les meilleures qualités en terme de coût et de mobilité en regard des services qu'il rend. Et puis historiquement, une très grosse partie du répertoire n'est disponible que sous cette forme. Puisque cela fait partie de l'usage en vigueur, nous devons l'exposer.

Comme exprimé au 2.1.2, le document utilisé en cours est augmenté d'informations supplémentaires pour faciliter le rapport au jeu instrumental. C'est pourquoi une partition travaillée est recouverte d'annotations au crayon faites aussi bien par le professeur que l'élève. L'action d'écrire sur le support, que l'on voit à la 2.3.3, est contextuelle : elle s'insère

dans un passage particulier (à son début). Elle permettra à l'élève de se remémorer des conseils majeurs dispensés pendant le cours.

Il existe principalement trois types d'annotations pédagogiques :

- les doigtés : indications codées des doigts à utiliser pour jouer une note ou un accord. Par extension, on trouve également un certain nombre de signes portant sur des positions de main (barré, ...) ou des effets particuliers. Les professeurs donnent souvent des doigtés alternatifs, lorsqu'il y a plusieurs façon optimales de jouer un passage ou simplement lorsqu'il y a une solution plus simple que celle de la partition
- les intentions musicales : phrasé, nuances, sensibilité, indications de tempo, ... Les symboles habituels du solfège sont utilisés
- mémo : ce genre d'indication est le seul à être écrit sous forme de texte. Il sert à rappeler des éléments discutés pendant le cours, par exemple jouer la mélodie en buté ou simplement des informations générales sur le style de la pièce (le rythme brésilien, la structure de la Bourrée, ...)

L'intérêt de ce genre de contribution est important en tant que tel, sauf qu'il gagnerait à ne pas rester sous forme textuel : d'autres médias peuvent être plus efficace, en témoignent les difficultés résiduelles que l'élève rencontre lorsqu'il travaille en autonomie, chez lui.

Attachons-nous à présent à définir un autre concept fort de notre travail de recherche: celui de e-learning, qui est utilisé dans l'approche que nous proposons.

## 2.4. E-learning

### 2.4.1. Définition

Définir ce concept est une entreprise vaste tant il existe de littérature à ce niveau. En effet, en fonction des auteurs, sa portée varie énormément. On peut néanmoins commencer à se positionner en étudiant la composition du mot lui même : il résulte de l'association entre le préfixe « e- », pour *electronic*, et le terme *learning*, autrement dit, il s'agit d'apprentissage supporté par des moyens électroniques. Historiquement, le e-learning précède donc l'apparition d'Internet puisque l'usage de la radio ou du téléphone pour une formation peuvent rentrer dans ce chapeau, ce qui a été le cas dès les années 30 ! Pourtant, de nos jours, l'expression est quasiment tout le temps synonyme d'utilisation d'Internet, surtout en France (Fenouillet et Déro, 2006). Les Anglo-saxons disposent quant à eux d'une multitude de termes précisant mieux les usages faits des moyens électroniques : computer-based learning, online learning, virtual learning, web-based training, computer-mediated communication... Après synthèse d'une cinquantaine de sources différentes, Romiszowski dresse un tableau récapitulatif (reproduit au Tableau 2.4.1) des différents outils utilisés en fonction des modalités d'apprentissage (Romiszowski, 2003).

Il est alors possible de classer de façon assez objective les différentes formes de e-learning existantes. En revanche, ce document ne fait pas apparaître la situation des apprenants et ne fait pas figurer en particulier la notion de distance, bien qu'elle soit toujours sous-jacente. Ainsi, le type de scénario et donc l'efficacité du dispositif dépendent fortement de contraintes à ce niveau. Le taux de réussite (dont la mesure varie avec le type de résultat attendu : par exemple un diplôme) est directement corrélé à un facteur capital selon nous : la motivation.

	Apprentissage autonome (computer-based learning)	Apprentissage collaboratif/coopératif (computer-mediated communication)
Apprentissage en ligne et communication synchrone en temps réel	Surf sur Internet, accès à des sites contenant des informations utiles pour une formation (connaissances ou expériences) en ligne (exerciceur web)	Chat rooms avec ou sans vidéo (IRC, tableau blanc, web TV), audio/vidéoconférence
Apprentissage hors ligne et communication asynchrone	Téléchargement d'objet pour une utilisation locale (Learning Object Download)	Communication asynchrone par email, liste de discussion ou forum via des plateformes

Tableau 2.4.1 : les différentes formes de e-learning (Romiszowski, 2003, repris de Fenouillet et Déro, 2006)

### 2.4.2. Évaluation et problème de la motivation

La question qui se pose est la suivante : le e-learning est-il un moyen d'apprentissage efficace? Cette question admet une proposition complémentaire implicite fortement suggérée : on est tenté faire une comparaison par rapport à l'apprentissage traditionnel. On entend par ce terme le processus d'apprentissage ne reposant pas sur une médiation électronique, à un moment où à un autre. Pourtant beaucoup d'auteurs (Fenouillet et Déro, 2006) opposent plutôt le e-learning au présentiel (ou face à face) alors même que l'heure est au métissage des deux concepts (*blended learning*, Cronje, 2006). Tout simplement parce que l'efficacité est améliorée de la sorte, le but étant d'essayer de réunir les atouts de l'un pour compenser les faiblesses de l'autre.

Ce qui nous amène à discuter de l'évaluation d'un cursus en e-learning. Idéalement plusieurs cas sont à distinguer en fonction de l'objectif poursuivi par la formation : initiale, continue, diplômante... Les enjeux pour les apprenants ne sont pas les mêmes et leur profil est différent : âge, situation professionnelle et familiale, contraintes de temps. Dès lors, comparer d'un point de vue quantitatif les taux de réussite en fin de parcours pédagogique est fortement biaisé puisqu'un étudiant en formation initiale pourra s'investir à plein temps dans les études alors que quelqu'un déjà engagé dans la vie active aura beaucoup plus de mal à consacrer un temps régulier à la formation électronique (Vergidis et Panagiotakopoulos, 2002). Or, les parcours en e-learning concernent plus souvent le second type de profil que le premier, même si cela tend à évoluer. Dès lors, il est compréhensible que le taux d'abandon (valeur difficile à obtenir pour d'évidentes raisons de publicité) soit beaucoup plus élevé qu'en face à face (Beatty-Guenter, 2001). D'autres raisons peuvent être invoquées (Cronje, 2006), toutes contribuant à réduire la motivation de l'apprenant :

- problèmes de perception du concept même de e-learning : beaucoup d'acteurs du monde économique l'ont vu comme une méthode pour réduire drastiquement le coût des formations par rapport au présentiel, n'allouant ainsi pas assez de moyens à la réalisation des cursus. Le retour sur investissement était donc la variable principale
- supports pédagogiques décourageants : dans beaucoup de dispositifs, le texte est au centre des ressources disponibles : PDF, diaporama Powerpoint, pages web, ... Quelle est la valeur ajoutée par rapport au support papier, à part l'hypertexte? Ce sont autant de contenus peu attractifs, surtout sur le long terme, et qui restent de

toute façon pénibles à lire directement sur un écran. La part de contenus multimédia pertinents et interactifs reste faible voire anecdotique

- déshumanisation : malgré l'utilisation de forums ou de chat, l'impression de solitude reste présente. Actuellement, une prise de conscience de l'ampleur de ce facteur a lieu et de plus en plus d'outils permettent de recréer un lien social
- intermédiaire informatique : pour beaucoup de personnes néophytes ou débutantes en matière d'utilisation de l'ordinateur, la première étape, parfois laborieuse, va être d'apprendre à maîtriser l'ordinateur comme outil de médiation, et en tant que tel, de façon plus générale : il faut savoir installer les bons logiciels et plugins (ex : Flash), utiliser une clé USB, souscrire à un fournisseur d'accès, gérer une infection virale, configurer sa messagerie, ... Beaucoup de tâches non relatives à l'apprentissage lui-même mais pourtant indispensables et autant de facteurs (voire de prétextes) de démotivation

Cette liste peut évidemment être complétée. Au-delà de ces aspects rationnels, on ne peut s'empêcher de citer cette expression utilisée par Cronje : « *People don't want to learn from machines!* ». Il va même jusqu'à considérer, et avec lui un certain nombre d'autres auteurs (Greenagel, Rossett, Clark, Cardinali), que le e-learning est mort, en dépit de tentatives régulières de création de nouveaux *buzz-words* pour relancer l'intérêt, tels que l'*ubiquitous learning*.

A côté de ce tableau très sombre, Fenouillet et Déro proposent une vision plus contrastée. Selon eux, le e-learning connaît un certain nombre de réussites et obtient les mêmes résultats que le présentiel à condition d'y mettre suffisamment de moyens (aussi bien techniques qu'humains) et de créer les bons instruments par rapport à un scénario pédagogique original et non en se basant uniquement sur les possibilités technologiques du moment.

Encourager la motivation des apprenants est donc primordiale car c'est le moyen indispensable pour dépasser les freins listés ci-dessus. Nous devons donc tenir compte de ces paramètres dans l'élaboration d'une solution de e-learning. De plus, par rapport à notre domaine d'étude, la transmission de savoir-faire, nous induisons une plus grande contrainte à cause de la relation qui doit être faite entre du contenu stocké et visualisé en 2 dimensions (un écran) et des gestes et évolutions dans un environnement tri-dimensionnel : il ne s'agit pas uniquement d'un travail intellectuel, comme on l'a dit précédemment.

## **3. Approche proposée**

Dans les deux chapitres précédents, nous avons dressé un état de la situation des principaux domaines qui se croisent dans nos travaux : transmission de la connaissance tacite, des savoir-faire, e-learning, pédagogie de l'apprentissage musical en général et instrumental en particulier et représentation numérique de l'information. Au cours de cette étude, des contraintes ont émergé qui vont nous permettre de proposer les contours d'un nouveau dispositif de e-learning.



## 3.1. Vision globale

### 3.1.1. Caractéristiques fortes

Comme indiqué au 1.1.1, une solution de e-learning complète doit prendre en compte à la fois les mécanismes d'enregistrement des connaissances du professeur (étape 1) et ceux d'acquisition par l'élève (étape 2).

Du point de vue strictement pédagogique, nous avons vu que le cours traditionnel était la solution la plus efficace pour apprendre un instrument comme la guitare. D'après beaucoup d'auteurs, c'est l'opposé du e-learning, donc ! Pourtant, de notre point de vue, ce dernier ne s'oppose pas vraiment au présentiel. Les deux co-existent. Notre idée est de partir du processus le plus courant et de l'instrumenter grâce à un système d'information. Le but est que l'apprenant puisse travailler comme s'il avait l'enseignant en face de lui, en mettant en jeu les mêmes canaux sensoriels et le même schéma. Cela amène les caractéristiques suivantes :

- le cursus est basé sur des pièces d'abord en tant qu'œuvres musicales, pas sur des techniques (philosophie des méthodes). Ces dernières sont abordées dans le contexte artistique
- l'image et le son doivent être centraux : les composants multimédias seront donc un pivot de la solution dans tout échange
- le rôle de la machine est de gérer l'interactivité de façon à ce que la relation électronique élève/professeur se rapproche de la relation humaine. Il ne s'agit pas d'apprendre la musique, d'un point de vue sémantique, à l'ordinateur, même si cela peut être une des conséquences indirectes
- la communication dans le cours est bi-directionnelle, il faut donc reproduire ce mécanisme également. Le stockage de l'information permet de capitaliser du contenu au fur et à mesure des échanges, ce qui facilitera l'accès par les nouveaux élèves, qui bénéficient de l'expérience des autres dans l'apprentissage
- en tant que tel, le système d'information est en second plan, il doit s'effacer devant l'activité d'apprentissage. Cela veut dire qu'il doit être extrêmement simple d'accès, robuste (sensibilité aux bugs) et tolérant aux manipulations

Cette dernière caractéristique induit une très forte dépendance à l'interaction entre le système et ses utilisateurs, si bien qu'elle doit être prise en compte dans le développement et l'évaluation, d'où la nécessité d'une méthode particulière.

La solution proposée n'est donc pas en opposition avec l'apprentissage présentiel, mais le complète pour les élèves qui ont la chance d'avoir un professeur et ne le remplace que pour ceux qui autrement seraient livrés à eux-mêmes.

### 3.1.2. Médias naturels et autres médias

#### 3.1.2.1. Définition

Nous introduisons ici le terme de médias naturels pour désigner du contenu exploitable par un individu grâce à ses sens sans que les pré-requis nécessaires à la compréhension ne soient élevés. Cela signifie en particulier :

- que le codage de l'information est très basique : idéalement, il fait appel à des rouages utilisés en permanence par tout le monde : observation>imitation, écoute>répétition, recherche d'une position d'équilibre, ...
- que la mémorisation par l'apprenant du message véhiculé par ces médias se fera majoritairement à travers des gestes et des comportements peu ou pas intellectualisés

Pour autant, il ne s'agit pas du tout d'éviter toute intellectualisation de l'apprentissage car comme on l'a vu précédemment au 1.2.2 et au 1.4.1.1, toute activité met en jeu une part de connaissances théoriques, la musique en particulier.

De plus, selon l'adage « qui peut le plus, peut le moins », un élève non débutant qui a investi dans l'apprentissage d'un code de déchiffrement d'information (typiquement le lecture du solfège) ne doit pas pour autant être laissé de côté par une suppression de l'information la plus théorique. En effet, pour un tel profil, cette tâche est devenue un réflexe. C'est pourquoi, si les médias naturels doivent être mis en avant (ce qui est rarement le cas dans les méthodes), l'écriture ne doit pas disparaître totalement. Elle appartient à la catégorie des autres médias.

### 3.1.2.2. Artefacts multimédias

Nous pouvons à présent lister les médias qui vont jouer un rôle déterminant dans l'instrumentation du cours de guitare en présentiel et qui doivent donc être supportés par le système.

Média	Objet	Acteur ou type	Rôle	Niveau d'abstraction
Vidéo	De l'instrumentiste	Professeur	Montrer la vue globale de l'environnement, la posture à avoir, établir la relation humaine visuellement	Faible
		Apprenant	Identifier l'élève pour faciliter la relation	
	De l'instrument	Professeur	Montrer les bons gestes à reproduire, à imiter	Faible
		Apprenant	Évaluer le jeu de l'élève, poser une question en montrant le problème	
Son	Discours	Professeur	Explications pédagogiques, présentations	Moyen
		Apprenant	Poser une question	Moyen
	Musique	Professeur	Interprétation du maître (rendu sonore à reproduire), focalisation sur des passages particuliers, exercices complémentaires	Faible
		Apprenant	Interprétation de l'élève (rendu sonore à évaluer), étude de passages particuliers	Faible
Texte	Musical	Partition	Seule trace « officielle » de beaucoup de répertoires de la guitare, aide à la mémorisation pour ceux qui maîtrisent la lecture	Fort
		Tablature	Autre trace « officielle » adaptée à certains styles en particulier	Moyen
	Usuel	Normal	Menus, annotations	Variable

Tableau 3.1.1 : matrice d'utilisation des médias

L'image fixe ne fait pas partie du tableau. En fait, elle n'apparaît pas en tant que telle car on peut la considérer comme un cas particulier de la vidéo dans la mesure où tous les événements du Tableau 3.1.1 ont une durée de validité dans un contexte temporel (comme on le verra au 3.3). De cette façon, il est possible d'affecter un ligne temporelle (*time line*) à une image.

Ces médias sont les artefacts qui vont permettre à un élève et à un professeur de vivre leur relation d'apprentissage comme s'ils étaient dans le même lieu. En fait, les mêmes principes permettent également de créer une relation élève-élève, qui existe également dans le présentiel, sans être centrale au dispositif.

On notera également qu'une partie de ces médias n'a *a priori* pas d'enjeu pédagogique fort (comme par exemple la vue globale du professeur ou celle de l'élève). Leur existence se justifie par la nécessité de gérer la relation humaine en la rendant la moins automatique possible : dans le cours en présentiel, les acteurs se voient dans leur intégralité (habits, coiffure, matériel, ...). Il faut donc reproduire ce phénomène pour humaniser le système.

## 3.2. Mode de développement

A l'évidence, le développement d'un tel système doit être centré sur l'utilisateur. C'est lui qui doit valider les options qui lui sont proposées. C'est la meilleure façon de s'assurer que le service couvre les besoins. Pour ce faire, nous nous reposerons sur une méthodologie de co-construction originale qui favorise l'innovation.

### 3.2.1. Le plateau de créativité

C'est le lieu de rencontre par excellence des acteurs du co-développement d'un produit/service. La philosophie sous-jacente donne à chacun son rôle et gère la communication avec les autres (Conruyt *et al*, 2005). Le plateau peut être physique (un lieu) ou virtuel. Il n'est pas unique dans le sens où son apparence change en fonction de la phase du développement. Le point commun principal est le trait d'union qu'il pose entre les intervenants. Ceux-ci sont de nature très variée :

- Utilisateurs : essentiellement les élèves mais aussi les professeurs
- Concepteurs : membres du noyau de l'équipe de développement, les personnes dont c'est l'activité principale. Parmi elles :
  - Chercheurs : ils apportent des solutions originales aux problèmes rencontrés et participent à l'évaluation (spécialistes en sociologie)
  - Informaticiens : développeurs, spécialistes réseaux, responsables serveurs, infographistes, spécialistes médias
  - Designers : responsable de l'ergonomie et des interfaces
  - Chef de projet : c'est l'architecte ou le « chef d'orchestre » chargé d'assurer la distribution du travail et l'inter-communication. Pour ce faire, il est capable de partager les points de vue de tout le monde et a connaissance des usages et contraintes de toutes les disciplines mises en jeu
- Autres intervenants :
  - Consultants : ils apportent leur regard et leur expérience sur le déroulement des opérations sur le plateau
  - Personnels administratifs : ils assurent le fonctionnement non technique du projet et la logistique, notamment au niveau financier

- Entreprises : représentation des entités qui vont exploiter économiquement le service

Le plateau de créativité permet de mettre la technologie au service des usages au lieu de l'inverse (*techno-push*) car elle est utilisée en réponse à des problématiques et non en tant que telle. En effet, il existe souvent un gap entre démarche métier (du côté des concepteurs) et démarche usage (du côté des utilisateurs). D'ailleurs, ces deux populations ne savent pas communiquer entre eux, les premiers se réfugiant derrière la technique que les seconds ne peuvent comprendre. L'organisation que nous proposons résout ce problème en régulant la communication, notamment grâce aux multiples échanges suivis par le chef de projet pluridisciplinaire. Le but de cette démarche originale est d'aboutir à un produit/service qui corresponde réellement aux besoins et qui soit utilisé en pratique.

### 3.2.2. Profils et rôles détaillés des principaux acteurs

Les acteurs fonctionnent comme des pôles qui interagissent entre eux en émettant et réceptionnant des messages grâce au système de e-learning, qui régule donc la communication. A part les concepteurs, ce ne sont pas des spécialistes en informatique, il ne faut donc pas exiger d'eux des connaissances en la matière qui sortent des actions courantes qu'ils sont amenés à faire. On supposera donc que tous savent faire fonctionner des systèmes audio/vidéo grand public (chaîne Hifi, lecteurs MP3, DVD Video) et utiliser de façon basique Internet (mail, web).

#### 3.2.2.1. Professeurs

Ce sont les experts. Ils font partie de la classe des utilisateurs, avec un certain nombre de privilèges toutefois. Leur rôle est de donner la direction de l'apprentissage et de produire le contenu de référence en se basant sur leur expérience de pédagogue : choix de pièces du cursus, progression, interprétation-modèle, présentation des pièces, explications des passages délicats, des techniques dans leur contexte, proposition d'exercices complémentaires et suivi des apprenants (dont validation et réponse aux questions).

Du fait de leur position de producteur, tout support pédagogique doit être validé par eux. C'est en particulier le cas des interprétations audio/vidéo et des partitions/tablaturs. Pour ces dernières, beaucoup d'enseignants se sont formés à la saisie électronique (éditeurs), il est donc souhaitable de les laisser le gérer, tout en s'assurant qu'elle corresponde dans les moindres détails à l'interprétation enregistrée.

Le contact avec le sous-groupe des professeurs est relativement aisé dans la mesure où ils sont peu nombreux et qu'il y a de leur part un engagement au moment où ils acceptent d'intervenir dans le système.

#### 3.2.2.2. Élèves

Ils appartiennent à la classe des utilisateurs et représentent la population la plus nombreuse. Ce sont eux qui vont majoritairement orienter le développement puisque c'est en fonction de leurs besoins qu'il est orienté. Pour cela, en plus de l'utilisation du dispositif pédagogique, des outils de *feedback* leur sont proposés afin qu'ils puissent exprimer leur avis sur les fonctionnalités à améliorer (bugs, ergonomie défailante) voire à créer.

Il est attendu de ces apprenants qu'ils s'engagent à travailler les pièces données par les professeurs par l'intermédiaire du système de e-learning. Comme on l'a exprimé précédemment, ils peuvent déjà faire partie d'un cursus ou être simplement passionnés voulant apprendre (formation initiale) ou faux débutants<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Expression utilisée pour désigner une personne qui a déjà suivi des leçons mais n'a pas pratiqué depuis plusieurs années et qui veut recommencer. Les faux débutants ont en général une progression plus rapide car

### 3.2.2.3. Concepteurs

Il s'agit de l'équipe qui participe à l'élaboration du système d'apprentissage. Selon la philosophie du plateau de créativité, elle doit garder une écoute permanente des utilisateurs, à tous les stades du développement. Pour cela, elle doit créer des passerelles de communication à travers un fonctionnement ouvert. Elle a une écoute privilégiée des professeurs de musique car ce sont les experts d'où part la connaissance.

Les concepteurs donnent le rythme de la progression car ils établissent le calendrier de la progression du dispositif, en tenant compte des impératifs pédagogiques, certes. Ils sont en contact avec les autres acteurs intervenant ponctuellement : consultants, personnel administratif, observateurs, prestataires, ...

Le profil des membres de l'équipe est large. On y trouve des chercheurs, des informaticiens, des infographistes, un ingénieur du son et un spécialiste vidéo. Certaines compétences sont partagées par plusieurs personnes. Tout ce monde travaille sous la direction d'un chef de projet qui assure en particulier l'interface entre tous les types d'acteurs.

### 3.2.3. Caractéristiques de lieu

Comme évoqué auparavant, le plateau de créativité est aussi bien réel que virtuel. Pour un public non-averti, il est plus facile de l'assimiler à un lieu physique, comme montré à la 3.2.1. On y retrouve toutes les fonctions qui le caractérisent.

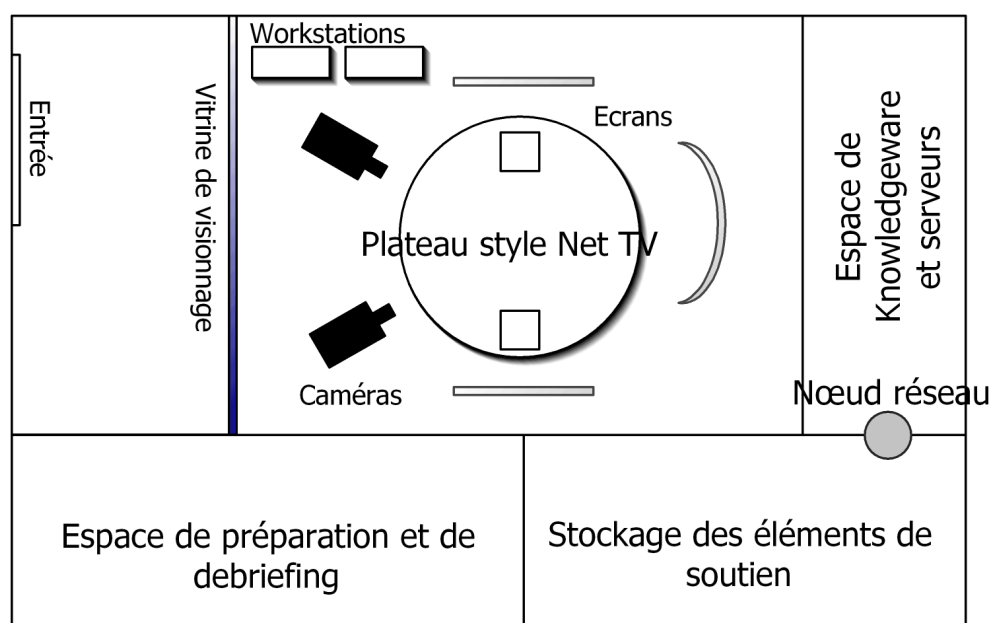


Figure 3.2.1 : exemple de plateau de créativité sous la forme de Net TV (Conuryt et al, 2005)

Parmi les plus importantes, il y a :

- la zone d'échange entre les acteurs. Les canaux de communications sont très variés, le visuel, l'oral et les comportements étant privilégiés
- une visibilité transversale permettant à chacun de voir ce qui se passe sur le plateau. Dans le réel, cela peut simplement être une baie vitrée, alors que dans le virtuel, il peut s'agir d'une transmission en direct sur le web (*multicast*)

ils ont déjà une expérience, en revanche, il est possible qu'ils aient pris des mauvaises habitudes dont il est difficile de se débarrasser.

- une infrastructure d'enregistrement de l'activité du plateau : des caméras/webcam, microphones, serveurs, ...
- un accès réseau vers l'extérieur pour la diffusion

### 3.2.4. Déroulement de la progression

Comme on peut le voir à la 3.2.2, le développement d'un produit ou d'un service sur le plateau de créativité est itératif. Il part d'une maquette, qui est une base de réflexion partageable entre tous les acteurs qui peuvent alors échanger sur les caractéristiques à rassembler et l'identité de la solution qui va naître. Un cahier des charges en est déduit.

Ensuite vient la réalisation d'un premier prototype qui implémente les fonctionnalités-clés. Il va subir une phase d'évaluation auprès de testeurs choisis pour leur attrait de la nouveauté (*early adopters*). Leurs retours permettent de créer un deuxième prototype qui gomme les défauts de la version précédente et rajoute les éléments manquants. Il est lui aussi évalué, mais à une échelle plus grande englobant un panel d'utilisateurs moins spécifiques tout en étant représentatifs de la cible à toucher.

D'autres prototypes peuvent suivre en fonction des évaluations associées jusqu'à ce que l'on converge vers un produit/service fini, correspondant aux attentes et pouvant être diffusé.

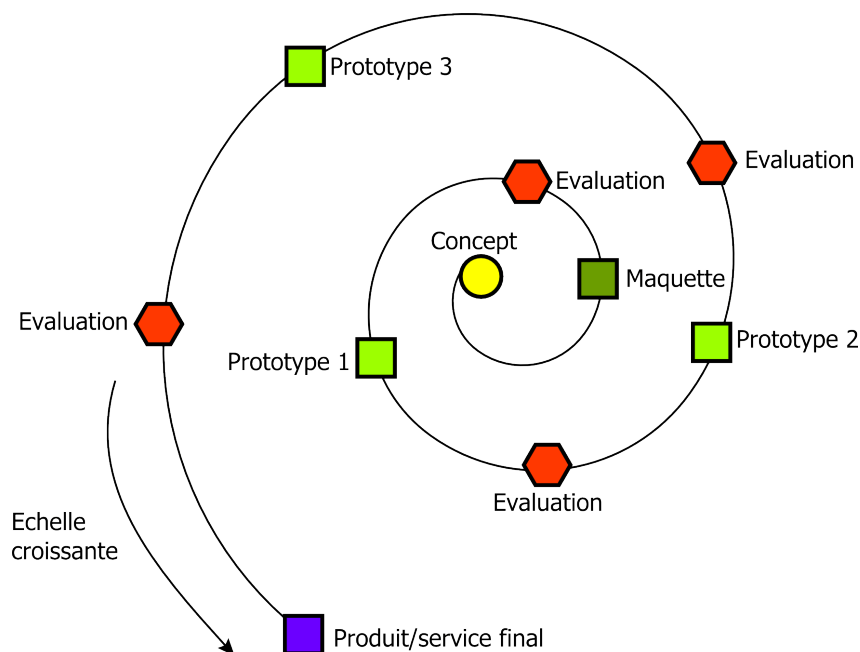


Figure 3.2.2 : spirale du développement sur le plateau de créativité

De manière générale, les besoins des utilisateurs peuvent être classés en deux catégories :

- les besoins exprimés : ils sont issus de la réflexion menée par chacun d'eux aux questions qui leur sont posées. Cela ne veut pas dire que ce sont les plus pertinents
- les besoins non-exprimés : ils sont déduits des observations et échanges menés sur le plateau à partir de comportements relevés lors de mises en situation sur les prototypes

La mise en exergue de ces derniers est la moins facile (notamment l'étude à distance du *body language*<sup>13</sup>), c'est pourquoi la procédure d'évaluation doit laisser la porte ouverte à ce genre de découverte.

### 3.2.5. Relation à la gestion des savoir-faire

Le plateau de créativité, comme on l'a vu, permet de faire émerger des produits/services sous forme d'outils. Il va plus loin car la méthodologie s'intéresse aussi à la transformation de ces outils en instruments, c'est-à-dire à l'appropriation par l'utilisateur de l'activité rendue possible par les outils. Par ailleurs, la porte reste ouverte à des détournements par rapport aux usages prévus par les concepteurs. Ce qui peut avoir des répercussions économiques très importantes, à l'instar des SMS<sup>14</sup> ou de certaines applications développées pour l'iPhone<sup>15</sup>. Dans notre cas (l'apprentissage de la pratique de la musique et la guitare en particulier), le terme d'instrument peut être pris au sens premier.

Pour Rabardel (Rabardel, 1995), l'instrument est un composite constitué d'un artefact, partie neutre relativement indépendante de l'usage car comprenant une fonction d'anticipation de l'usage initiée par le concepteur, et d'un ou plusieurs schèmes d'utilisation. L'outil devient alors le prolongement du corps du sujet dans la réalisation d'une action.

Le processus d'appropriation ne fait pas de distinction entre mécanismes explicites et tacites. Il a même tendance à favoriser les seconds car il ne pose pas de condition dans sa réalisation. En tant que tel, il s'insinue très bien dans le modèle SECI de transmission de la connaissance : le processus basé sur le constructivisme et qui favorise l'expérience est le même dans les deux cas. L'émergence de l'usage chez l'individu correspond donc à l'émergence du savoir-faire, effet recherché.

Le co-développement sur le plateau de créativité fait un parallèle entre la démarche métiers, qui se produit au sein de l'équipe de conception, et la démarche usages, qui se déroule du côté des utilisateurs (Conruyt *et al*, 2005). La 3.2.3 montre la friction qui a lieu entre les deux pour chaque étape de la progression, et ce, de manière itérative.

Cela se perçoit particulièrement bien au niveau des phases d'apprentissage, pour l'un et pour l'autre :

- Les acteurs de la démarche métiers ont d'abord une vision qu'ils décrivent sous la forme d'objectifs à atteindre, puis mettent en place un plan de développement et enfin réalisent une évaluation sur ce qui en est ressorti (gestion traditionnelle de projet), aboutissant à la création d'un savoir-faire en la matière

13 Réaction à un stimulus exprimé par un individu à travers la communication non verbale. Il peut s'agir d'un changement d'attitude, de posture, de contraction, ...

14 Short Message Service : système de transmission de messages textuels limités à 160 caractères sur le réseau GSM. Historiquement, cette possibilité n'était pas exploitée commercialement par les opérateurs, les SMS étaient même parfois gratuits car ils transitent par le canal de contrôle du réseau, consommant très peu de bande passante. La fonctionnalité avait été créée par les concepteurs pour faciliter le développement de la norme (tests). Seuls quelques initiés les utilisaient. Au fur et à mesure, ce phénomène a entraîné une émulation de plus en plus grande auprès du grand public qui trouve commode d'éviter d'émettre un appel pour une communication courte. Les opérateurs, qui n'avaient pas prévu un tel engouement, ont donc adapté leur offre tarifaire pour prendre en compte ce nouvel usage, ainsi que les constructeurs de terminaux, avec l'invention de modes de saisie avancée (écriture prédictive T9, dictionnaires, ...). Les acteurs de la téléphonie mobile ont ensuite voulu faire évoluer le système avec le MMS, qui attache au message des éléments multimédia. Ce dernier ne connaît pas le même succès.

15 L'iPhone d'Apple est un smart phone muni d'une interface tactile multi-points. Elle peut donc se réorganiser contextuellement à l'action de l'utilisateur. Certaines personnes ont détourné ces caractéristiques pour en faire un ocarina virtuel : l'écran tactile sert à reproduire les trous alors que le microphone de l'appareil permet de capter le souffle du musicien, jouant le rôle d'embouchure. Le logiciel est commercialisé sous forme de micro-transaction sur le site des Apple Apps, au prix de 0,79 €, ce qui lui a permis d'atteindre plusieurs centaines de milliers de téléchargements en très peu de temps.

- Les utilisateurs développent aussi un savoir-faire dans leur rapport à l'instrument, mais avant d'y arriver le processus d'appropriation les fait passer par une phase d'expression de l'identité qui déclenche l'activité sous forme de séquence de tâches pour conclure sur l'expression de sens. Il y a alors émergence du savoir-utiliser du produit/service

Finalement, l'usage existe lorsque l'outil a été transformé en instrument avec succès par l'utilisateur, qui pour nous, est l'apprenant, et avec lui, le savoir-faire.

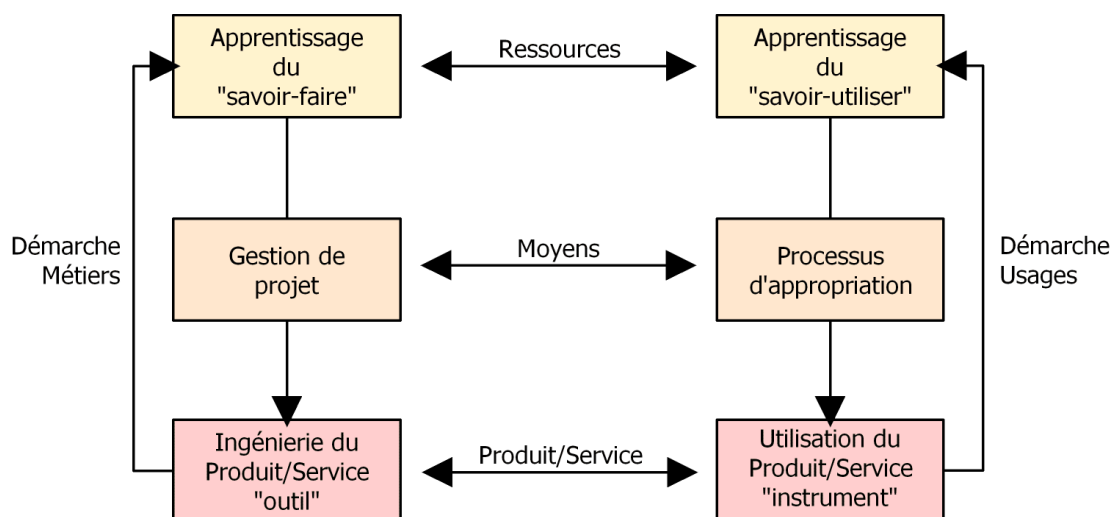


Figure 3.2.3 : interaction entre démarche métiers et démarche usages

### 3.2.6. Processus d'évaluation

Chaque itération permet de générer une version du produit/service qui doit être validée pour pouvoir converger vers une version définitive appropriée par les utilisateurs. Pour cela, on distingue deux approches d'évaluation adaptées à des profils de testeurs volontaires différents.

#### 3.2.6.1. Approche semi-quantitative

Elle consiste à produire et analyser statistiquement des données issues de questionnaires à choix multiples. Ces derniers peuvent être distribués sous forme papier ou sous forme électronique en ligne. Dans le premier cas, une étape intermédiaire de saisie est à prévoir. Cela peut être problématique en raison de l'aridité de la tâche et le risque d'erreur qu'elle induit.

L'avantage de cette approche vient de l'automatisation de traitement qui peut être appliquée sur les données, autorisant ainsi la prise en compte de centaines voire de milliers de cas. Il est ensuite possible de construire et nourrir une base de connaissance pour améliorer le ciblage : détermination des profils d'utilisateurs et émission de propositions adaptées.

Les inconvénients sont toutefois multiples. En premier lieu, il y a la question de la représentativité de l'échantillon. Par rapport au cahier des charges, à partir de combien de questionnaires retournés peut-on considérer que la masse de données sources est pertinente? Il n'y a pas de réponse pré-établie, c'est au cas par cas, selon la thématique, le public visé et le taux d'objectivité requis pour chaque question : certaines font appel à une réflexion de la part du testeur, ce qui peut introduire un biais. On peut aussi mentionner les réponses volontairement fausses ou approximatives. Autre limite, le côté dirigiste d'un questionnaire peut limiter la vision : pour chaque question, il faut prévoir le plus de cas différents possibles au risque de passer à côté d'une certaine réalité. L'ajout de choix semi-



ouverts (« si non, préciser : » ou « Autre, préciser : ») lève partiellement la limitation mais au prix d'une perte d'automatisation des traitements puisqu'il faut lire le texte saisi par l'utilisateur. Enfin, il faut aussi citer le problème de la logistique à assurer pour faire une campagne selon l'approche semi-quantitative. De nos jours, mettre en ligne un système de questionnaire est très facile et des versions papier peuvent être imprimées. La principale difficulté est le suivi des utilisateurs et notamment le moyen de les persuader de remplir le document une fois que le produit/service a été utilisé. S'il l'a effectivement été ! Dans les grandes organisations commerciales, l'incitation est entretenue par une récompense gagnée en fin de processus. Cela nécessite des moyens d'autant plus importants que le public visé est grand. Très rapidement, des spécialistes du domaine sont requis, avec des ressources à la hauteur.

### 3.2.6.2. Approche qualitative

Elle vise à rassembler des informations sur l'expérience qu'un groupe restreint de testeurs a avec des versions expérimentales du produit/service sur le plateau de créativité. Il est aussi possible de faire évaluer dans les mêmes conditions des solutions « concurrentes » (ou perçues comme telles) pour établir des comparaisons.

Pour cela, plusieurs types d'activités sont proposées, tantôt en groupe, tantôt en face-à-face avec les autres acteurs du plateau :

- mise en situation (seul)/Focus group (plusieurs personnes) : un ou plusieurs testeurs manipulent le système comme il(s) le ferai(en)t en autonomie. L'équipe de conception filme la scène et enregistre les actions pour identifier les usages et les situations bloquantes (*dead-end situations*). Un animateur gère le déroulement dans le temps et oriente éventuellement le ou les sujets en cas de problème sévère (bug)
- dans un deuxième temps, les testeurs sont guidés vers les fonctions importantes qu'ils n'auraient pas trouvées tout seul, afin de les évaluer. Dans cette partie, l'autonomie est plus réduite car l'animateur intervient de façon plus régulière
- entretiens : cela correspond à un débriefing avec tous les acteurs. En particulier, les expérimentateurs partagent leur point de vue sur ce qu'ils ont fait, ce qu'ils ont perçu particulièrement. Ce dernier point est intéressant car il permet de recouper avec ce qui a été réellement fait durant l'expérience : action réalisée vs perception

Les activités de l'approche qualitative concernent un public restreint mais sont beaucoup plus fines dans les retours apportés. Il demeure quelques limites : tout d'abord, il est nécessaire de trouver des utilisateurs qui soient réellement représentatifs autrement apparaît le risque de se tromper de cible. Ensuite vient le biais introduit par le lieu d'expérimentation sur le (ou les) testeur(s) : ce dernier est forcément perturbé par l'environnement non familier, ce qui fait qu'il ne réagira pas aux événements comme il l'aurait fait dans un espace connu de lui.

## 3.2.7. Particularités de cette instanciation

### 3.2.7.1. Particularités structurelle et organisationnelle

Le plateau de créativité est largement utilisé dans les grandes entreprises dans le design de nouveaux produits/services (Conruyt *et al*, 2005). C'est le cas notamment de Renault (création d'automobiles comme la Twingo) et de France Télécom (design de nouveaux services), par exemple. Des compagnies de cette envergure ont une infrastructure très importante pour supporter ce type de développement, avec notamment le Technocentre de Guyancourt pour le premier et le studio CreaNet pour le second.

Le fonctionnement idéal du plateau nécessite des moyens qui ne sont pas à la portée de tout organisme. L'originalité de notre instanciation consistera donc à tenter de reproduire le schéma avec des ressources moindres, à l'échelle du laboratoire. Cela signifie des compromis et une organisation particulière en terme de :

- locaux : utilisation de salles non spécialisées. Elles sont configurées en fonction des besoins en utilisant du matériel mobile : ordinateurs portables, vidéoprojecteur portatif avec écran, kit d'enceintes multimédia, ...
- compétences : il n'est pas possible de justifier tous les postes comme des temps pleins, c'est pourquoi plusieurs fonctions doivent être cumulées par les mêmes personnes. La multi-compétence est indispensable, en particulier du chef de projet
- ressources matérielles : les moyens financiers étant restreints, le matériel utilisé doit être le plus polyvalent possible et fonctionner en mode dégradé (tolérance de panne)
- optimisation des capacités des partenaires : certains traitements ou opérations peuvent se faire dans les locaux des entités associées, en fonction de leur spécialité, évitant ainsi une redondance excessive des fonctions

Les trois premiers points peuvent aussi prendre la forme de prestations : location, interventions ponctuelles, ...

On ne doit pas non plus sous-estimer la force du cumul des compétences. Dans une telle équipe, outre l'économie de moyens, il permet d'accélérer le développement car le nombre d'intermédiaires humains est réduit. De même, la proximité (réelle ou virtuelle grâce à des outils synchrones) participe à l'accélération du travail. Ici, de façon générale, tous les membres doivent par exemple avoir des bases en musique et en tout cas maîtriser la précision temporelle. Ce faisant, il s'agit d'une application intégrée du modèle SECI de Nonaka et Takeuchi !

#### 3.2.7.2. Particularité fonctionnelle

L'implémentation de la philosophie du plateau de créativité par une équipe aux moyens limités peut se voir optimisée par le concept d'utilisateur/concepteur.

Il s'agit de faire en sorte qu'une partie de l'équipe voire une ou deux personnes seulement aient toutes les caractéristiques d'un utilisateur moyen du produit/service à développer. Précisons qu'il ne s'agit pas d'une simulation ou d'une mise en situation mais bien pour ces membres-là de participer au développement de l'idée (du rêve?) qu'ils ont en tête.

Ce fonctionnement permet de raccourcir de façon spectaculaire les itérations des premières étapes de la 3.2.2 : les phases de maquettage, le premier prototype et surtout leurs évaluations. Les feedbacks n'ont alors même pas besoin d'être scriptés, ils sont faits en temps réel. Les réactions vives sont particulièrement intéressantes car révélatrices de la place qu'occupe le sujet de la discussion dans l'élaboration du système global.

L'avantage en terme de réactivité en début de spirale se double des connaissances des utilisateurs/concepteurs du volet technique du projet : ils sont à même de formuler des critiques approfondies par leur connaissance des rouages du produit/service.

Nous pouvons à présent aborder des points plus techniques et introduire une formalisation informatique du contenu que notre système doit gérer.

### 3.3. Contextualisation

Dans cette section, nous souhaitons aborder la question de la synchronisation entre des médias (audio, vidéo, texte) et une interprétation réelle réalisée par un expert. Cette

dernière est caractérisée par un déroulement dans le temps extrêmement fluctuant, comme on le verra un peu plus loin.

On va également définir la représentation formelle d'une pièce et comment les différents éléments rattachés seront synchronisés.

### 3.3.1. Référence temporelle et modèle d'une pièce

#### 3.3.1.1. Choix d'une métrique absolue

Le problème de la référence temporelle est en effet central étant donnée l'approche envisagée, s'appuyant fortement sur du multimédia, il en va de la cohérence entre les médias et, finalement, de l'interactivité que l'on peut bâtir entre eux au bénéfice de l'apprenant.

Par métrique absolue, on considère une échelle de temps en valeur absolue, permettant une comparaison quantitative entre deux fichiers. C'est la mesure temporelle de la machine, pas de l'humain.

Chaque média a son déroulement temporel et sa métrique propre, avec des niveaux de précision très différents :

- Fichier vidéo : l'unité de temps est l'image par seconde. Dans le système PAL utilisé en Europe, le débit est de 25 fps (*frames (images) per second*) soit 40 ms par image. C'est la durée minimale d'un événement, un pas de temps. Un mouvement rapide des doigts d'un professeur peut être plus rapide, ce qui aboutit visuellement à une succession d'images trop floues dans ces situations, heureusement assez rares
- Fichier audio : l'unité de temps est l'échantillon (*sample*) (Nyquist, 1928, Kotelnikov, 1933, Shannon, 1949). On parle de fréquence d'échantillonnage  $F_s$ , en Hz. Pour le multimédia de qualité, l'usage est de travailler avec  $F_s = 48$  KHz, soit 48000 échantillons par seconde et environ 0,02 ms par échantillon, ce qui est bien loin de l'unité de temps de la vidéo
- Fichier texte : il existe de nombreux moyens de synchroniser du texte au son et à l'image. La technique la plus simple est de le considérer comme élément graphique et de le traiter en tant que fichier vidéo, avec la métrique temporelle associée. Cette méthode a l'inconvénient de dégrader, selon les cas, la qualité visuelle du texte (puisque'elle est soumise à la résolution choisie), mais a l'énorme avantage de garantir la synchronisation puisque le texte fait partie du même flux. Autrement, il faut procéder par rapport à une échelle de temps arbitraire. Usuellement, c'est également celle de la vidéo qui est utilisée<sup>16</sup>.

Comme dit le proverbe, « la résistance d'une chaîne est celle de son maillon le plus faible », la meilleure précision que nous puissions avoir est donc celle du média vidéo. C'est donc cette métrique qui sera choisie. Elle a également l'avantage d'être commune à la technologie Flash, ce qui facilite l'importation et la synchronisation de fichiers à venir.

La question du rattachement de l'audio sur la métrique de la vidéo se fait quant à elle assez aisément du fait de la différence importante entre nombre d'images et nombre d'échantillons. Leur rapport, avec les paramètres choisis, est entier : 1920 échantillons par image.

<sup>16</sup> On pense particulièrement ici au format Flash qui repose sur cette norme. En revanche, le format du W3C Smil laisse au programmeur toute latitude pour choisir une base de temps ([http://www.w3schools.com/smil/smil\\_timing.asp](http://www.w3schools.com/smil/smil_timing.asp)).

Il faut à présent rattacher l'échelle de temps à une échelle basée sur les événements musicaux restant à définir.

### 3.3.1.2. Choix d'une métrique relative

Elle revêt une importance particulière parce que c'est elle qui va permettre de rattacher des éléments pédagogiques (par exemple des explications contextuelles) dans l'environnement auquel ils se rapportent.

Il s'agit d'une mesure du temps basée sur des événements ponctuels se produisant durant la séquence d'apprentissage. On ne peut pas ici parler de métrique temporelle sémantique car, à notre sens, cette dernière notion doit appartenir à des couches plus hautes dans le dispositif pédagogique.

Ici, il s'agit, plus directement, de créer une passerelle entre l'échelle absolue présentée ci-avant et le jeu réel du professeur. En effet, la performance humaine est caractérisée par d'inévitables fluctuations, plus ou moins importantes et conscientes, mais concourant à la création d'émotion dans l'interprétation. Ce qu'une machine ne peut reproduire, nous en sommes persuadé. C'est particulièrement vrai pour la rythmique et plus particulièrement le maintien du tempo.

Le tempo est la métrique musicale par excellence. Il s'exprime en battements par minute (BPM). On peut l'assimiler à une fréquence et donc calculer très simplement la durée d'un battement :

$$d = \frac{60}{\text{Tempo}} \text{ exprimé en secondes}$$

L'échelle classique des tempos d'un métronome va de 40 à 240 BPM ce qui nous donne un intervalle de temps par battement allant de 0,25 à 1,5 secondes, et donc compatible avec l'échelle de temps absolue choisie auparavant.

A cause de la fluctuation bien humaine du jeu de l'interprète, le tempo n'est jamais constant, même quand, du point de vue musical, il est censé l'être. De ce fait, cette métrique peut être perçue comme relative dans la pratique. Cette dualité entre point de vue théorique et point de vue pratique peut sembler ambiguë, c'est pourquoi, nous lui préférons une autre mesure de référence à partir de laquelle on pourra se ramener à toute autre.

En effet, nous proposons d'utiliser l'interprétation du professeur comme métrique principale. La pièce en elle-même constitue une unité. Elle peut être éventuellement partagée en sous-parties quand elles sont identifiées clairement (changement d'harmonie, de rythme, voire d'instrumentation). Ainsi, le découpage se fait en blocs logiques ayant un sens par rapport à la composition, le rapport à la métrique absolue se faisant par rapport à cette interprétation. Chaque bloc peut à son tour être décomposé en un certain nombre de mesures, au sens musical. Chaque mesure est une entité propre, finalement indépendante du tempo de jeu ainsi que de la signature rythmique. Elle est également indépendante d'une écriture particulière (partition, par exemple) dans la mesure où on peut la déterminer oralement, sans préalable. Cela est particulièrement intéressant pour la musique traditionnelle, non écrite.

A l'intérieur d'une mesure, on peut encore distinguer un certain nombre de temps, ce qui peut nous ramener au tempo, si besoin est. Tous les temps n'ont pas la même importance du point de vue hiérarchique. Une échelle aussi fine n'est pas toujours nécessaire du point de vue du système, néanmoins, elle sera utilisée ultérieurement dans la quantification de la synchronisation.

Ainsi, on obtient plusieurs niveaux de granularité qui peuvent être sélectionnés en fonction des besoins induits par la pièce : complexité, rapidité de succession des événements, ...

### 3.3.1.3. Modèle d'une pièce

La métrique absolue et la métrique relative sont finalement la représentation temporelle de la même entité. La première est celle privilégiée par la machine du point de vue média alors que la deuxième est celle utilisée par le domaine étudié, la musique.

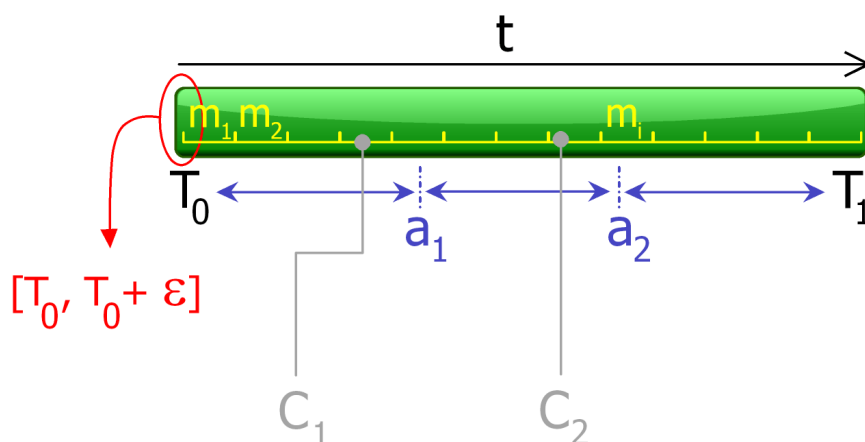


Figure 3.3.1 : modèle d'une pièce avec superposition des métriques absolue et relative

Dans la proposition que nous faisons, tout s'articule autour de la pièce de musique étudiée. Aussi, nous choisissons comme référence à tout le contenu disponible l'interprétation du professeur, ramenée sur une échelle de temps vidéo.

La 3.3.1 présente le modèle d'une pièce ainsi que l'articulation entre les métriques et les sous-métriques employées. Elles sont formalisées comme suit :

- $t$  : temps absolu, en heures, minutes, secondes et frames (image). Le format de temps est donc : HH :MM :SS :FF où, dans le système européen :
  - $0 \leq HH \leq 99$
  - $0 \leq MM \leq 59$
  - $0 \leq SS \leq 59$
  - $0 \leq FF \leq 24$
- $T_0$  est le début de l'interprétation du professeur
- $T_1$  est la fin de l'interprétation du professeur
- $a_1, a_2, \dots, a_i$  sont les points identifiant des changements de section, les blocs logiques de la pièce. Si  $a_j$  est le dernier changement de section, chacun d'entre eux est donc défini par un intervalle :  $[T_0, a_1]$  pour la première partie,  $[a_1, a_2]$  pour la deuxième partie et plus généralement  $[a_{i-1}, a_i]$  pour la  $i^{\text{ème}}$  partie et enfin  $[a_j, T_1]$  pour la dernière partie
- $C_1, C_2, \dots, C_i$  sont les contributions pédagogiques qui sont rattachées au contexte de la pièce dans lequel ils sont pertinents. Ils peuvent être rattachés selon la métrique absolue ou la métrique relative, selon les besoins et les contraintes dont on dispose
- $m_1, m_2, \dots, m_i$  sont les numéros de mesure qui composent l'œuvre étudiée

Les temps ne sont pas représentés sur la Figure pour ne pas la surcharger, d'autant que leur nombre est variable aussi bien d'une pièce à l'autre qu'à l'intérieur d'une même pièce.

On définit également la convention suivante : au début de la pièce, on peut déterminer un intervalle  $[T_0, T_0 + \epsilon]$  qui pourra accueillir tout contenu pédagogique relatif à l'ensemble de la

pièce étudiée. Ainsi, cette dernière peut être le conteneur de tous les éléments la concernant, y compris ceux qui n'ont pas de signification temporelle particulière comme par exemple une introduction générale, une présentation du compositeur ou du style de musique étudié. Concrètement,  $\epsilon$  est le temps, généralement très court, entre le début du fichier présentant l'interprétation du professeur et le début réel de la performance. L'utilisateur ne va pas forcément percevoir cette convention puisqu'il suffira que le système de e-learning présente un menu découplé pour ce genre de contenu.

L'intérêt de ce modèle est qu'il encapsule la description sous forme de partition et non l'inverse. Il ne fait donc pas un préalable de son existence pour traiter une pièce dans le système.

### 3.3.2. Synchronisation entre modèle d'une pièce et interprétation réelle

Cette opération est critique car c'est ainsi que l'on peut ajouter du sens au morceau étudié pour que la machine soit capable de gérer l'interaction entre les médias. Bien que ce ne soit pas le but principal de nos travaux, elle est particulièrement importante pour animer le suivi d'une partition, support restant demandé par les professeurs, du domaine classique notamment. Le principe qui s'applique est celui de « qui peut le plus peut le moins », c'est-à-dire que si on arrive à faire cette synchronisation pour un support aussi exigeant qu'une partition dont la granularité va jusqu'à la note près, on peut le faire pour des échelles moins fines.

#### 3.3.2.1. Méthode générale

De façon basique, la synchronisation va consister à établir une correspondance entre la métrique absolue et la relative, entre le modèle de la pièce et la performance de l'expert saisie dans un fichier multimédia (vidéo de préférence, son autrement).

Pour cela, il faut associer une étiquette de temps, ou *time stamp*, à chaque événement audible. Les autres événements pouvant s'attacher directement à la métrique absolue. Chaque association est appelée « point de synchronisation ».

Dans la pratique, pour une pièce de niveau moyen, cela revient à s'attacher à la suite de notes horizontales<sup>17</sup> qui composent la mesure. On utilisera l'expression de « notes significatives horizontalement ».

#### 3.3.2.2. Exemple

On se propose d'illustrer la méthode de synchronisation par une pièce de guitare très simple : le Menuet de Robert de Visée, adapté par Raphaël Andia et Catherine Fayance pour les débutants dans le « Panorama de la Guitare », Volume 1. Pour la circonstance, la pièce est débarrassée de ses répétitions.

Nous avons enregistré une interprétation personnelle de cette pièce sous la forme d'un fichier audio d'une vingtaine de seconde. La correspondance entre métriques est proposée à la 3.3.2. Comme on peut le voir, nous avons choisi l'écriture solfégique pour représenter la pièce, un choix en forme de compromis puisque l'un des objectifs est justement de pouvoir aussi se passer de partition ! Néanmoins, cette représentation est suffisamment parlante pour comprendre notre propos, c'est pourquoi elle est intéressante, même pour un public non rompu à sa lecture.

<sup>17</sup> Cette appellation désigne les notes qui, par leur présence, créent un *time stamp*. Par opposition, la superposition verticale de plusieurs notes, un accord, donc, ne nécessite qu'un seul *time stamp*, du point de vue temporel. Musicalement, on parle d'ailleurs d'écriture verticale (Mangeot, 1935).

D'ailleurs, cette situation est l'une des plus exigeantes puisque chaque note est écrite (granularité maximale) et est donc renseignée : à chacune d'elle (ou plutôt, à chaque note utile de l'écriture horizontale) est associé un point de synchronisation avec *time stamp*, reliant ainsi métrique absolue et métrique relative; interprétation et modèle de la pièce.

## Menuet

Robert de Visée

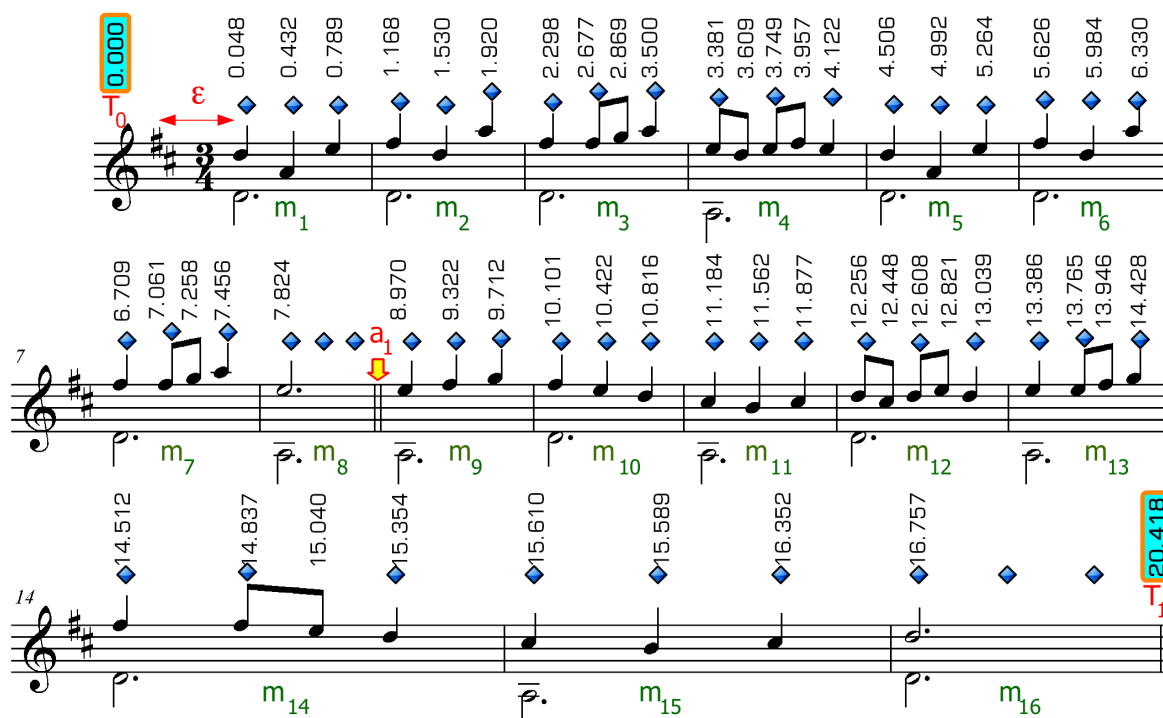


Figure 3.3.2 : exemple de correspondance entre interprétation et modèle d'une pièce

Dans cette représentation, chaque symbole en forme de losange  $\blacklozenge$  représente un temps musical dans la pièce. La signature rythmique étant  $\frac{3}{4}$ , il y a donc 3 noires/symboles par mesure.

La présence du repère  $a_1$  indique également une décomposition de la pièce en deux parties :  $[T_0, a_1]$  et  $[a_1, T_1]$ .

On peut également visualiser la zone initiale de l'interprétation  $\varepsilon$ , permettant d'attacher des ressources à toute la pièce. Elle est ici très courte car le fichier audio a été coupé au plus juste dans un éditeur, mais cela importe peu puisqu'il s'agit d'une convention de placement gérée par la machine. D'ailleurs, dans une séquence vidéo, cette amorce serait largement plus longue, en général le temps d'une ou deux mesures afin de s'imprégner de la pulsation voire d'insérer un décompte.

### 3.3.2.3. Optimisation de la méthode

La méthode générale proposée est extrêmement complexe et fastidieuse d'autant que la durée de son implémentation est directement proportionnelle à la durée de la pièce.

Une question se pose : ce procédé est-il automatisable? Étant donné l'état actuel de la recherche (Walmsley et al., 1999 & Music DSP Forum, 2005), la réponse est négative. En effet, faire un suivi de l'interprétation requiert un algorithme de tracking parfait d'une part dans le temps (reconnaissance des départs de notes et groupement en mesures) et d'autre part dans le domaine fréquentiel, afin de détecter les hauteurs de notes (extraction de la

fondamentale), et ce de manière polyphonique. Le tracking vidéo est encore plus complexe puisqu'il faut que la machine extraie des positions de doigts dans un espace en trois dimensions pourtant représenté sur un plan (celui de l'image).

Sur un cas très simple, comme le Menuet de Robert de Visée proposé précédemment, il est possible d'inférer une relation entre interprétation et représentations physiques de l'enregistrement audio et donc de faire le lien avec la partition. Considérons seulement les deux premières mesures, extrêmement basiques puisque seul le premier temps est duophonique. Par contre, une de ces deux notes, la basse, résonne sur les autres temps, en s'atténuant progressivement. Les Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5 représentent respectivement l'évolution de l'intensité (ordonnée) dans le temps (abscisse), le spectre en 2 dimensions (temps en abscisse, fréquences en ordonnées; plus la couleur est claire, plus la fréquence est présente) puis en 3 dimensions (analyse harmonique; fréquences en abscisse – inversé, temps en profondeur (fuyant), intensité en ordonnée).

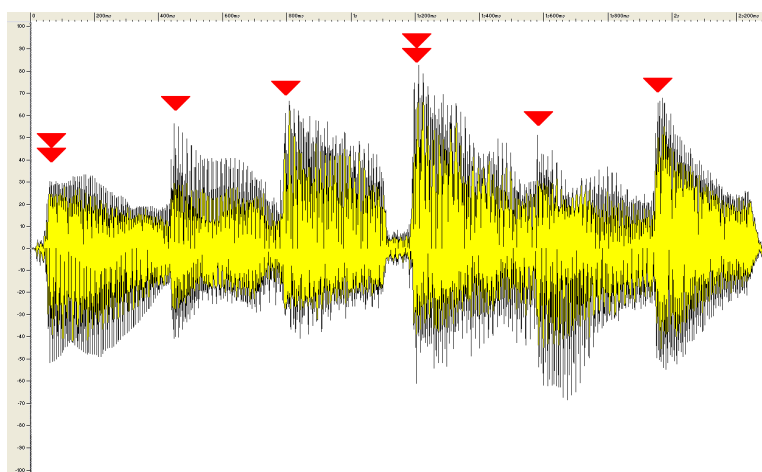


Figure 3.3.3 : forme d'onde des deux premières mesures du Menuet de Robert de Visée, affichées par le logiciel WaveLab Lite

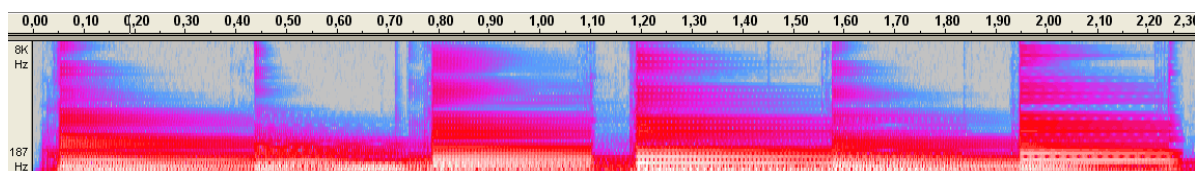


Figure 3.3.4 : représentation harmonique 2D équivalente (logiciel Audacity)

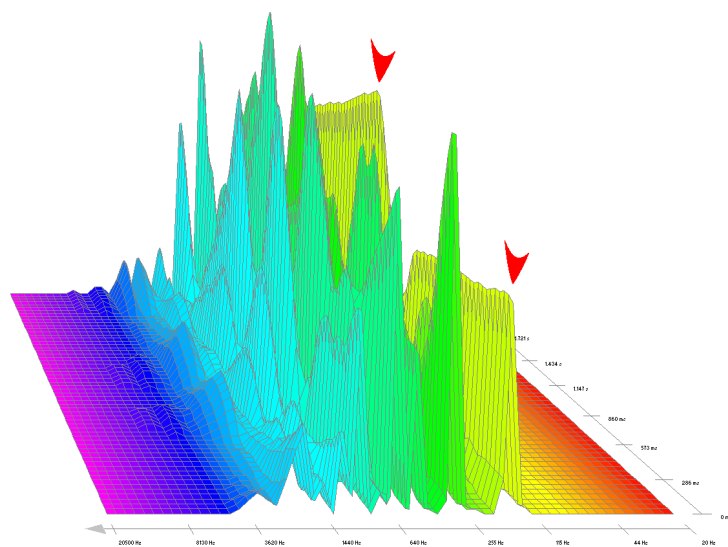


Figure 3.3.5 : représentation harmonique 3D (logiciel WaveLab Lite)



En recoupant les indications de ces différentes visualisations, on peut trouver :

- les temps : notamment grâce à la 3.3.3, sur laquelle on trouve les attaques caractéristiques des cordes de guitare (triangles rouges)
- les deux basses, également représentées par des triangles rouges visibles à la 3.3.5

En revanche, la détermination des hauteurs de notes est plus délicate en raison de chevauchements : les deux premières notes du premier temps sont ré, joué à une octave de différence. Le contenu harmonique est donc très proche. La deuxième note est la quinte, le la, un intervalle particulier dont les harmoniques comportent aussi des fréquences communes avec ré. Bien que possible malgré tout, la séparation n'est donc pas aisée, dans un cas pourtant très simple. Nul doute que pour des pièces complexes, elle restera encore expérimentale pendant quelques temps encore. La difficulté est d'autant plus grande que la grille temporelle n'est pas régulière puisqu'il s'agit d'interprétation réelle, sans compter l'influence de la dynamique, très variée à l'intérieur d'une pièce classique et donc source de difficulté supplémentaire.

Voilà pourquoi nous n'avons pas persévéré dans cette voie. Nous avons donc essayé de diminuer fortement la quantité de travail nécessaire pour baliser la pièce en tenant compte de son contenu.

En effet, dans certains cas que nous détaillerons un peu plus loin, repérer et apposer un *time stamp* à chaque note représentative est à la fois long et inutile car le profil de la pièce permet d'en ignorer un certain nombre.

L'idée est de créer les données de synchronisation en utilisant une méthode semi-automatique : la quantification de temps. Seules certaines notes particulières, généralement les temps de la pulsation, vont servir de références. La transition entre elles se fait par une simple interpolation linéaire.

Le postulat de départ est de considérer que le tempo est constant entre deux *time stamps* à condition que leur écart ne soit pas trop grand. Ce dernier jugement est laissé à la discrétion de l'opérateur. Pour mieux illustrer ce qui va suivre, on peut assimiler les temps dans la mesure comme points de synchronisation par défaut.

Soit  $u.v$  la signature rythmique. Dans cette notation,  $u$  est le nombre de temps par mesure et  $v = 1/2^r$  (avec  $r \in \mathbb{N}^*$ ) leur unité ( $1/4 =$  la noire,  $1/8 =$  la croche, ...). Ce choix de notation est celui du modèle anglo-saxon et de la plupart des séquenceurs (logiciels de séquence).

Exemple : pour  $3/4$ ,  $u = 3$  et  $v = 1/4$  (la noire).

Si  $T_s$  représente le tempo réel (interprété) au temps musical  $s$ , on affirme la chose suivante :

$$\exists k = h \times 1/2^{r'} \text{ avec } r' \in \mathbb{N}^* / r' \nmid r \text{ et } h \in \mathbb{N}^* \text{ tel que } T_s - T_{s+k} = 0$$

Le paramètre  $k$  est le pas de quantification, dépendant de  $h$ , coefficient fixant la durée optimale de validité de l'assertion, multiple d'une sous-signature rythmique extraite de l'originale.  $h$  est déterminé par l'opérateur en fonction de la pièce.  $k$  peut s'appliquer à toute la pièce ou uniquement à une portion de celle-ci, en particulier si elle peut être décomposée en section bien identifiées, différentes.

On peut maintenant comparer le nombre de notes à synchroniser en utilisant cette approche à la procédure manuelle pour une pièce de  $m$  mesures.

Soit  $n_j$  le nombre de notes significatives horizontalement pour la mesure  $j$ . Le nombre total de notes significatives  $n_{tot}$  pour la pièce s'écrit :

$$n_{tot} = \sum_{j=1}^m n_j$$

C'est également le nombre de points de synchronisation utilisés dans la méthode manuelle.

A l'opposé, le nombre de points  $n_{tq}$  nécessaires avec la méthode par quantification de temps est :

$$n_{tq} = m \times \frac{u.v}{k}$$

Le ratio  $n_{tq}/n_{tot}$  donne le gain dans le processus, son rendement. Il est intéressant de le discuter. Mathématiquement,  $0 < n_{tq}/n_{tot} \leq 1$  :

- Le cas  $n_{tq}/n_{tot} = 1$  peut arriver si toute la pièce est basée sur la même figure de rythme que celle de  $v$  dans la signature. C'est le cas de certaines pièces très simples ou des arpèges. Inversement, on peut aussi se rapprocher de ce cas dans des pièces très complexes au tempo très versatile. C'est un cas extrême. Dans cette configuration, le gain de temps est nul
- Le cas  $n_{tq}/n_{tot} = 0$  est un non sens. En revanche, dans le cas d'une limite, quand ce rapport tend vers 0, cela signifie que la pièce est très propice à la quantification. Cela peut arriver quand le tempo est absolument constant (c'est à dire donné par un métronome, une boîte à rythme, une séquence, ...) et que les figures de rythme utilisées sont peu variées

Voyons à présent deux exemples concrets, afin d'évaluer le gain d'un point de vue quantitatif.

Le premier cas est un arrangement pour la guitare de la fameuse chanson Greensleeves, interprétée par un de nos professeurs de guitare, Patrick Sida. Cette version comporte  $n_{tot} = 105$  notes. La signature rythmique est  $3/4$  et  $m = 32$ . La pièce commence sur une levée (une noire). Il n'est pas nécessaire de la prendre en compte car sa durée est très faible devant celle de la pièce. Le jeu de notre expert est basé sur un tempo assez stable, nous avons donc pris  $k = 3/4$ . Au final, nous avons donc :  $n_{tq} = 32$ .

Le rapport est :  $n_{tq}/n_{tot} \approx 0.30$  ce qui signifie que moins d'une note sur trois est utilisée comme point de synchronisation.

Le deuxième cas est notre version du Menuet de Robert de Visée. Comme on peut le voir à la 3.3.2, cet arrangement contient  $n_{tot} = 52$  notes significatives. La signature rythmique est  $u.v = 3/4$  pour  $m = 16$ . Notre interprétation personnelle ne comporte pas d'importantes fluctuations de tempo, on peut donc prendre une valeur radicale de  $k = 6/4$ . Cela nous donne :  $n_{tq} = 8$

Le rapport est :  $n_{tq}/n_{tot} \approx 0.15$

Il est intéressant de souligner que cette méthode supporte le time-stretching (compression/expansion temporelle) puisque le traitement appliqué peut être exprimé sous la forme d'un rapport. Il suffit de reporter celui-ci sur les *time stamps*.

Sa principale limite est aussi ce qui fait sa force : elle se situe au niveau de la dépendance au contenu des pièces. En effet, quand le rapport  $n_{tq}/n_{to}$  est proche de 1, elle n'est d'aucune utilité. Cela se produit dans des pièces plutôt complexes. Le deuxième mouvement du Concerto d'Aranjuez de Rodrigo en est un exemple : sur la partie de guitare, en dehors des zones où des accords sont joués, le jeu est basé sur un rubato permanent qui fait que les points de synchronisation se situent quasiment sur chaque note.

Rajoutons d'autres cas particuliers où, malgré la conformation d'une pièce aux critères évoqués ci-dessus, il peut y avoir quelques points de synchronisation supplémentaires : les appoggiatures, trilles et autres notes jouées en dehors du temps. Ces dernières peuvent provoquer une rupture de « fluidité » rythmique et donc nécessiter un recalage supplémentaire.

Une structure musicale stable est généralement requise pour que ce procédé marche bien. Ainsi, il ne s'adapte pas du tout à la musique contemporaine comme celle d'Ohana, Boulez ou Xenakis (voir bibliographie).

### 3.3.3. Description XML

On souhaite évoquer ici la manière de représenter sous forme d'un document XML cette synchronisation. On a vu précédemment qu'un format comme MusicXML proposait déjà une ontologie complexe (Recordare, 2004-2008) pour la description des événements à reproduire. En revanche, il ne propose rien pour faire le lien à une performance réelle. En théorie, la tâche n'est pas si complexe : il suffirait de baliser le fichier XML avec les *time stamps* de façon à lier tout événement à un marqueur de temps. Il s'agit là du cas le plus complexe car la description est alors complète mais nécessite une interface de saisie particulière qui pour l'instant n'existe pas.

Grâce à l'optimisation proposée au 3.3.2.3, il est possible de s'abstenir de saisir tous les *time stamps* pour gagner du temps et diminuer la saisie fastidieuse, mais nous perdons alors le bénéfice de la description complète. Nous proposons alors un compromis : la décimation des repères temporels peut se limiter à indiquer le commencement des zones sémantiquement intéressantes de la pièce. Par ce terme, nous désignons l'articulation humainement perceptible d'une œuvre, le phrasé. Cela peut être, par granularité décroissante :

- des groupes de mesures : ainsi, dans beaucoup de musiques binaires, la structure mélodique repose sur un regroupement de mesures en puissances de 2. Exemple : sous-partie 1 (question) sur 4 mesures, sous-partie 2 (réponse) sur 4 autres mesures et ainsi de suite
- les différents  $a_i$  qui jalonnent le morceau
- les grandes sous-parties qui sont, en général pour les chansons : introduction, couplet, refrain, pont, conclusion, ...

Le choix de la granularité est laissé à la discrétion de la personne qui va saisir la description de la pièce dans le système. Il est basé sur la précision nécessaire (réduire l'intervalle entre deux repères tant que la précision souhaitée n'est pas atteinte) et sur la structure de la pièce.

Ce compromis amène deux avantages :

- le support d'une pièce par la machine n'est plus conditionné à l'existence d'une notation quelconque ( $\approx$  partition), ce qui permet de gérer la musique non-écrite
- la structure de la pièce ainsi décrite peut être plus flexible et s'accommoder d'interprétations qui varient énormément<sup>18</sup>.

Le corps du fichier XML à produire est donc extrêmement simple puisqu'il suffit de faire correspondre un label de la zone (avec un identifiant ID) et le time stamp de l'interprétation.

On fera figurer en entête :

<sup>18</sup> Ce genre de cas n'est pas si rare. Ainsi, dans la musique irlandaise, nombre de chansons du folklore existe en version binaire et en version ternaire. Exemple : « Star of the County Down »

- les meta-données de la pièce : titre, compositeur, interprète
- durée de l'interprétation réelle
- frame rate
- éventuellement la signature rythmique, mise à jour le long de la pièce, afin de pouvoir calculer des tempos moyens

## 3.4. Considérations ergonomiques et d'interface

Elles revêtent une importance particulière car pour la plupart des utilisateurs, l'application est l'interface : ils n'ont pas connaissance du travail qui se trouve derrière le frontal. Joel Spolsky (Spolsky, 2002) compare ce phénomène à un iceberg, dont 90% est invisible sous la surface de l'eau. Il est très critique dans la marge d'expression laissée à l'utilisateur dans les choix ergonomiques : « *Customers Don't Know What They Want. Stop Expecting Customers to Know What They Want.* » Dès lors, il nous revient d'étudier en amont les différents choix possibles afin d'établir une présélection en la matière. Pour cela, on distinguera interface physique (artefacts d'utilisation) et interface virtuelle d'accès logiciel.

### 3.4.1. Dispositifs d'interaction physiques

Les terminaux numériques actuels proposent des formes variées d'interfaces physiques pour échanger avec l'utilisateur. Faisons un bref tour d'horizon des plus connus, avec leurs points forts et leur limites.

#### 3.4.1.1. Clavier/Souris

Dès lors que l'on touche au micro-ordinateur, c'est la combinaison de périphériques d'entrée par excellence (3.4.1). C'est la seule qui permet de remplir les deux grandes fonctions suivantes :

- entrer du texte en grande quantité
- pointer et activer avec la meilleure précision possible un élément sur un écran

De plus, elle a l'avantage d'être très commune et bon marché. Au fil des années, elle a tenté de gagner en ergonomie par de petits apports, visibles à la 3.4.1 tels que :

- une molette de défilement des fenêtres (crantée ou non) pour la souris. Cela permet de laisser le curseur dans le contexte courant tout en modifiant l'affichage. Cette possibilité est souvent détournée dans les logiciels auteurs pour modifier plus facilement une valeur numérique. Certains modèles sont bidirectionnels (horizontale et verticale)
- des touches systèmes. Elles permettent de contrôler le système d'exploitation sans quitter la tâche courante
- des touches multimédia (sur la partie supérieure du clavier) : volume, lancement d'applications, ...

L'information véhiculée par le clavier est binaire puisqu'une touche est enfoncée ou non. Par contre, la souris permet de parcourir un ensemble de valeur dans deux dimensions (le plan) voire trois si on y ajoute la molette. L'ensemble n'est pas dénué de défauts, parmi lesquels :

- le temps d'apprentissage pour le maîtriser : il est très variable pour la souris (très rapide pour les enfants, assez long pour les personnes âgées) et long pour le clavier

pour atteindre un niveau de frappe rapide (par exemple, la vitesse suffisante pour faire de la messagerie instantanée). Il faut également saisir les règles d'entrée des majuscules, des accents et les caractères spéciaux (rôle de Verr. Num., Shift, Ctrl, les messages des leds visibles en haut à droite du clavier sur la 3.4.1)

- La non-standardisation du layout. Les claviers en particulier varient dans leur organisation selon le pays bien sûr (AZERTY, plusieurs variantes de QWERTY dans le monde, ...), le type d'ordinateur (PC et Mac ne partagent pas les mêmes touches) et la taille du terminal (fixe/portable)

En règle générale, clavier et souris ont une image de complexité liée à l'outil informatique qui peut rebuter par sa complexité (parfois apparente) et du fait que pour beaucoup de personnes, il est associé à l'activité professionnelle (utilisation au bureau).



Figure 3.4.1 : clavier et souris

### 3.4.1.2. Télécommande

La plupart des appareils grand public actuels peut être contrôlée à distance grâce à une télécommande (3.4.2). C'est devenu un objet si courant que l'équipement contrôlé ne dispose même plus des boutons équivalents et ne peut pas fonctionner sans. Il est donc largement entré dans les mœurs, ce qui en fait une interface de contrôle très populaire pour le grand public.



Figure 3.4.2 : télécommande de lecteur DVD

Sa complexité varie beaucoup avec le type d'équipement associé. Un cas qui nous semble intéressant est celle du lecteur de DVD, comme présenté sur l'illustration proposée. En effet, le nombre de touches est conséquent car le format supporte des fonctions multimédias assez avancées quoique très peu utilisées en pratique. Cela peut donc dérouter le néophyte.

Mais pourtant, par rapport aux autres périphériques d'entrée, la télécommande utilise un concept qui facilite sa maîtrise : un bouton = une fonction, toujours la même. Cela correspond aux touches du bord, sur la partie inférieure de la 3.4.2. Par opposition, les autres dispositifs assignent un rôle à un bouton qui change en fonction du contexte dans lequel l'utilisateur est, ce qui peut le désorienter. On gagne par contre en flexibilité puisque toute fonction ou possibilité n'est pas liée à l'existence d'une commande pour s'en servir.

La télécommande tente de compenser partiellement ce soucis. La plupart des modèles de nos jours permet tout de même de déplacer un curseur (souvent rudimentaire) à l'écran afin de faire des choix dans un menu. Le contrôleur prend la forme d'un groupe de quatre

boutons indiquant chacun une direction (haut, bas, gauche et droite) complétés d'une touche de validation (OK ou Entrée).

L'usage de pictogrammes standards facilite l'accès aux fonctions de base : lecture, arrêt, précédent, suivant, avance et retour rapides, pause, ...

Enfin, la télécommande jouit d'une particularité extrêmement intéressante : l'absence de câble qui autorise l'utilisation du terminal sans contrainte. Les autres dispositifs existent aussi dans des versions sans fil, mais ce n'est pas une caractéristique par défaut, on ne peut donc être sûr que tout le monde l'a (c'est même plutôt l'inverse).

L'information véhiculée est binaire : une touche est appuyée (1) ou pas (0).

### 3.4.1.3. Gamepad

C'est le périphérique d'entrée utilisé par les consoles de jeux (3.4.3). Il est aussi connu sous le nom de *joypad*. Le terme *pad* renvoie à la croix directionnelle qui autorise les déplacements à l'écran. C'est ce qui le caractérise, notamment par rapport au *joystick*, dont le contrôle principal est le manche à balai (littéralement, le *stick*).

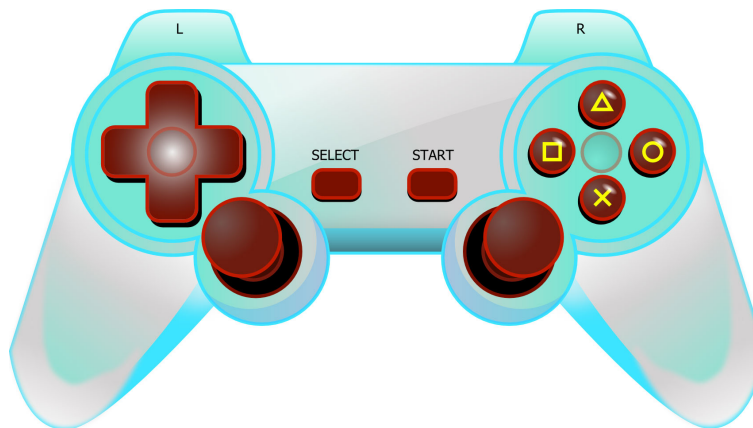


Figure 3.4.3 : gamepad utilisé pour les jeux vidéo

Historiquement, le *gamepad* est très simple puisqu'il se compose du *pad*, de deux boutons d'action (appelés simplement A/B ou 1/2 car leur fonction change selon le jeu), éventuellement accompagnés de touches Start (début) et Select (sélection dans un menu).

Avec le temps, le nombre de boutons d'action a fortement augmenté, rajoutés sur la surface du contrôleur (console Sega Megadrive) et dans la tranche supérieure (console Nintendo Super NES) et même sur la face arrière (console Nintendo Wii). Les informations envoyées à la console sont essentiellement numériques binaires (0 ou 1 pour touche enfoncée ou pas). Depuis le milieu des années 1990 (et la console Nintendo 64), un ou plusieurs *mini-joysticks* ont été rajoutés pour pouvoir entrer de l'information analogique, au sens de coordonnées variables de façon (quasi) continue sur une plage de valeurs. Cela a coïncidé au virage vers la 3D temps réel dans lequel l'utilisateur doit pouvoir doser la quantité de mouvement de son personnage. Par exemple, faire la différence entre marcher et courir. Le *gamepad* actuel moyen profite donc cette évolution. Celui montré à la 3.4.3, en possède deux, positionnés sur les deux excroissances de la partie inférieure.

Ce qui rassure l'utilisateur moyen, c'est la simplicité, à travers le nombre de touches réduit. Cette particularité dictée par son usage en fait le seul périphérique d'entrée qui puisse être utilisé sans le regarder : le regard de l'opérateur peut rester fixé sur l'écran.

La limite principale est le revers de la simplicité : le type d'information véhiculé est basique et le nombre de paramètres ne doit pas être trop grand (pour éviter les combinaisons de touches). Pour saisir un texte, par exemple, il faut afficher un clavier à l'écran et déplacer un

curseur grâce à la croix directionnelle pour sélectionner chaque lettre, ce qui est fastidieux. On peut également noter une limitation indirecte : les *gamepads* de consoles de jeux répandues sont assimilés par le public, mais le développement sur ces plateformes est fermé et soumis au versement de royalties, ce qui est délicat pour un travail en laboratoire. L'autre possibilité est l'utilisation de ce périphérique d'entrée sur un micro-ordinateur. Le soucis est alors de fixer comme préalable l'acquisition d'un *gamepad* USB, une contrainte supplémentaire pour l'utilisateur, d'autant qu'il existe une pléthore de modèles aux caractéristiques différentes. Une exception envisageable est le modèle de Microsoft qui fonctionne à la fois sur sa console Xbox 360 et sur PC.

#### 3.4.1.4. Interfaces à écran tactile digitale

Cette expression désigne toutes les interfaces sous la forme d'écran pouvant réagir à la pression d'un ou plusieurs doigts. Le terme digital fait ici référence à cet organe, par opposition aux interfaces tactiles requérant un artefact comme intermédiaire, la plupart du temps un stylet.



Figure 3.4.4 : interface à écran tactile de type iPhone d'Apple

Ce genre de surface de contrôle est en train de se développer très rapidement sur les téléphone portables de type smart-phones, emmenés par l'iPhone d'Apple (3.4.4). Sur ce type de terminal qui permet de téléphoner, d'écouter des fichiers multimédias, d'accéder à Internet et plus généralement d'utiliser plein d'applications, la problématique était d'avoir un système de contrôle identique pour tous ces usages très différents. L'écran tactile est certainement la meilleure solution car il laisse toute latitude aux développeurs pour créer des commandes propres à chaque utilisation. Mieux, pour un contexte donné, il n'est affiché que les possibilités qui s'y rapportent, permettant de simplifier la quantité d'information à un moment donné. Ainsi, la 3.4.4 montre le strict nécessaire pour composer un numéro de téléphone quand l'appareil est utilisé dans ce mode, masquant presque tout ce qui n'a pas trait à cette action.

La contextualisation alliée à l'utilisation au doigt sont donc les points forts de ce type d'interface, très adaptée aux périphériques portables. En revanche, elle ne permet pas de tout faire, en particulier de saisir rapidement une information fine, comme par exemple des coordonnées sur une carte. En effet, la taille du doigt induit une précision assez faible, à l'inverse d'un pointeur de souris, par exemple. De même, avec l'habitude, taper un texte sur un clavier tactile est moins confortable (et rapide) que sur un vrai clavier.

Enfin se pose le problème de la non-standardisation. Chaque type de terminal a ses propres caractéristiques (taille, possibilité d'utiliser plusieurs doigts, ...), ce qui fait que le développement doit se faire au cas par cas, et souvent sur des plateformes propriétaires.

#### 3.4.1.5. Discussion : lien avec l'apprentissage instrumental

Le but de ce paragraphe est de déterminer, parmi les principales interfaces physiques grand public passées en revue, laquelle est la plus adaptée au e-learning instrumental.

Ce dernier se caractérise par deux éléments :

- la nécessité de gérer un dialogue pluri-média entre le professeur et les élèves : sont mis en jeu aussi bien le texte, l'image, la vidéo et bien sûr le son

- le fait de devoir tenir l'instrument devant le système. L'interface de contrôle gêne donc la pratique puisque les mains sont occupées. Il faut chercher à minimiser ce désagrément

Ces éléments sont antagonistes, il faut arriver à un compromis. On constate alors qu'aucune interface ne réunit tous les avantages car leur rôle varie beaucoup avec le type d'action entreprise dans le processus de e-learning. Par exemple lorsque la saisie de texte est requise, un clavier est irremplaçable alors que pour consulter de la vidéo, une télécommande est très bien adaptée.

La solution est donc de ne pas utiliser un modèle unique d'interface physique, mais une combinaison : à chaque activité son interface. Cela conditionne également l'ergonomie du point de vue de la charge d'information à l'écran car un type d'interface est souvent lié à un type de plateforme.

### 3.4.2. Interfaces visuelles d'accès à l'information

Nous nous proposons de passer en revue 3 types d'interfaces graphiques en allant de la plus complexe à la plus simple. L'objectif est d'évaluer leurs points forts et points faibles dans le support de l'apprentissage. Chacune peut être déclinée en différentes tailles afin de s'adapter à des types de terminaux différents : fixes, mobiles, haute/basse résolution, ...

#### 3.4.2.1. Interface type application informatique

Il s'agit du *look and feel*<sup>9</sup> usuel des logiciels actuels. Ceux qui nous intéressent ici sont ceux qui disposent d'une gestion du temps. Sont donc particulièrement concernés tous les éditeurs musicaux (3.4.5), vidéos et également les lecteurs multimédias.

Ils sont tous basés sur l'analogie avec la télécommande pour ce qui est du déplacement dans le temps (visible dans un bloc en bas de l'écran sur la Figure). L'avantage de ce type d'interface est le nombre de fonctions qu'elle peut proposer à travers des fenêtres de propriétés amovibles (bandeau gauche de la capture d'écran) et de multiples visualisations.

L'inconvénient d'une telle approche est la complexité (parfois apparente) de la fenêtre. Ainsi, il y a de fortes chances qu'un néophyte soit de prime abord désorienté par une présentation comme celle de la 3.4.5 à cause de la multiplication des boutons et de la richesse et de la densité de l'information. Pourtant, ce n'est qu'une apparence : il s'agit simplement de la répétition du même type d'éléments : des pistes, destinées à accueillir des informations musicales. Chacune est nommée et affectée à un périphérique dans la deuxième partie de la colonne du bloc de gauche. Le développement des événements dans le temps occupe environ les deux tiers de la surface de la fenêtre. Enfin, on retrouve un trait commun à une majorité de logiciels : la barre de menus supérieure. Elle regroupe thématiquement les fonctions, mais le classement et la signification des termes ne sont pas toujours parlants. C'est pourquoi, pour les commandes les plus utilisées, une redondance graphique existe, sous la forme de boutons représentés par des icônes placés sur une barre située juste en-dessous des menus.

Il existe des interfaces plus simples, pour remplir la même fonction (à l'instar des logiciels de la suite iLife, d'Apple), mais dans ce cas, le nombre de fonctions disponibles est drastiquement revu à la baisse.



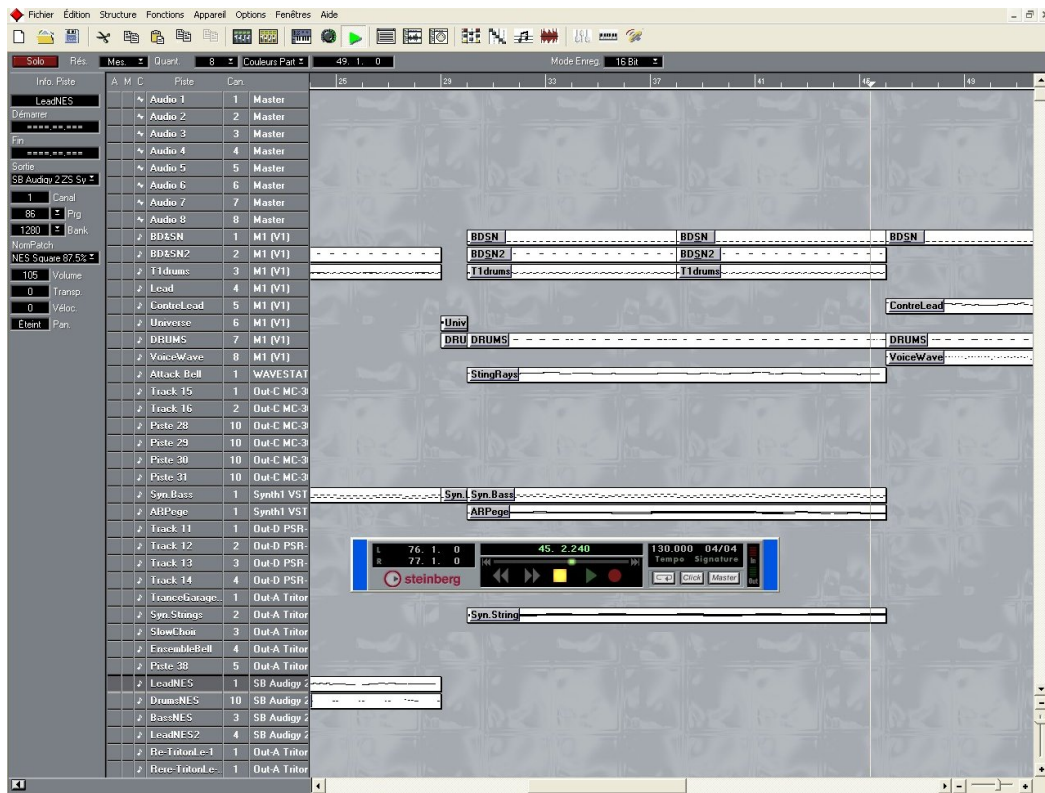


Figure 3.4.5 : interface type application informatique : séquenceur Cubasis AV de Steinberg

La plupart des applications professionnelles d'*authoring* restent beaucoup plus sobres. L'attractivité est la plus faible lorsque les éléments d'interface graphique par défaut des systèmes d'exploitation sont utilisés, comme on peut voir sur la 1.4.6. C'est pourquoi ils sont souvent remplacés par des versions riches en couleurs et aux icônes explicites.

### 3.4.2.2. Interface de type jeux vidéo

Les options qu'elles supportent doivent être accessibles très rapidement et par des manipulations très simples car la priorité est donnée à l'action du jeu. Visuellement, la place occupée à l'écran par l'interface doit aussi être réduite tout en étant explicite.

C'est ce compromis entre consommation d'espace et efficacité qui est particulièrement intéressant. La 3.4.6 en est un exemple. Il s'agit de Grand Theft Auto IV, du développeur Rockstar, un jeu en 3D immersive dans lequel un avatar (visible au centre de l'image) évolue dans une ville. On peut voir la carte du quartier en bas à gauche, avec la direction des points d'intérêt, représentés par des icônes et des lettres. Juste au-dessus, une icône d'enveloppe signale qu'un nouveau message est disponible de la part d'un personnage non joueur (NPC) nommé Brucie.

Une très grande qualité de ce type d'interface est la contextualisation de l'aide qu'elle apporte. On voit ici que l'avatar est proche d'un taxi. La marche à suivre pour le prendre est indiquée en haut à gauche car dans le cas présent, c'est l'action la plus à même d'être entreprise par le joueur. S'il s'éloigne de la voiture, la bulle d'aide disparaît. Le bouton à appuyer reproduit les couleurs du *gamepad*, ce qui facilite une coordination écran-périphérique d'entrée très rapide.

Ce genre d'assistance a une durée de vie limitée : elle apparaît les premières fois où le cas se produit. Le joueur expérimenté n'a plus besoin de cette aide. C'est pour cette raison que la marche à suivre pour lire le message de Brucie n'est pas explicitée.



Figure 3.4.6 : interface type jeux vidéo : cas de GTA IV de Rockstar

Pour un usage ludique, on ne peut pas dire que ce genre d'interface souffre de défauts particuliers. Dans le fond, sa principale faiblesse est la limitation du nombre d'options qu'elle peut gérer, également induite par la structure du *gamepad*. Il n'en reste pas moins qu'elle est très facilement maîtrisée, notamment par les plus jeunes. Ce qui séduit particulièrement, c'est le faible nombre d'éléments qui perturbe l'action principale. Quand une information apparaît, c'est qu'elle s'applique immédiatement, autrement, elle n'est pas visible pour ne pas distraire le joueur.

### 3.4.2.3. Interface de type DVD

C'est la plus « grand public » et la plus répandue. Chaque disque dispose d'un menu de présentation permettant d'accéder au contenu, de choisir la langue de consultation, de paramétrer le son et l'image ou même d'accéder à un site Web. La navigation est pensée pour une télécommande (comme celle de la 3.4.2), c'est-à-dire qu'une majorité des fonctions a des touches dédiées dictées par une norme. Le reste peut se satisfaire de menus plus simples. Les touches fléchées sont alors utilisées pour se positionner sur le choix voulu (grâce à une surbrillance) et une touche de validation (OK ou Entrée) déclenche l'action.

Une telle structure est très rigide, à cause de la rigueur de la norme. De même, la résolution graphique est imposée, ce qui réduit la densité d'information à l'écran. Ce n'est pas réellement un problème, selon l'usage que l'on veut en faire. Le successeur du DVD Vidéo, le Blu-ray lève ces limitations.

En revanche, l'apparence graphique est totalement laissée au choix de l'éditeur, ce qui peut déstabiliser quelque peu, comme on peut le voir à la 3.4.7.



Figure 3.4.7 : interface type DVD : menu n°1



Figure 3.4.8 : interface type DVD : menu n°2

Dans ce cas, il est difficile de savoir où se trouve la surbrillance et comment passer d'un élément de menu à un autre car ils ne sont pas alignés. En comparaison, la 3.4.8 semble beaucoup plus claire quoique de nombreux éléments distraient l'attention : la créature en haut à droite, les ronds de couleurs qui n'ont pas de rôle ici, hormis rappeler le jeu Twister.

Les deux Figures proposées viennent pourtant du même disque (Men in Black 2). Le manque d'homogénéité peut donc gêner.

#### 3.4.2.4. Discussion

Des trois types d'interface que nous avons parcourues, les modèles du jeu vidéo et du DVD sont attractifs car ils sont réellement très répandus. La marge de manœuvre qu'ils autorisent est certes faible mais cela peut être perçu comme un avantage si l'on considère qu'ils proposent un « tronc commun » de manipulations figées et donc toujours identiques, quel que soit le contenu exploré.

Nous devons donc nous inspirer de cette philosophie qui privilégie :

- l'action principale sur l'interface : place importante du plein écran
- le faible nombre d'options à un moment donné, dont le choix est basé sur le contexte en cours

- les interfaces liquides<sup>20</sup>, si applicables, qui se transforment d'une fonction à l'autre, plutôt que les traditionnelles apparitions/disparitions

Ces idées s'adaptent parfaitement au concept de reproduire les canaux de communication du cours en présentiel, dans lequel la relation élève-professeur est centrale.

Il convient maintenant de voir comment instrumenter les interactions du point de vue social.

## 3.5. Aspects communautaires

La socialisation de l'activité de e-learning est primordiale dans la mesure où elle contribue à créer un esprit de groupe, proche de ce que l'on peut rencontrer dans une classe. C'est aussi la base nécessaire à l'établissement d'une communauté de pratique, organisation efficace dans la transmission des savoir-faire.

### 3.5.1. Objectifs

On peut distinguer les outils d'aide à la pratique instrumentale, utilisés en solitaire, des outils de socialisation, qui gèrent la place de l'individu dans le groupe. C'est à ce niveau qu'une structure en communauté doit se mettre en place pour soutenir l'activité de e-learning. La communauté doit gérer quatre types de rapports :

- majoritairement les contacts élèves-élèves : pour reproduire les relations qu'une classe traditionnelle propose
- à une échelle moindre les contacts élèves-professeurs : ce type d'échange est fondamental, il est d'abord personnel : un professeur échange avec un élève, même si tous les autres peuvent assister à l'échange. Ce n'est donc pas à la plateforme communautaire de supporter cela, un outil dédié, au centre du dispositif de e-learning doit s'en charger
- de façon minoritaire, les contacts professeurs-professeurs et plus généralement, équipe de développement-professeurs. En effet, bien qu'importante, ce genre de relation se satisfait d'outils plus traditionnels comme le courrier électronique ou simplement le téléphone : cette classe d'acteurs doit entretenir des contacts privilégiés qui passent par un mode de communication plus classique, d'autant que ce n'est pas toujours un usage naturel chez eux
- Ponctuellement, l'information institutionnelle de l'équipe de direction vers tous les usagers (actualité de la plateforme, maintenance, évolutions, ...)

Si l'on considère l'activité majoritaire, voici les thèmes qui doivent exister :

- discussion sur le matériel, les pièces, l'équipe pédagogique
- partage d'expérience (« quand j'ai travaillé ce style, il m'est arrivé ceci... », « je te conseille tel magasin pour acheter ton équipement »). Certaines informations de cette section peuvent difficilement être données par des professeurs. Exemple : ils ne savent pas quelle infrastructure d'accompagnement existe autour du lieu d'habitation de l'élève
- communication sur l'actualité musicale globale et locale. Cette section peut être scindée en différentes parties selon la zone géographique des utilisateurs

<sup>20</sup> Le terme désigne ici l'adaptation des éléments d'interface au contexte et à la surface disponible sur l'écran (ex : design de pages web liquide, qui s'adapte à l'équipement de l'utilisateur). Par extension, nous rajoutons la notion de morphing entre les états de l'interface, pour que l'utilisateur puisse percevoir la transition entre eux.

- remontée d'erreurs, de bugs, de carences, des suggestions. Cela s'inscrit dans la démarche du plateau de créativité

Le fonctionnement communautaire repose sur un ou plusieurs animateurs faisant partie de l'équipe de direction. Ils s'assurent du bon déroulement des échanges, qu'ils sont conformes aux lois en vigueur, modèrent le cas échéant et réagissent aux sollicitations. Ils doivent être réactifs pour montrer le dynamisme de la structure. Cela est forcément plus difficile au début car par la suite, on peut se reposer également sur des utilisateurs motivés pour servir de relais, comme il en apparaît souvent quand les communautés se développent.

### 3.5.2. Outils

Techniquement, l'infrastructure à mettre en place pour assurer les fonctions évoquées précédemment est relativement simple car elle repose sur des outils maintenant extrêmement courants :

- Forums : communication écrite asynchrone. Chaque contribution fait partie d'un thème (topic), qui est en général rattaché à une rubrique. L'avantage du forum est le suivi des discussions. Un nouvel arrivant peut bénéficier de tout ce qui s'est passé avant. Deux inconvénients majeurs subsistent : la difficulté de suivre un thème riche en contributions (plusieurs pages) et la limitation au texte comme support (éventuellement avec des images)
- Module d'actualité : pour la communication entre équipe de direction et tous les utilisateurs
- Module de présentation du système : pour les nouveaux venus, en particulier ceux qui arrivent par l'intermédiaire d'un moteur de recherche
- FAQ : *Frequently Asked Questions* (Foire aux questions). C'est un moyen direct de répondre aux questions les plus fréquentes de tout le monde
- Ressources diverses : cette section contient des éléments (multimédia, documents, partitions, widgets) qui ne sont pas centraux dans le système de e-learning mais qui soutiennent ou participent à l'activité

L'implémentation de ces fonctions est relativement facile car elles font systématiquement parties des modules par défaut des principaux CMS<sup>21</sup>. Les contenus proposés ne sont pas les mêmes selon que l'Internaute soit visiteur anonyme ou visiteur enregistré (avec un compte).

### 3.5.3. Vie de la communauté

#### 3.5.3.1. Animation

Comme on l'a dit, elle repose sur un ou plusieurs animateurs, interlocuteurs privilégiés entre membres et équipe. Ils ont en particulier pour rôle de répondre aux sollicitations, surveiller le bon déroulement des échanges, synthétiser et remonter les avis, produire du contenu rédactionnel (actualités) et rythmer la vie de la communauté en organisant des événements (ex : concours), quand c'est possible car cela demande des moyens particuliers, notamment en terme de logistique.

21 Content Management System : solution de site dynamique de gestion de contenu gérant plusieurs profils d'utilisateurs.

### 3.5.3.2. Évolution

La création d'événements est beaucoup plus importante dans la phase de constitution car les personnes ne se connaissent pas, la quantité de contenus disponibles est faible et finalement, l'activité générée est basse.

Aussi le référencement joue-t-il un rôle important. Il a pour but d'améliorer le classement du site dans les moteurs de recherche, de façon à ce que les Internauts qui cherchent une réponse à la problématique de l'apprentissage privilégient ce lien.

Le problème, toujours le même, est qu'une campagne de référencement a un coût que tout le monde ne peut se permettre de payer, pas un laboratoire, en général. D'ailleurs, c'est une action permanente et non ponctuelle.

Une fois que suffisamment de personnes, des usagers enregistrés, utilisent le site communautaire, il se crée un régime stationnaire où le système se développe plus ou moins en autonomie.

On le voit, initialiser le processus de création de communauté est très délicat sans une quantité de ressources non négligeables. Bien que nécessaire, il ne faut pas perdre de vue que le cœur de l'activité d'apprentissage est l'activité entre le professeur et l'élève. Quand vient l'heure de classer les priorités par rapport aux moyens disponibles, on est obligé de faire passer l'instrumentation de ce processus devant le développement de la communauté.

## **4. Procédé et systèmes développés**

A partir des caractéristiques déterminées au chapitre précédent, nous avons tenté d'implémenter les composants d'un tel système de e-learning qui facilite l'apprentissage de la guitare. Conformément à la méthodologie du plateau de créativité, le développement est itératif et chaque stage est validé par les utilisateurs.

Le présent chapitre vise aussi à apporter un retour d'expérience sur l'instanciation de la méthodologie de développement centré utilisateur, au sein d'un laboratoire de recherche.

## 4.1. Introduction

### 4.1.1. Le projet e-guitare

Il constitue le domaine visible de nos travaux du point de vue du public. Il est le contexte dans lequel la recherche a été menée. Son bilan technique complet est fourni en annexe.

#### 4.1.1.1. Présentation

Ce projet a pour vocation la construction opérationnelle d'outils d'aide à l'apprentissage de la guitare et leur évaluation. Il a commencé fin 2003 soutenu par un financement Etat/Région/Europe mesure DOCUP2000-2006 pour 3 ans. L'enveloppe de la subvention était de 450000 € répartis entre les trois bailleurs de fonds (20/20/60).

Dès le départ, le Conservatoire National de Région (CNR<sup>22</sup>) a été associé aussi bien pour la caution pédagogique qu'il est en mesure d'apporter (il fait figure de référent national) que pour le support à la conception technique. Le CNR intervient à travers ses classes de guitare classique (animée par David Hoarau et Patrick Sida) et d'informatique musicale (dirigée par Jean-Paul Jansen).

Une équipe de développement a été formée et animée par nous. Les principaux postes étaient :

- Développement : ingénieurs d'étude
- Infographie
- Webmaster, gestion de la communauté

Bien entendu, comme évoqué au 3.2.7.1, chaque personne endossait plusieurs rôles. L'équipe constituait le noyau dur de la maîtrise d'œuvre. Occasionnellement, d'autres intervenants étaient amenés à collaborer sur des points spécifiques, dans le cadre d'expérimentations.

#### 4.1.1.2. Historique

L'idée d'un tel projet a germé en 2001, à la suite d'un besoin concret d'assistance à l'apprentissage des pièces de guitare par certains élèves de guitare du CNR. Comme vu précédemment, le processus normal repose sur le cours individuel hebdomadaire qui permet de faire le point sur la progression et de résoudre les problèmes techniques. L'objectif est de passer au plus vite à la question de l'interprétation. Or trop souvent, cette phase est réduite car les problèmes techniques demeurent, l'élève étant livré à lui-même entre deux cours. Nous voulions pallier à cela en proposant un outil d'aide pour avancer rapidement dans les phases de déchiffrage et de mise en place.

Une première maquette a été conçue par nous en 2001 dans le cadre d'un mémoire de fin de Maîtrise de Physique Appliquée. Cette dernière a été reprise et améliorée en 2002 par des étudiants en DESS Réseau Multimédia Internet. Enfin, en 2003, notre stage final d'école d'ingénieur a permis de donner naissance à un prototype sur DVD qui fixait des orientations possibles du projet à venir. C'est également dans le cadre de ce stage que le dossier de demande de financement du futur e-guitare a été rédigé, au vu des débouchés possibles d'un tel concept.

<sup>22</sup> Suite à une réforme, les Conservatoires Nationaux de Région sont devenus Conservatoires à Rayonnement Régional (CRR). Les deux termes désignent donc la même entité.



Suite à cette réflexion, plusieurs problématiques ont émergées, justifiant des efforts de recherche et donnant naissance aux présents travaux.

## 4.2. Procédé et outils

Ce paragraphe vise à faire la correspondance entre la vision du système de e-learning et sa concrétisation en faisant un découpage opérationnel sous forme d'outils et d'un procédé des fonctions mises en jeu.

### 4.2.1. Fonctions centrales

Les piliers de la solution sont les suivants :

- [Procédé] Dispositif de captation : c'est la phase de saisie, d'acquisition sous forme numérique de tous les éléments (médiâs, documents) qui font la base du cours que le professeur délivre et qui doivent être restitués. C'est l'enseignant qui en est au centre
- [Outil 1] Système de reproduction (au sens *playback*) du cours en version électronique. Il permet de gérer la communication du professeur vers l'élève
- [Outil 2] Système de gestion de l'interaction élève vers professeur. Il instrumente le dialogue initié par l'élève vers l'enseignant, pour toute question, ou demande d'avis

La 4.2.1 montre l'articulation entre le procédé de captation et les outils (partie gauche) par rapport aux deux étapes de la gestion des connaissances (1.1.1). Elle fait également le parallèle (partie droite) avec le processus central de l'apprentissage instrumental tel que décrit au 2.3.1.2 On voit ainsi que les deux outils gèrent chacun un sens de la communication bi-directionnelle entre enseignant et apprenant.

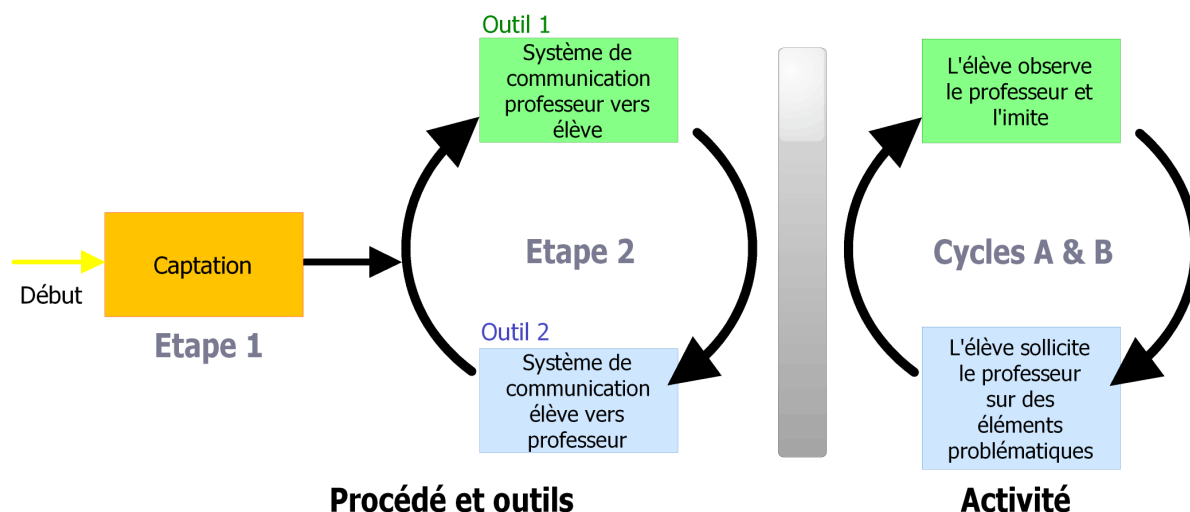


Figure 4.2.1 : articulation entre procédé/outils centraux du système et activité pédagogique

La question se pose de savoir pourquoi les outils 1 et 2 ne sont pas fusionnés. Deux raisons participent à ce choix :

- En terme de développement, attaquer de front les deux fonctions complexifie la tâche et retarde le début de la première évaluation. Si celle-ci est négative, beaucoup de travail risque d'avoir été fait pour rien
- En terme pédagogique, l'activité permise par l'outil 1 est la première et celle qui doit prendre le plus de temps pour l'élève. Il faut donc qu'il soit proposé en premier. Dans

les premiers temps, l'activité supportée par l'outil 2 peut être menée par des outils traditionnels (mail, forum, voir réunions) dans la mesure où le nombre de testeurs est encore faible et qu'ils sont proches de l'équipe (voir 3.2.7.2)

#### 4.2.2. Choix de supports

Globalement, la solution de e-learning proposée repose sur une structure de communication. Il convient de voir, par rapport aux fonctions établies précédemment quels supports de diffusion sont les mieux adaptés à chacune. Ces supports sont conditionnés à l'équipement moyen possédé par les utilisateurs : nous ne pouvons pas envisager un système très performant mais nécessitant de gros investissements en équipement et en maîtrise de son utilisation, ce n'est pas réaliste. Il en est de même du point de vue de l'accès à Internet. Voici donc l'équipement couramment rencontré en 2004, quand nos travaux de recherche ont commencé et qui était susceptible d'accueillir nos outils.

##### 4.2.2.1. Lecteur de DVD Video

Il s'agit principalement des possibilités de visionnage de clips multimédia grâce à un lecteur DVD de salon. Il est intéressant de le prendre en compte car :

- il est très répandu. Son prix est très accessible
- il repose sur une norme, ce qui garantit une qualité de service identique d'un lecteur à l'autre
- il est assez simple d'utilisation. L'interface est constituée d'une télécommande (3.4.2), il n'y a pas d'installation ou de configuration particulière et les risques de blocage ou crash sont très faibles
- la qualité de l'image et du son sont, par rapport au contexte, très bonnes sur un téléviseur. Le résultat est plus variable sur un écran informatique
- la norme DVD Video supporte des fonctions multimédia avancées et un langage de scripting sommaire qui permettent de gérer l'interactivité. Ces fonctions ne sont quasiment jamais utilisées car le format se destine essentiellement à la lecture de films

Les limitations du système tiennent essentiellement à la méconnaissance du public de ces possibilités (ce qui nécessite donc un guidage particulier) et de la rigueur de la norme : elle n'est pas ouverte sur des évolutions.

Le format DVD Video a déjà un successeur, le Blu-ray, qui fonctionne en haute résolution, peut se connecter à Internet et supporte une variante de Java (BD Java) pour créer des expériences riches. Mais il est loin d'être massivement adopté, même au début 2009.

##### 4.2.2.2. Lecteur multimédia mobile

Au fil des années, un autre type de terminal numérique s'est répandu : le baladeur multimédia. Bien qu'il existe sous une forme propre, c'est surtout intégré à un téléphone portable qu'on le trouve.

Initialement, il s'agissait de lire uniquement les fichiers MP3 en déplacement. Puis, ces appareils ont commencé à supporter plus de formats audio et vidéo, notamment le DivX. Couplé à un logiciel de gestion de bibliothèque, les utilisateurs peuvent s'abonner à des podcasts et ainsi recevoir régulièrement et automatiquement du nouveau contenu.

L'inconvénient de cette approche est l'absence d'interactivité. Il s'agit ici de lire des fichiers, sans qu'il y ait de liens entre eux et que des fonctions avancées d'accès aux médias ne soient proposées. Il semble donc difficile d'y adapter l'un ou l'autre de nos outils.

#### 4.2.2.3. Micro-ordinateur

De nos jours, c'est la plateforme multimédia communicante par excellence. Elle est totalement programmable et peut théoriquement gérer tout type de format. Quand nous avons commencé cette réflexion, en 2004, la configuration moyenne qui a servi d'étalon était la suivante :

- processeur monocore 2,8 GHz
- 1 Go de RAM
- 120 Go de disque dur
- écran 19 pouces, résolution 1280x1024 (millions de couleurs)

Un tel équipement est très à l'aise pour la lecture de contenu en résolution standard mais est trop limité pour les calculs de modification en temps réel sur des fichiers, en vidéo en particulier.

Du point de vue de l'expérience utilisateur, plusieurs reproches peuvent être formulés :

- la solution complète est chère : on parle d'un investissement de plusieurs centaines d'euros au minimum et pour une durée limitée étant donnée l'évolution. Une machine âgée de 3 ans est largement moins performante qu'une machine actuelle payée beaucoup moins chère
- le parc est donc hétéroclite, que ce soit du point de vue hardware que du point de vue software. Il y a donc beaucoup de cas particuliers
- la stabilité est la plus faible. Devant la complexité de l'outil informatique actuelle, des blocages/crashes peuvent se produire, sans oublier les attaques virales ou les mauvaises configurations (réseau, notamment)
- il est demandé à l'utilisateur un investissement en temps conséquent pour maîtriser le fonctionnement du système car le nombre de paramètres est très grand. Ainsi, l'utilisation d'un nouveau programme nécessite au préalable son installation. Il faut savoir comment la faire et comment bien réagir en cas de problème ou simplement de sollicitation

Pour cette dernière raison, il y a de forte chance qu'un néophyte consacre une charge cognitive importante dans les premiers temps sur la maîtrise de la machine plutôt que l'apprentissage à proprement parler, d'autant que l'interface clavier/souris propose beaucoup de possibilités.

#### 4.2.2.4. Connexion Internet

L'accès au réseau moyen en 2004 est l'ADSL. Mais depuis cette date, la réalité technique qu'elle recouvre a bien évolué et avec elle la définition de « haut-débit ». En effet, en métropole et dans les pays les plus développés, ce terme évoque des vitesses de l'ordre de plusieurs Megabits par seconde en réception et plusieurs centaines de Kilobits par seconde en émission.

A la Réunion, la connexion moyenne est bien moins performante, aussi, nous nous sommes basés sur ses caractéristiques puisqu'il s'agit du maillon faible. Cela donne :

- En réception : 512 Kbps soit 64 Ko/s max

- En émission : 128 Kbps soit 16 Ko/s max

Cela signifie qu'un service multimédia en ligne devra être compatible avec ces limitations, en particulier dans le sens montant, du client vers le serveur. Or, du point de vue de la vidéo, de telles valeurs limitent beaucoup la qualité. Les avantages d'Internet sont la dimension sociale, l'affranchissement d'un support et la facilité des mises à jour. Ces points forts se font au détriment de la qualité de certains médias, la vidéo en premier lieu.

Intéressons-nous à présent au procédé de captation.

## 4.3. Captation

Elle correspond à l'Étape 1 vue au paragraphe 1.1.1, c'est-à-dire la phase d'enregistrement et de numérisation des canaux de communication mis en jeu dans le cours. Il s'agit en fait de capter, pour une pièce du cursus donnée, le modèle que le professeur propose.

C'est donc l'étape initiale fondamentale dans le processus de gestion des savoir-faire que nous proposons. À ce stade, la contrainte d'usage qui pèse le plus concerne le professeur : il ne faut pas exiger de lui des éléments (fichier) qui lui sont difficilement accessibles ou des manipulations trop éloignées de celles qu'il a déjà l'habitude de faire, en particulier dans son métier. Les rouages de la captation tiennent compte de cela afin que l'essentiel de son énergie soit dédiée au cours, à la pédagogie et non l'infrastructure informatique qu'il y a derrière.

### 4.3.1. Bibliothèque multimédia à constituer

Les éléments de base produits lors d'une captation et utilisés dans le rapport informationnel du professeur à l'élève sont les suivants.

#### 4.3.1.1. Interprétation de la pièce

Il s'agit de la référence, aussi bien du point de vue musical, pédagogique que technique, comme vu au 3.3. Comme il faut pouvoir reproduire tout ce qu'un élève est en mesure de voir durant la leçon traditionnelle, plusieurs caméras doivent être utilisées pour filmer la même scène sous plusieurs angles, en synchronisation. C'est le concept de multi-angles.

En se basant sur notre expérience et celles de tous les acteurs du plateau de créativité, une configuration de placement de caméra a été proposée, visible à la 4.3.1. Ce choix de base utilise la maximum de positions possibles, afin de lever toute ambiguïté sur les positions des doigts dans l'espace.

Chaque angle se justifie comme suit :

- Caméra 1 : vue globale du professeur. Elle présente les deux mains ainsi que le professeur dans son ensemble, ce qui est la visualisation habituelle que l'on a de quelqu'un qui joue en face de soi
- Caméra 2 : gros plan sur la main droite, de face. l'élève est assis devant l'enseignant, c'est l'un des points couramment fixé durant la leçon
- Caméra 3 : gros plan sur la main gauche, de face. Même justification que la caméra 2
- Caméra 4 : vue trois-quarts face. Le professeur se tourne souvent ainsi pour montrer les mouvements de ses doigts de profil
- Caméra 5 : main gauche vue de haut. Cet angle permet de lever les incertitudes sur le fait que certains doigts touchent les cordes ou sont juste au-dessus, en anticipation du mouvement suivant. Elle est aussi particulièrement intéressante car c'est une vue

subjective : on voit ce que voit le musicien quand il tient l'instrument, sans avoir à faire de symétrie mentale pour faire la même chose sur sa propre guitare. Les autres caméras n'ont pas cette caractéristique

- Caméra 6 : main droite vue du bas. Vue jumelle de la précédente concernant la main droite : elle lève les incertitudes sur l'état des doigts de cette main (posés ou non)

Il y a volontairement une certaine redondance afin que l'élève puisse situer chaque angle par rapport à la vue globale et donc recréer mentalement la scène du professeur en face de lui.

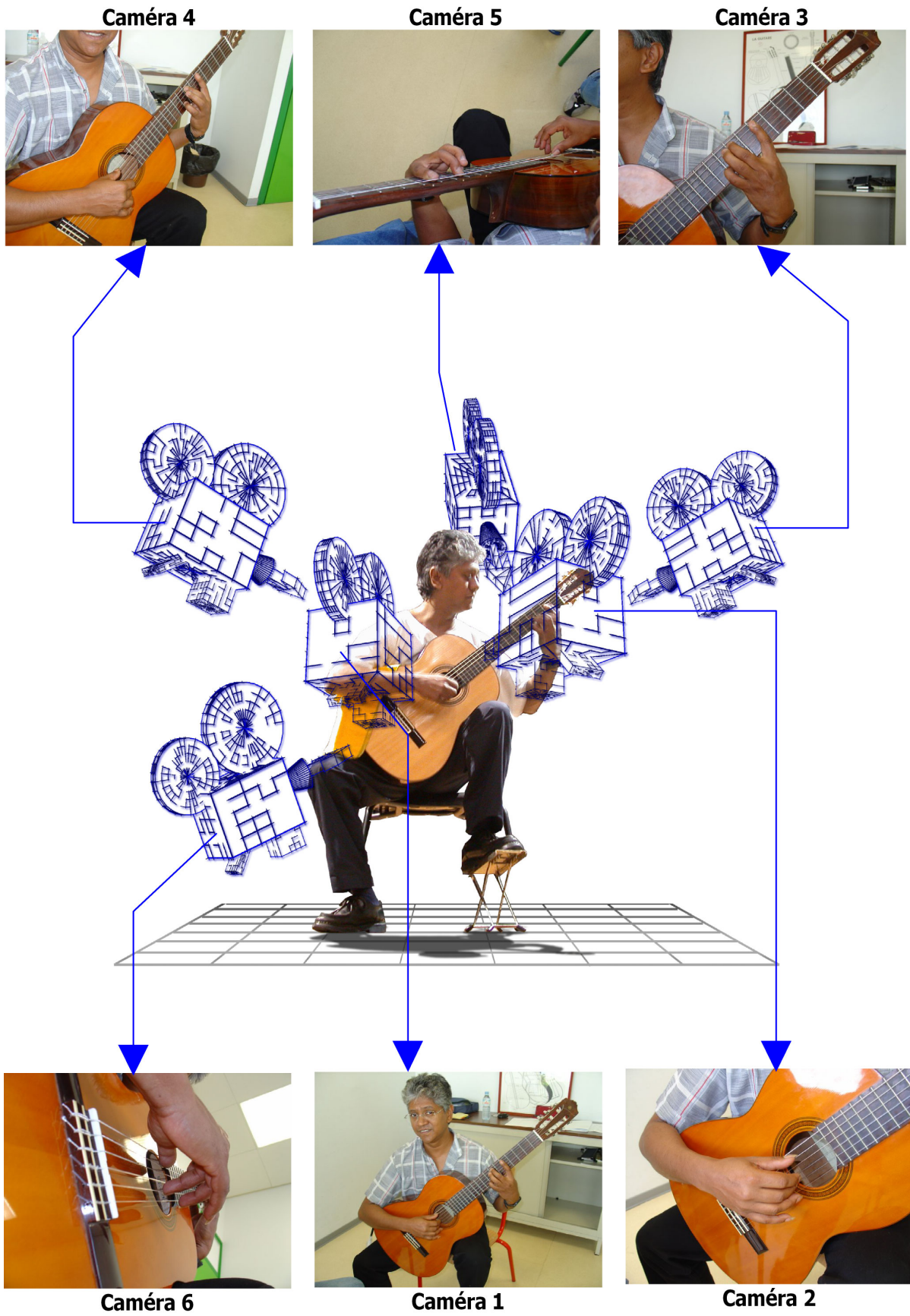


Figure 4.3.1 : concept de multi-angles

Le son est bien entendu primordial, mais techniquement, il n'y a aucune contrainte particulière du moment que la qualité technique est suffisante. On suggère les paramètres suivants :

- Résolution : 16 bits
- Fréquence d'échantillonnage : 48 KHz
- Canaux : dépend du style. Voici des propositions basées sur ce qui se fait dans le monde de la musique :
  - Instrument solo (ex : pièce classique) : mono
  - Ensembles instrumentaux, musique avec bande sonore : stéréo

Il est impératif que le son soit capté avec un équipement séparé des caméras car, d'expérience, celui qui est intégré aux appareils n'a pas le niveau de qualité requise pour l'usage souhaité. De plus, un microphone dédié peut être placé plus près de la source sonore, sans pour autant prendre trop de place sur l'image. Suite à ce choix, une opération de synchronisation supplémentaire est requise, mais elle n'est pas très difficile, étant donnée la précision des outils.

#### 4.3.1.2. Présentation, séquences explicatives auxiliaires et exercices

Il s'agit de toutes les séquences audio/vidéo dans lesquelles le professeur fait un discours, éventuellement accompagné de l'instrument. On peut les classer en plusieurs catégories :

- présentation de la pièce étudiée, des enjeux
- explications pédagogiques
  - présentation d'une technique. Exemples : le buté, les arpèges, le tremolo, ...
  - étude des passages difficiles et la ou les stratégies pour les passer
  - discussion sur les doigtés/doigtés alternatifs
- exercices

Le contenu de ces interventions est grandement basé sur l'expérience du professeur : il sait quels sont les sujets à aborder pour une pièce du répertoire donnée. La plupart du temps, c'est pour cette ou ces particularités qu'elle est choisie dans le cursus. Ainsi, quel que soit le niveau de l'élève, ces explications doivent être fournies.

Techniquement, aucune difficulté à la captation, il suffit que l'enseignant porte un micro-cravate en plus du microphone orienté sur sa guitare.

### 4.3.2. Déroulement

#### 4.3.2.1. Préparation

La gestion d'une captation doit être rigoureuse à cause des contraintes de coût (location d'un lieu, intervenants, préparation de la salle), de la disponibilité de chacun (emploi du temps) et du temps dont on dispose pour le faire. C'est pourquoi une réunion de briefing a toujours lieu suffisamment à l'avance. Le ou les professeurs qui vont intervenir préparent leur leçon entretemps.

Une checklist de pré-captation a été créée pour eux et servant de référence pour tous :

- définir un programme dont la durée est inférieure à 40 minutes. Cette valeur tient à la durée des cassettes dont nous disposons. Par ailleurs, elle constitue une période

moyenne au-delà de laquelle l'attention du professeur risque de baisser à cause de la fatigue

- créer et envoyer les fichiers des partitions/tablaturs, quand c'est applicable. Si ce n'est pas le cas, une structure est demandée, sous forme écrite, pour se rapporter au modèle présenté au 3.3.1.3 Les interventions pédagogiques sont également décrites et, si nécessaire, liées aux contextes dans lesquels elles ont du sens
- prévoir des vêtements noirs ou à défaut, de couleurs "neutres" (ex : bleu) et sans rayures. La tenue du professeur doit être simple, ce qui doit attirer l'œil, c'est son visage et ses mains.
- choisir les angles de vue. Il s'agit ici de *fine tuning*, par rapport aux placements possibles physiquement par les supports de caméras
- prévoir une guitare équipée avec des micros interne (pour les classiques). Il s'agit d'une mesure de sécurité : en cas de défaillance, d'un des canaux, l'autre peut suppléer. Le son des micros internes n'est pas très beau esthétiquement<sup>23</sup> mais il a l'avantage d'être quasiment étanche aux bruits parasites

Concernant les fichiers de partitions/tablaturs, il est demandé aux enseignants de simplement saisir dans un éditeur de partition connu les pièces qu'ils souhaitent jouer. Cela réclame un effort, certes, mais pas différent de ce qu'ils auraient fait pour éditer un recueil de partitions ou simplement mettre au propre leur répertoire. Le choix de l'outil est à leur discrétion. Dans la pratique, c'est le format de Coda Finale (.MUS) qui est encouragé à cause de la popularité de ce logiciel. Ce dernier dispose des options nécessaires pour l'exportation dans les formats utilisés pour les traitements à venir.

La raison fondamentale d'avoir une trace écrite des pièces à jouer avant captation est de s'assurer que ce qui est effectivement enregistré est ce qui est attendu à 100%. En effet, certaines pièces admettent des variantes, que ce soit en notes, en rythme ou en doigté. Il faut donc au préalable s'entendre sur une version qui soit commune pour tous.

Ce genre de choix fait partie des éléments visibles sur le plateau de créativité, dans cette phase de la réalisation. Voyons quelles sont ses caractéristiques à cette étape.

#### 4.3.2.2. Forme du plateau de créativité associée

Il est ici physique. C'est une scène ou une pièce assez grande pour accueillir le professeur, l'équipement nécessaire et tous les autres acteurs du plateau. Elle est traitée au mieux du point de vue de l'éclairage et de l'acoustique. La salle dispose également de sièges et/ou de retours vidéo pour que les autres acteurs du plateau (concepteurs, utilisateurs, observateurs) puissent suivre et débattre de ce qui est enregistré en direct. L'enseignant a la possibilité de les solliciter à tout moment, pour avoir un avis, par exemple.

L'agencement du lieu est très proche de ce qui figure à la 3.2.1. La 4.3.2, quant à elle, montre concrètement l'installation faite dans une salle de spectacle, aménagée pour l'occasion. Si une infrastructure réseau est disponible, une diffusion multicast sur Internet peut être organisée.

Une attention particulière est portée sur le placement des caméras. En effet, l'obtention des angles définis à la 4.3.1 impose un agencement délicat des supports de caméras. Des portiques spéciaux ont dû être créés car aucun pied ne donnait le résultat escompté. Sur la 4.3.2, c'est le cas des deux armatures verticales qui permettent de fixer les caméras suspendues.

<sup>23</sup> Il ne prend pas les sons, essentiellement percussifs, qui sont produits par les doigts au niveau des cordes. Cela donne donc un son aseptisé et réduit la précision des attaques. Ce type de son est très bien adapté au jeu en direct, mais pas pour l'usage que l'on souhaite en faire





*Figure 4.3.2 : matérialisation du plateau de créativité en phase de captation : cas d'une scène*

Cette image montre également la place laissée aux autres acteurs sur le plateau qui sont présents. Il n'y a pas de barrière physique qui limite leur interaction, même si la lumière est mise sur le professeur. Néanmoins, la scène se vide de toute autre personne (par exemple : technicien) lorsque ce dernier intervient, afin de ne pas le perturber.

Une installation de cette ampleur revient très cher à l'échelle d'un laboratoire, c'est pourquoi Noël Conruyt a proposé une alternative de taille plus réduite, mais respectant les usages visés. Elle est basée sur une armature métallique cubique appelée la cage. Elle est parcourue par des rails permettant de fixer caméras et éclairages. Un faux-plancher et un rideau sur le fond et une partie des côtés complètent la scène. Le professeur y prend place et procède de la même manière que précédemment.

Cette structure est montrée à la 4.3.3. L'arête du cube étant de 2 mètres, elle peut entrer dans n'importe quelle pièce de la taille d'une chambre ou un garage par exemple. Cela lève beaucoup de contraintes en terme d'installation, d'autant plus qu'elle est démontable. En revanche, dans cette configuration-ci, les autres participants ne peuvent pas prendre place physiquement dans la pièce, c'est pourquoi le suivi doit se faire à travers une vitre si disponible ou autrement par retour audio/vidéo.



Figure 4.3.3 : matérialisation du plateau de créativité en phase de captation : la « cage »

#### 4.3.2.3. Déroulement d'une session

Une captation commence avec la préparation du lieu. Cette phase est plus ou moins longue, selon que l'on utilise une salle polyvalente (ex : salle de spectacle) ou un lieu dédié où le matériel peut rester entreposé, prêt à fonctionner.

Lorsque le professeur arrive, tout doit être prêt. Comme lors d'une leçon traditionnelle, c'est lui qui rythme la session. Les prises sont découpées en plages de 40 minutes maximum, pour la raison vue auparavant. La captation est donc découpée en enregistrements.

Les caméras et le système d'enregistrement du son sont démarrés à peu près au même moment, la synchronisation se faisant grâce à un système de *clap* audio/vidéo. C'est la méthode la plus couramment utilisée car elle est indépendante des formats utilisés, gratuite, ne nécessite pas de calibration/étalonnage et reste très précise. Inversement, la méthode par time-code nécessite un étalonnage, la pose de câbles entre toutes les caméras, ce qui était incompatible avec la contrainte de placement que nous avons.

Une checklist centrée sur le professeur est disponible :

- accorder la guitare : cela peut paraître un détail, mais l'utilisation d'éclairage électrique puissant augmente la température de la pièce, ce qui provoque de la dilatation et donc un désaccordage progressif de l'instrument. Cela est d'autant plus perceptible qu'en dehors des phases d'enregistrement, la climatisation fonctionne, ce qui accroît d'autant l'amplitude thermique lorsqu'elle est coupée (à cause du bruit qu'elle produit)
- réglages des caméras : cadrage, mise au point, obturation, gain... Aucun de ces réglages ne doit être en mode automatique sous peine d'avoir une modification indésirable en cours de prise. Par ailleurs, il est toujours utile de vérifier les paramètres d'enregistrement, quand le modèle utilisé en supporte plusieurs : par exemple, choix du DVCAM par rapport au DV

- test de niveau pour l'audio : il s'agit du paramétrage et des vérifications de qualité du son, sur le dispositif de capture dédié. Le compromis à trouver ici est d'avoir une puissance suffisante, sans qu'il y ait de saturations (ce qui provoque un clipping). Pour cela, il est demandé au professeur de jouer les parties les plus *fortissimo* des pièces, celles où le niveau va être le plus fort. Ce n'est pas toujours évident car dans l'interprétation, il peut être bien plus fort que celui de la phase de calibration. Il faut donc intervenir en direct, par de petites corrections ponctuelles
- commencer l'enregistrement de la cassette par les notes à vide, jouées lentement. Cette proposition est issue de l'expérience. En effet, elle permet d'identifier si une ou plusieurs cordes sont désaccordées, ce qu'on entend mieux à vide que sur une pièce. Cette action doit être entreprise à chaque jeu de cassette, voire même plus souvent
- dire le nom de la pièce au début, ainsi que la prise éventuellement. C'est la méthode d'identification de contenu la plus simple puisqu'elle est écrite par les caméras et le système de prise de son
- prendre 5 à 10 secondes avant de commencer la pièce (après son annonce) et après, en position de jeu. Cela est nécessaire pour faire un fondu d'entrée ou de sortie. Le réflexe naturel étant de changer de position dès que la pièce est terminée. En ouverture, ce délai est particulièrement important car il laisse le temps à l'élève de prendre sa guitare et se mettre en position pour suivre le professeur

La plus grosse difficulté d'une captation est de faire des prises des pièces qui soient parfaites de bout en bout, pour ce qui est du rendu sonore (la performance) comme du rendu visuel (doigtés, gestes). En effet, étant donné que l'on travaille en multi-angles, il n'est pas possible de retoucher après coup une erreur, en post-production. Le professeur, en tant que modèle, n'a pas le droit à l'erreur. Toute faute détectée par lui ou un autre acteur du plateau implique de recommencer la pièce depuis le début. Cette très grosse contrainte fait peser un très gros poids sur l'équipe d'enseignants et atteste du niveau élevé qu'ils doivent avoir pour prétendre à la rejoindre. Il n'en reste pas moins que certains défauts ne sont pas visible in-situ, ils sont gérés après-coup.

Lorsqu'une phase d'enregistrement est commencée, elle se poursuit jusqu'à ce que les objectifs fixés soient atteints ou qu'il ne reste plus de bande sur les cassettes. Il n'y a pas d'interruption/rembobinage en cas d'erreur afin de ne pas avoir à refaire de multiples synchronisations mais aussi pour ne pas altérer la concentration du professeur. Le défilement est donc continu. Tous les événements sont inscrits dans un fichier de log, qui témoigne de l'état d'avancement de la captation et sert de fil conducteur dans la post-production.

Entre deux prises, tous les acteurs du plateau peuvent intervenir. Enfin, une séance photo est ponctuellement organisée pour établir une base de médias de communication polyvalente.

Un court debriefing est proposé à la fin de la séance pour faire le point sur ce qui a été fait et éventuellement prévoir une prochaine captation si les objectifs prévus n'ont pas tous été atteints.

#### 4.3.2.4. Post-production

La première étape consiste à transférer le contenu de toutes les cassettes sur disque dur et de le synchroniser grâce aux claps. Le son issu de l'enregistreur dédié est ajouté également.

Un infographiste réalise alors un disque de développement qui contient toutes les prises réussies des pièces à traiter, en multi-angles si possible (contrainte de temps et d'espace). Ce disque est donné à l'interprète afin qu'il valide ses performances. Cela est nécessaire car tous les défauts ne sont pas perçus pendant la captation, comme indiqué ci-avant. Il faut

donc que le professeur inspecte sa prestation à tête reposée. Si aucune prise n'est jugée correcte, il faut recommencer la pièce lors d'une prochaine captation. Autrement, il indique à l'équipe quelle est la meilleure.

L'équipe peut alors passer au travail de réalisation des outils proprement dit.

## 4.4. Outil 1 Offline

C'est l'outil qui permet le travail d'une pièce en regardant et en imitant le modèle du professeur. C'est lui qui sera le plus utilisé en terme de temps car c'est effectivement une phase de la pratique instrumentale qui est longue.

### 4.4.1. Maquettes

#### 4.4.1.1. Première maquette

Selon la philosophie de développement du plateau de créativité, c'est la première étape du co-développement. Dans notre cas, comme évoqué au 4.1.1.2, la réflexion a commencé en 2001, dans le cadre d'un stage de Maîtrise de Physique Appliquée. La 4.4.1 montre une capture d'écran de la première maquette, développée avec le langage Lingo, de l'environnement Director de Macromedia. Elle a permis d'expérimenter l'orientation fortement multimédia, le concept de multi-caméras (3 caméras mais en écran partagé, étant données les contraintes techniques de l'époque) et a introduit une fonction de ralenti audio-vidéo de haute qualité, à base de pré-traitement du signal sur le son et l'image.

Cette fonctionnalité est indispensable car lors d'un cours en présentiel, l'élève peut demander à n'importe quel moment au professeur de rejouer un passage au ralenti pour avoir le temps de bien voir les mouvements. Il fallait donc reproduire cette possibilité, sur toute la longueur de la pièce. Le calcul en temps réel de cette opération avec un très bon niveau de qualité commence à être envisageable en 2009, cela dépend de l'équipement de l'utilisateur. C'est pourquoi, nous avons décidé de privilégier un pré-calcul du résultat sur une station professionnelle. Il en résulte une contrainte sur le pas de vitesse, fixé définitivement à la moitié du tempo original. Pédagogiquement, cela est cohérent et du point de vue signal, c'est un seuil qualitatif.

En effet, en choisissant ce ratio, un échantillon original (de son ou une image clé) va permettre de calculer un échantillon supplémentaire, c'est-à-dire qu'un échantillon sur deux est créé. Si l'on dépasse cette valeur, la quantité d'échantillons créés sur le fichier ralenti dépasse le nombre d'échantillons originaux, ce qui induit la perte de qualité évoquée.



Figure 4.4.1 : première maquette de l'outil 1

#### 4.4.1.2. Deuxième maquette

Cette maquette poussait les machines de l'époque dans leur retranchement car la charge induite par la multiplication des médias était trop lourde étant donné le niveau visé. Elle a été évaluée par un cercle de personnes très proches du laboratoire et bien entendu par les professeurs de guitare qui ont participé. Après le développement d'une version optimisée à partir des mêmes bases par des étudiants de DESS, il a été décidé de commencer une nouvelle maquette, deux ans plus tard, en tenant compte de la disponibilité de technologies facilitant l'accès à des médias de meilleure qualité pour le grand public.

En effet, ce qui avait changé entretemps, c'est l'absorption des techniques utilisées dans le format DVD Video par les micro-ordinateurs, notamment en terme de :

- support de stockage : la capacité passe de 700 Mo à 4,4 Go
- taux de transfert : environ 10 Mbit/s
- codec : le MPEG2 propose un rapport compression/qualité qui, à ce moment-là est très bon, mais au prix d'une puissance nécessaire au décodage plus élevée. La compression AC3 fait de même pour le son

Pour les constructeurs, c'est un argument de vente de proposer des machines supportant ces caractéristiques, pour le grand public. C'est la voix ouverte à un nouveau concept : le *rich media*. Ce terme désigne le multimédia de haute qualité, c'est-à-dire le son en qualité CD minimum et l'image en plein écran non pixellisée à 25 images par seconde et en millions de couleurs.

Cette nouvelle maquette, visible à la 4.4.2, a donc été construite en 2003 lors de notre stage de fin d'études d'école d'ingénieur. Nous avons suivi une formation sur l'authoring au format DVD Video. Il s'est révélé que ce format supportait beaucoup d'autres fonctions avancées en terme d'interactivité (voir 4.2.2.1). Nous avons donc décidé de l'utiliser, d'autant plus qu'il nous assurait un parc de terminaux disponibles très large. Cela est d'autant plus cohérent que l'activité de pratique instrumentale à ce moment de l'apprentissage ne nécessite pas de mise à jour fréquente du support et donc l'accès à un réseau. Ce choix lève un certain nombre de limitations qui peuvent être rédhibitoires pour les usagers :

- la qualité visuelle est largement meilleure que ce que l'on peut avoir sur CDROM et sur Internet
- la réactivité du système est excellente, l'attente n'est pas perceptible entre le moment où une commande est entrée et une réaction se produit. De même, il n'y a pas de mise en mémoire tampon visible (*buffering*)
- on évite les aléas qui peuvent se produire lorsqu'on dépend d'un réseau : serveur en panne, congestion, problème de connexion, débit réel insuffisant et même coût

Par rapport à l'ancienne version, voici les principales fonctionnalités modifiées :

- il y a toujours 3 angles mais chaque vue du professeur est disponible en plein écran. L'élève passe de l'une à l'autre en temps réel. La commutation prend de 1 à 5 secondes selon les lecteurs, mais sans arrêt de la lecture et donc de coupure musicale. Une vue composite complète l'ensemble en montrant tous les angles disponibles (agissant comme un *view finder*)
- le changement de tempo se fait également en temps réel et contextuellement, c'est-à-dire que quand l'élève le déclenche, il entend instantanément le même passage qu'il vient de parcourir, lui épargnant d'inutiles allers-retours



Figure 4.4.2 : deuxième maquette de l'outil 1

Il en résulte un outil plus fluide dans l'utilisation, extrêmement robuste car reposant sur une norme et fonctionnant aussi bien sur un téléviseur avec lecteur de DVD qu'un ordinateur. Les manipulations se font exclusivement grâce à une télécommande qu'elle soit réelle ou logicielle. Cette maquette était plus un démonstrateur validant ce choix technique. La première itération pouvait donc commencer.

#### 4.4.2. Première itération

Elle commence avec le financement Etat/Région/Europe, qui a donné les moyens de s'équiper, en 2004. La caution pédagogique est assurée par les professeurs de la classe de guitare classique du CNR. C'est ce même style, le classique, qui sera utilisé dans le prototype.

Comme il s'agit de la première version, un certain nombre de paramètres sont fixés de façon arbitraire. Deux types de publics sont ainsi visés : les élèves des classes de guitare tout d'abord (l'outil servant alors d'assistant entre deux leçons), les passionnés livrés à eux-mêmes ensuite.

##### 4.4.2.1. Caractéristiques du prototype

Le choix fait pour la deuxième maquette de travailler sur support DVD a fait ses preuves car tous les testeurs l'ayant eu en main ont souligné la facilité d'utilisation, du moins en apparence. Avec la disponibilité des ressources nécessaires, les caractéristiques suivantes ont été implantées :

- le multi-angles en plein écran est étendu à 6 vues (celles qui ont été décrites précédemment) plus une composite pour visualiser d'un coup d'œil le contenu disponible et faire un choix
- le système de ralenti est conservé à l'identique. Pour éviter l'usage de traitement du signal, on aurait pu demander au professeur de rejouer une deuxième fois la même pièce beaucoup plus lentement, mais nous n'avons pas retenu cette approche car il était plus intéressant de voir la performance réelle en détail. Il est ainsi possible d'analyser des événements imperceptibles autrement : les résonances de cordes, par exemple, sont aussi amplifiées alors que quel que soit le tempo d'exécution d'une pièce, elles sont identiques dans la réalité

- une partition solfégique animée est incrustée sur chaque vue, comme un karaoke. Une tête de lecture indique la position courante. Une transition à la fin de chaque système autorise l'anticipation de lecture, comme cela se fait avec une partition papier. C'est-à-dire que lorsque l'œil atteint la fin d'un système, le début du système suivant est déjà en train de le remplacer et ce, dans une transition continue. Cette information peut être utilisée même par quelqu'un qui ne sait pas lire le solfège, simplement en associant le déplacement du curseur et les sons entendus. Le but est alors de savoir où l'on se situe dans la progression dans la pièce. Une version PDF de la partition est disponible à l'impression dans un dossier du disque
- un double système de bouclage est implanté. Cette fonctionnalité est extrêmement importante car l'apprentissage est quelque chose de répétitif, il faut étudier un passage en le jouant des dizaines de fois afin qu'il soit maîtrisé. Il est donc fondamental de faciliter cette action. Pour cela, deux options sont laissées à l'utilisateur :
  - un bouclage automatique : les jalons de début et de fin de la zone à répéter sont placés par nous à la conception : toute la pièce est balisée. Le déclenchement de la répétition joue en boucle les marqueurs précédent et suivant le point de lecture courant
  - un bouclage manuel : l'utilisateur fixe lui-même la zone à répéter grâce à des jalons nommés A et B

Une aide explique de façon visuelle, par des diapos, comment utiliser le DVD interactif. Nous nous sommes en effet rendu compte que les utilisateurs détestent lire les modes d'emploi, c'est pourquoi nous avons essayé de trouver un compromis qui ne soit pas rébarbatif entre guidage et intuition.

Du point de vue de l'utilisation, nous avons essayé de nous rapprocher de l'ergonomie des disques DVD, sous la forme de menus avec peu de boutons et le recours fréquent à des touches spécifiques de la télécommande (réelle ou virtuelle). C'est tout à fait le cas de la séquence principale de jeu du professeur : il n'y a aucune interface à l'écran. Le choix de l'angle de vue, le passage en mode ralenti, l'accès à une scène spécifique ou le bouclage n'ont pas d'existence à l'écran, si ce n'est le feedback que le lecteur donne, sous la forme d'une indication OSD<sup>24</sup>.

#### 4.4.2.2. Scénario de navigation

Il est présenté à la 4.4.3, avec un aperçu du rendu visuel du système.

Comme on peut le voir, le cheminement est très simple, sans arborescence de menu. C'est le travail de la pièce par imitation du professeur qui est mis en avant et rien d'autre. Un menu de sélection peut précéder tout ce contenu dans le cadre de compilations contenant plusieurs pièces d'un programme.

La pièce est découpée en sections par des marqueurs  $a_i$  qui permettent de se rendre directement à la zone à laquelle il font référence. L'utilisateur n'a pas besoin d'avoir connaissance de leur existence. D'un point de vue conceptuel, nous avons choisi des groupes de 3 à 4 mesures comme granularité car c'est un compromis acceptable en matière de temps de lisibilité de précision. Dans la pratique, cela correspond aux systèmes de la partition, quand elle existe.

<sup>24</sup> On Screen Display : indication textuelle incrustée sur un affichage et donnant l'état d'un ou plusieurs paramètres.

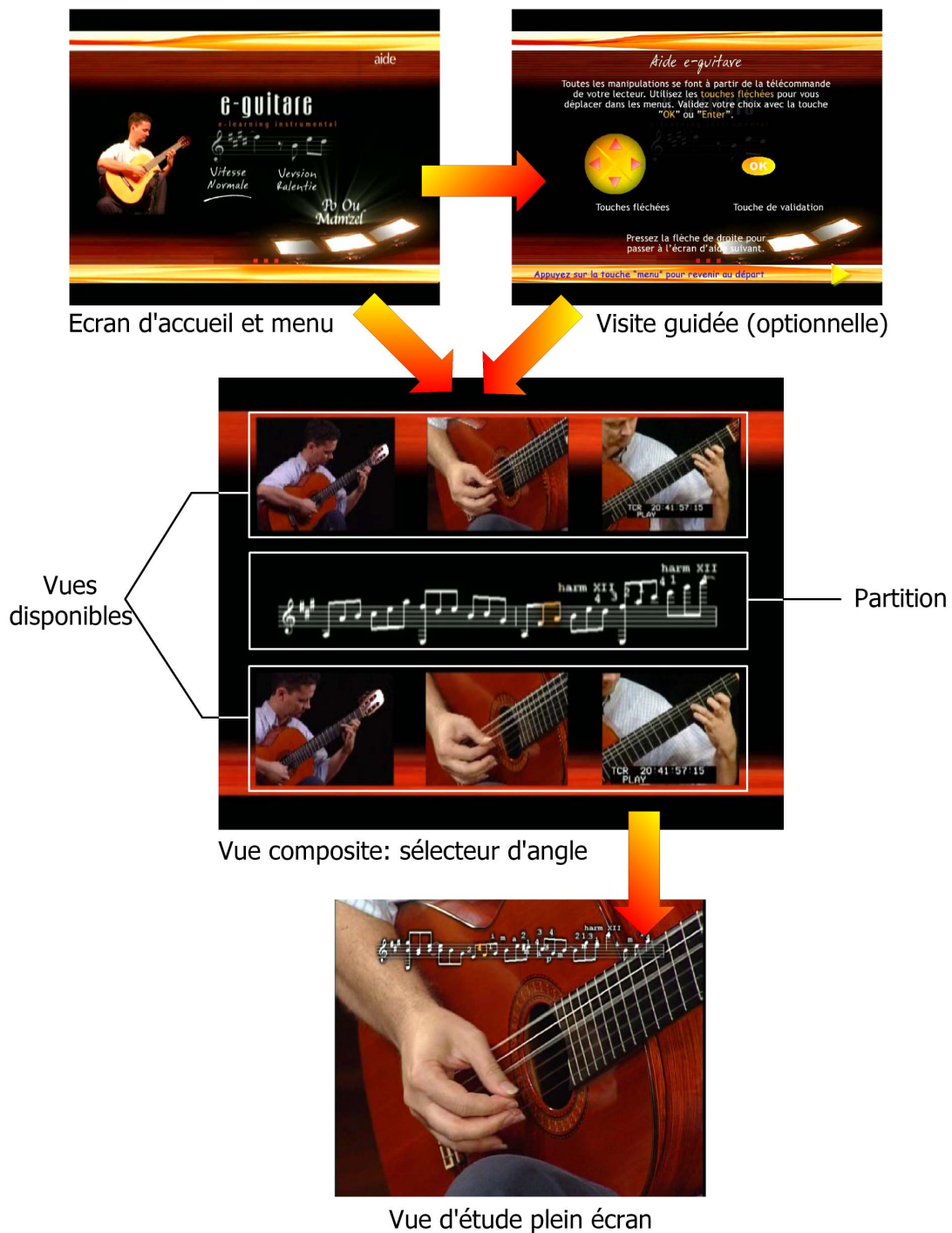


Figure 4.4.3 : outil 1 : scénario de navigation de l'itération 1

#### 4.4.2.3. Extension du concept : le duo

Il arrive que le professeur propose à deux élèves de travailler des parties complémentaires d'une même pièce pour former un duo. Nous avons souhaité étendre notre système pour supporter cette activité car :

- elle produit plus de motivation : jouer avec quelqu'un induit une coopération qui n'existe pas dans les pièces solo. Cela pousse à travailler plus car si l'un des membres du binôme n'est pas au niveau, l'autre en pâtit



- travailler seul une telle pièce est ardu car l'élève a une représentation limitée du rendu final à atteindre, le croisement des voix. L'outil peut pallier à cet inconvénient, c'est une valeur ajoutée

La présentation du processus est légèrement différente : un premier écran permet de choisir quelle guitare l'apprenant veut étudier. Mais l'activité de base reste la même, c'est-à-dire l'apprentissage d'une des deux guitares comme si elle était une pièce solo, avec les mêmes outils. La seule addition à ce stade est la possibilité grâce à une touche dédiée de changer la bande son de façon à attendre, au choix :

- la guitare en cours d'apprentissage uniquement : pour apprendre sa voix
- la guitare complémentaire uniquement : pour comprendre la relation avec celle que l'on étudie
- les deux guitares : pour avoir un aperçu du résultat à atteindre

Une fois sa partie maîtrisée, l'élève a accès à un nouveau mode qui permet de travailler en détail la mise en place. Il peut l'utiliser avec son binôme ou toujours tout seul. Une vue unique des professeurs est montrée (4.4.4), avec les partitions des deux parties ensemble. L'idée est d'avoir une référence d'interprétation et non plus de travailler techniquement les parties. Toutefois, l'option de choix de bande son demeure afin de faire des vérifications rapides sur la superposition des voix.



*Figure 4.4.4 : vue spécifique du duo*

Pour terminer, un vidéoclip avec un montage plus ludique des différentes vues est proposé. Cette extension est tout à fait reproductible pour des duos asymétriques (instruments différents, pour peu qu'ils puissent être traités selon le même modèle) et pour des pièces avec accompagnement (bande son ou orchestre).

#### 4.4.2.4. Distribution

Afin d'évaluer cette configuration, un DVD de test a été pressé à 500 exemplaires, distribués gratuitement aux deux profils de testeurs mentionnés auparavant. Ce disque comportait les cinq pièces suivantes à la difficulté progressive :

- La rivière Tanier : musique traditionnelle de la Réunion. Version pour débutants

- Romance de Jeux Interdits : un classique de la guitare, niveau intermédiaire
- Étude 13 de Fernando Sor : pièce à la difficulté intermédiaire très utilisée dans le cursus
- Po Ou Mamzel de Dominique Baret transcrite par David Hoarau : séga (musique réunionnaise), niveau difficile
- Guitare Séga de Freddy Ranarison transcrit sous forme de duo par Patrick Sida et David Hoarau : séga, niveau difficile

Le but était de contenter le maximum de personnes par des styles et des niveaux variés. Ce disque de test se présente comme un produit avec un packaging au design évolué (4.4.5). Nous avons voulu que du point de vue des testeurs, rien ne le distingue d'un produit commercial. Un livret explicatif est inclus dans la boîte, récapitulant le fonctionnement et la procédure de test. Un biographie des professeurs de guitare Patrick Sida et David Hoarau complète l'ensemble.



Figure 4.4.5 : édition de l'outil 1 tirée à 500 exemplaires

#### 4.4.2.5. Évaluation

Les feedbacks sur les maquettes ont été très faciles à obtenir car le nombre de testeurs était relativement limité, d'autant que grâce au mécanisme présenté au 3.2.7.2 il n'était souvent pas nécessaire de recourir à des intervenants extérieurs à l'équipe pour recueillir des avis. Les versions de la maquette 2 se sont succédées grâce à l'utilisation de disques réinscriptibles.

L'objectif de cette édition était de garder ce principe, car il fonctionne très bien surtout pour le qualitatif, mais également d'ouvrir beaucoup plus et de toucher un public de personnes avec lesquelles nous n'avions aucun contact *a priori*. Le disque a donc été distribué selon plusieurs relais :

- remis gratuitement aux élèves de la classe de guitare classique par les professeurs
- également donné aux testeurs volontaires autodidactes. En échange de quoi, ils s'engageaient à participer activement au processus d'évaluation
- vendu à ceux qui le voulaient sans engagement

Des opérations de communication ont eu lieu afin de toucher plus de public : fête de la sciences, fête de la musique, démonstrations en conférences, ...

Une procédure d'acquisition de retours semi-quantitatifs a été mise en place pour recueillir l'avis de cette population. Un questionnaire, disponible en annexe, a été créé. Il comporte jusqu'à 130 questions puisque sa longueur varie avec l'expérience que le testeur a eue. Anonyme, il aborde les thèmes suivants :

- l'utilisateur : son expérience avec la musique et le numérique, son équipement en la matière
- l'outil : questions générales et des questions particulières à chaque pièce traitée
- le packaging

Ce questionnaire a été mis à disposition sur un site Internet et sous forme papier, afin de ne léser personne. En moyenne, le temps passé pour le remplir a été estimé à 60 minutes. Il est laissé aux volontaires entre un et deux mois entre l'obtention du DVD et le retour du questionnaire. Il en a été extrait un modèle de description pour le système de gestion de base de connaissance IKBS. Le but étant que chaque cas soit saisi de façon à faire une extraction d'information automatisée et constamment mise à jour.

En interne, l'évaluation qualitative s'est poursuivie dans nos bureaux, dans le cadre de mises en situations. Elle a été étendue à une sélection d'élèves du CNR, directement dans la salle de classe, et animée par le professeur.

#### 4.4.2.6. Résultats semi-quantitatifs

Le résultat acquis ne concerne pas directement l'outil mais notre gestion de l'acquisition d'information dans l'approche semi-quantitative. En effet, elle n'a pas produit les retours escomptés car le taux de renvoi des questionnaires s'est avéré être très faible. Sur 110 DVD distribués à un public de testeur, au plus fort de la période d'évaluation, 28 ont été au bout de la démarche, ceux pour lesquels nous avons un contact privilégié (élève de Conservatoire, par exemple). Pour les autres, dans la mesure où aucun contrat n'a été signé, l'engagement était uniquement moral ce qui fait que nous n'avons aucun moyen pour inciter à remplir le document.

Sans aller jusqu'à forcer les gens, la relance, par téléphone ou par mail, était très complexe, d'autant que pour des raisons légales, nous demandions un contact sans forcément avoir un prénom et un nom. Par ce biais, nous avons tout de même tenté de savoir ce qui bloquait les volontaires. Deux raisons majeures émergent :

- une raison explicite : la longueur du questionnaire est clairement rébarbative. Nous avons imaginé que le fait d'avoir gratuitement l'outil compensait le temps nécessaire à le remplir. Ce n'est clairement pas le cas. En outre, la saisie en ligne ne pouvait pas être faite en plusieurs fois (pas de sauvegarde partielle de résultats), ce qui est possible avec la version papier
- une raison implicite : durant les prises de contact, on devine que certains testeurs n'ont pas utilisé l'outil de façon régulière. Dès lors, ils sont mal à l'aise pour en parler

Ainsi, nous avons perdu de vue un pré-requis indispensable : apprendre la guitare reste un investissement qui nécessite beaucoup de travail ! Parmi ceux qui veulent s'y lancer, certains renonceront très vite et n'auront peut-être pas le courage de l'avouer. C'est particulièrement le cas chez les néophytes, qui ont beaucoup de motivation au commencement, mais qui décrochent très vite quand ils voient la longueur du chemin à parcourir pour jouer une pièce attractive, célèbre. Les pièces pour débutants sont en effet généralement très « ingrates ». Il est difficile d'en tirer de la reconnaissance immédiate, surtout auprès de son entourage. Si elle n'est pas entretenue, la motivation diminue rapidement. Ce phénomène a été probablement accentué par le fait que dans le même disque figuraient des pièces basiques et

des morceaux très connus, mais difficiles. Le testeur néophyte peut donc rapidement voir la différence entre les deux.

Concernant les élèves de Conservatoire, le problème est sensiblement différent. Les professeurs les voient toutes les semaines, pouvant procéder à des rappels, sans pour autant prendre trop de temps sur le cours pour faire cette gestion. Mais justement, cette proximité fait que l'on peut pratiquer auprès d'eux une approche plus qualitative, qui apporterait plus de détails.

Au final, les raisons suivantes font que nous avons renoncé à exploiter les 28 questionnaires remplis :

- l'avantage de l'approche semi-quantitative est l'utilisation de statistiques sur un échantillon assez grand. Dans ce cas, la masse critique n'est pas atteinte, le nombre de personnes dans cette approche est trop proche du nombre de testeurs que l'on peut avoir sur l'approche qualitative. Autant privilégier cette dernière, qui est plus fine
- traiter ces 28 cas demandait encore beaucoup de travail car les deux-tiers des questionnaires étaient sous forme papier. Il fallait donc les saisir. Sachant que dans l'absolu l'échantillon est trop faible pour tirer des conclusions pertinentes, l'investissement en temps n'était pas rentable

Suite à cette expérience, nous émettons donc les recommandations suivantes pour l'implémentation de l'approche semi-quantitative dans des petites structures comme la nôtre :

- la quantité minimale de ressources pour avoir des résultats pertinents est déjà élevée. Il faut :
  - faire de la communication pour toucher un public assez grand
  - prévoir une infrastructure très souple pour faire peser le moins de contraintes sur les utilisateurs
  - prévoir des compétences spécialisées dans ce genre d'opération, à temps plein. Cela ne s'improvise pas
- il faut des mesures d'encouragement pour inciter les testeurs à répondre. Les grands instituts de sondage proposent pour cela des concours ou simplement de petits cadeaux. Cela demande des moyens et une logistique qui ne peuvent pas toujours être justifiés dans un laboratoire non spécialisé
- on peut s'en remettre à un réseau de contacts, mais au prix d'un biais sur le profil des testeurs recrutés. Ce biais peut être très acceptable (ex : élèves de Conservatoire) ou non
- les utilisateurs ne sont pas des machines. Entre ce qu'ils disent et ce qu'ils font réellement, il peut y avoir une très grosse différence. En règle générale, dans la littérature sur le développement centré utilisateur, les auteurs ont souvent tendance à le conceptualiser, l'idéaliser, lui prêtant toujours les meilleures intentions : participatif, actif, motivé. Ce n'est pas le cas et il faut le gérer

Si on n'est pas assuré d'avoir une centaine de retours qualifiés, alors autant ne pas initier une évaluation par approche semi-quantitative car la moindre réponse de l'échantillon a un poids trop fort et l'approche qualitative rentre en concurrence, tout en étant plus fine.

#### 4.4.2.7. Résultats qualitatifs

Comme mentionné précédemment, l'approche d'évaluation qualitative s'est déroulée majoritairement en interne, dans nos bureaux et dans les classes de guitare, sans dispositif particulier car les testeurs faisaient partie des proches du projet.

Leurs retours ont été très positifs : l'outil répond à un besoin réel et constitue une assistance réelle à l'élève pourvu qu'il soit motivé. Ce critère, la motivation, est la condition *sine qua non* de réussite, c'est-à-dire que s'il manque, même un professeur ne peut mener à bien l'apprentissage.

Quatre éléments ressortent des échanges autour de cette première itération.

Le premier est que l'outil a été utilisé sur un micro-ordinateur bien plus couramment qu'attendu. Il s'agit quasiment d'un rapport moitié-moitié, avec un léger avantage aux lecteurs de salon (sur téléviseur). Cette information est précieuse du point de vue ergonomique. En effet, la lecture est alors assurée par un lecteur logiciel (PowerDVD, WinDVD ou encore VLC) et donc une télécommande virtuelle. L'ergonomie s'en trouve modifiée, les utilisateurs ayant tendance à utiliser majoritairement la souris, comme dans toute application informatique classique et donc à chercher des boutons à l'écran. Bien souvent, une fonction n'est pas détectée si un bouton spécifique n'apparaît pas à l'écran. D'ailleurs, dans les applications de lecture de DVD couramment utilisées, la plupart des touches dédiées (choix de l'angle, de la bande son, ...) est masquée par défaut, ce qui accroît la durée d'appropriation du système.

La deuxième constatation se situe au niveau du nombre de vues du professeur. La redondance a été jugée trop grande, nous suggérant l'idée de diminuer la quantité de vues, afin de garder celles qui permettent d'avoir l'information de position pour un geste donné, sans ambiguïté. Le problème se pose avec plus d'acuité pour le public d'autodidactes débutants. Ils ne savent pas par quel média commencer. Le nombre d'angles volontairement relativement élevé avait pour objectif d'être complet, mais il faut en fait faire un compromis afin que les utilisateurs aient moins l'impression d'avoir des vues trop proches.

Le troisième fait remarquable est le débat sur le rôle de la partition. Ceux qui savent la déchiffrer (essentiellement les élèves du Conservatoire) l'apprécient. Ceux qui ne savent pas regrettent la « pollution » visuelle qu'elle constitue pour eux (l'un d'eux parle de « barbelés »). Ils sont très satisfait d'avoir un système qui permet d'apprendre à jouer une pièce sans savoir lire la musique, ils déclarent ne pas avoir besoin de cette notation. Enfin, il se trouve une autre catégorie de testeurs qui souhaiteraient maintenir le texte musical, mais sous forme de tablature, représentation plus proche de l'activité sur l'instrument. Ces personnes représentent un groupe non négligeable car soit ils savent déjà lire cette écriture, soit ils veulent profiter de l'occasion pour apprendre ses rouages, en faisant la relation entre ce qu'ils voient et ce que le professeur fait. L'idée est pour eux de pouvoir ensuite être indépendants pour utiliser les milliers de tablatures qu'on trouve un peu partout. Cela concerne moins les adeptes de la musique classique.

Le quatrième élément en cause est quasi unanime : il s'agit d'absence de guidage particulier du professeur sur certains passages, le manque de discours. Une pièce comporte des sections pouvant poser des problèmes pour lesquels il faut mettre en place une stratégie particulière. Dans la pratique, la réponse est fournie de façon implicite dans l'exécution multi-angles de l'enseignant. Les testeurs ont émis le souhait que cela devienne explicite.

Du point de vue de l'appropriation de l'outil, nous avons noté de grandes disparités entre utilisateurs rompus aux nouvelles technologies et néophytes. Les premiers sont à l'aise et accèdent rapidement à la section désirée alors que les seconds arrivent à lancer les séquences mais restent passifs lors de leur exécution. Dans les deux cas, la documentation (en ligne ou papier), qui aurait pu résoudre cet état, n'est jamais utilisée.

Enfin, beaucoup de testeurs ont regretté le manque de diversité stylistique : ils auraient voulu jouer autre chose que du classique. En fait, certains musiciens jouant d'autres instruments nous ont également demandé d'ouvrir le système, et même de l'utiliser pour la danse.

Ces retours nous ont donc permis de construire une nouvelle version dans le cadre d'une deuxième itération du processus.

### 4.4.3. Deuxième itération

#### 4.4.3.1. Caractéristiques

Les grandes lignes du premier prototype sont conservées, nous avons simplement cherché à apporter des réponses aux problèmes soulevés.

Afin de rendre les fonctionnalités avancées explicites pour ceux qui utilisent l'outil sur un ordinateur, nous nous sommes résolus à implémenter une deuxième interface, à l'écran cette fois, en plus de la première basée sur la télécommande. Les deux sont accessibles simultanément. Le compromis à trouver est de garder une visualisation sobre afin de conserver l'activité d'apprentissage au premier plan. Pour ce faire, nous avons intégré des contrôles à l'écran avec un rôle de feedback sur l'état du système uniquement (fonctions actives) pour les utilisateurs de DVD de salon, mais servant aussi de boutons accessibles à la souris pour les utilisateurs sur ordinateur. Ainsi, il n'y a pas de confusion possible entre les deux modes de navigation, tout en respectant les usages en vigueur dans chaque interface. Les indicateurs/boutons font appel à beaucoup de transparence pour perturber le moins possible l'image. Autant que possible, ils prennent la forme de la touche à utiliser pour les activer, par exemple une flèche vers le haut ou vers le bas.

Le nombre de vues, quant à lui a été légèrement réduit. On passe de  $\{6 + 1\}$  à  $\{5 + 1\}$ . Par rapport à la 4.3.1, la caméra 4 est supprimée car les utilisateurs doivent pouvoir déduire l'information qu'elle présente grâce aux autres caméras. La nouvelle difficulté est de visualiser l'une par rapport aux autres. Nous avons surtout vérifié qu'il n'y avait pas d'ambiguïté sur la position en contact ou au-dessus d'une corde pour n'importe quel doigt. L'élève peut toujours recréer mentalement une représentation tri-dimensionnelle de la performance du professeur. Une nouvelle vue composite fait partie des angles standards, montrant, en guise de résumé rapide, deux gros plans de la main gauche et de la main droite.

Du point de vue des médias les plus abstraits, la tablature est maintenant systématiquement fournie avec la partition solfégique. Toutes deux figurent désormais uniquement sur la nouvelle vue composite, sur un fond sombre qui facilite la lecture. Cette vue devient l'angle par défaut, car c'est celui qui recèle le plus d'information (densité) alors que les autres angles sont vides de tout élément polluant. L'ancienne vue composite, qui présentait tous les médias disponibles est maintenant détachée de ce set pour devenir un menu préliminaire, sans ralenti. Cela permet de gagner en espace disque et de clarifier l'utilisation du multi-angles.

Enfin, pour répondre au manque d'explications du professeur, nous avons ajouté du contenu adapté sous la forme d'interventions pédagogiques audio/vidéo. Aucune difficulté technique, donc. Ces nouvelles entités, sobriement nommées conseils pédagogiques prennent place contextuellement à un passage de la pièce, le moment où elles ont du sens. L'accès à l'une d'elles se fait par un bouton qui s'illumine quand le point concerné de la pièce est atteint. Comme indiqué précédemment, nous nous basons sur l'expérience des enseignants pour anticiper les difficultés que vont rencontrer les élèves, et plus généralement les points qui méritent d'être soulignés. Les différentes formes de ces

interventions ont été décrites au paragraphe 4.3.1.2. Elles sont complétées par une introduction générale de la pièce qui présente sa structure et son intérêt pédagogique, comme cela se fait généralement.

La grande force de cette fonction est donc la contextualisation qu'elle propose, qui participe à réduire la charge cognitive car l'apprenant n'a devant lui que les informations qui s'appliquent dans le contexte courant. A titre de référence, un deuxième accès est proposé, à travers un sommaire des conseils pédagogiques disponibles dans tout le DVD. Cela est utile pour ceux qui savent déjà globalement de quoi il en retourne et ont juste besoin de se remémorer la procédure proposée par le professeur.

Cette contextualisation est techniquement facile à faire, selon le modèle exposé au paragraphe 3.3.1.3. L'interprétation du professeur est découpée en sections dont le début est identifié par un marqueur  $a_i$ . Un conseil pédagogique  $C_i$  est rattaché au  $a_i$  le plus proche et limité dans le temps à l'intervalle  $[a_i, a_{i+1}]$ . Bien entendu,  $a_i$  peut être égale à  $T_0$  et  $a_{i+1}$  à  $T_1$  aux limites de la pièce.

Bien que les manipulations restent simples, une petite prise en main est nécessaire, simplement pour savoir que les fonctions existent. Or, les pages d'aide ne sont jamais lues. C'est pourquoi nous avons décidé d'inclure en sus une visite guidée qui présente visuellement et oralement l'accès aux fonctions. Son accès est commun à tout le DVD alors qu'auparavant, l'aide était attachée à chaque pièce.

Du point de vue du style, nous avons travaillé à l'intégration de la guitare électrique et de la guitare folk grâce à la collaboration de deux autres professeurs : Samuel Fontaine, professeur à l'Académie Musicale, école privée bien connue à la Réunion et Ho Hai Quang, professeur d'économie à l'Université mais aussi musicien éclairé et auteur d'une méthode personnelle qu'il a bien voulu partager.

Techniquement, la principale nouveauté pour supporter ces styles est le recours systématique à des bandes son ainsi que l'intégration de la voix pour le chant (musique folk). Cela signifie la gestion de plusieurs combinaisons de mixage, ce qui est proche de ce que nous avons fait pour les duos.

#### 4.4.3.2. Scénario de navigation

La séquence d'interprétation du professeur reste centrale, mais nous avons souhaité simplifier le cheminement qui permet d'y accéder. L'idée est d'aller en une action (clic/bouton) à l'élément désiré en évitant au maximum les intermédiaires. La 4.4.6 montre le nouveau scénario de navigation.

La modification la plus visible est l'écran intermédiaire appelé mosaïque qui permet de choisir l'angle initial, plutôt que d'imposer l'un d'eux, même si l'angle 1, visible à la vignette « vue de travail » est dédié à cet usage. On peut également y voir la nouvelle interface visuelle, en haut de l'écran, permettant la double navigation souris/télécommande. Les boutons de 1 à 5 permettent d'accéder directement à un angle. La touche fléchée vers le bas active le ralenti et la touche fléchée vers le haut permet de déclencher le conseil pédagogique contextuel quand il est disponible (le bouton s'éclaire alors). Lors du passage vers un conseil pédagogique la position dans la pièce est sauvegardée pour y revenir par la suite automatiquement. Le discours du professeur commence alors (capture d'écran en bas à droite), accompagné de démonstrations à la guitare.

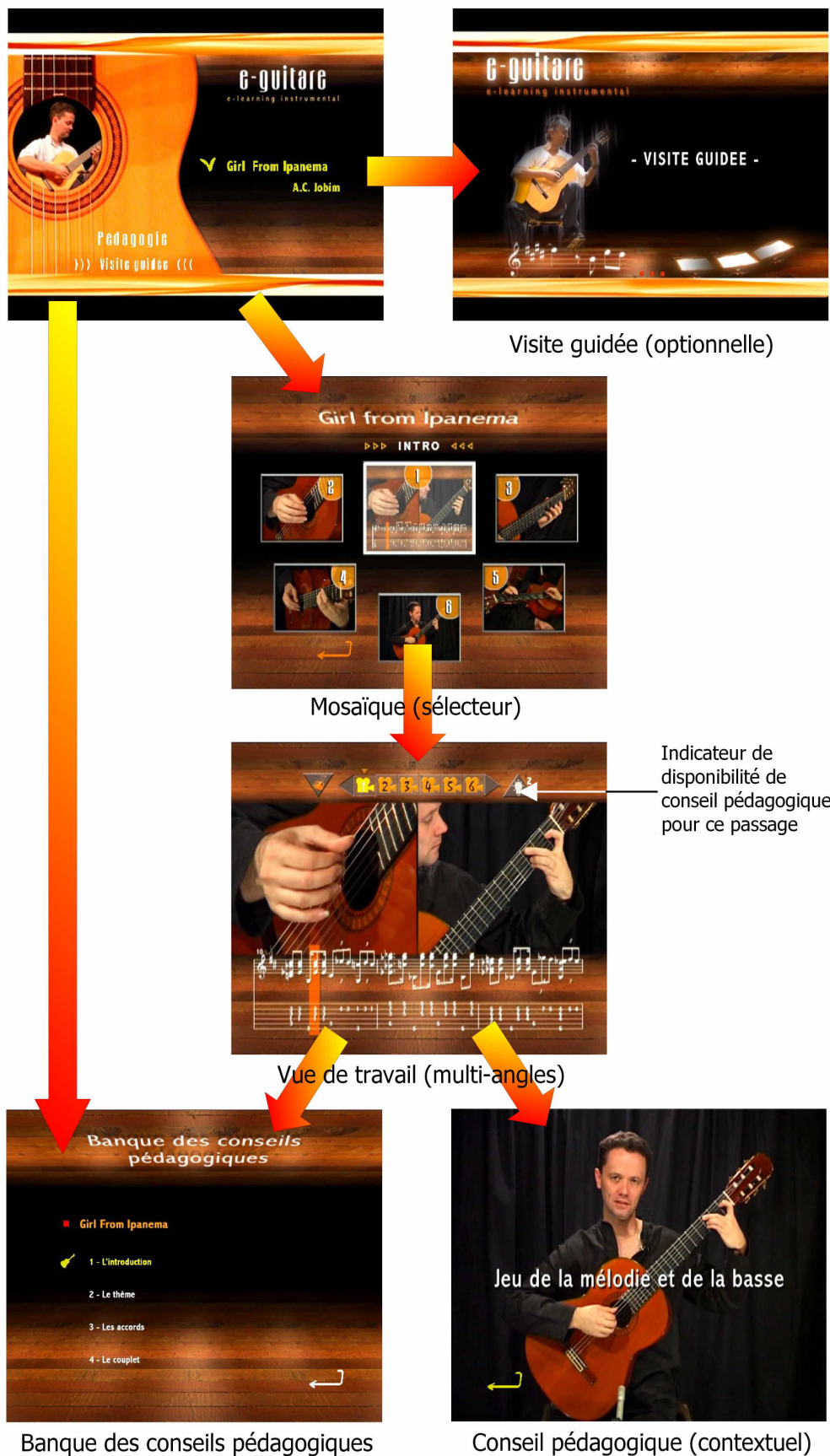


Figure 4.4.6 : outil 1 : scénario de navigation de l'itération 2



Un montage est réalisé pour montrer les meilleurs plans au fil de l'explication. Ces séquences se basent également sur la répétition des mouvements à différentes vitesses. Le texte essaie d'éviter au mieux le vocabulaire de la théorie musical ou sinon introduit le terme. Par exemple, le professeur montrera d'abord une position des doigts de la main gauche avant d'annoncer qu'il s'agit de l'accord de mi mineur. Ainsi, même l'élève peu rompu à cette connaissance théorique pourra suivre et finalement se l'approprier.

La séquence d'introduction dans laquelle le professeur présente la pièce ainsi que les enjeux qu'elle présente est rattachée à la mosaïque, comme visible sur la partie supérieure de cette vue sur la 4.4.6.

Au final, bien que des fonctionnalités aient été ajoutées, la navigation est plus simple et le nombre d'écrans de choix a diminué. La priorité est la réactivité car pour l'utilisateur habitué, rien n'est plus pénible que d'avoir à attendre la fin d'une transition ou d'une animation, qui existaient pour des raisons esthétiques dans la version précédente. Il faut également noter que beaucoup de lecteurs permettent de sauvegarder la dernière position atteinte dans la pièce pour la reprendre automatiquement à la prochaine lecture du disque. Cela permet une reprise immédiate de l'activité, sans passer par les écrans intermédiaires.

#### 4.4.3.3. Évaluation

Étant donné l'expérience sur le prototype précédent, nous n'avons pas reconduit d'opération basée sur l'approche semi-quantitative. En revanche, nous avons largement mis l'accent sur l'approche qualitative. Elle s'est basée sur des mises en situation individuelles, des focus groups et des entretiens avec un panel de testeurs représentatifs de nos deux publics principaux (étudiants du Conservatoire et les fans de guitare qui travaillent seuls).

Les sessions se sont déroulées sur le plateau de créativité dans une configuration spécialement préparée au préalable selon l'organisation présentée dans la 4.4.7.

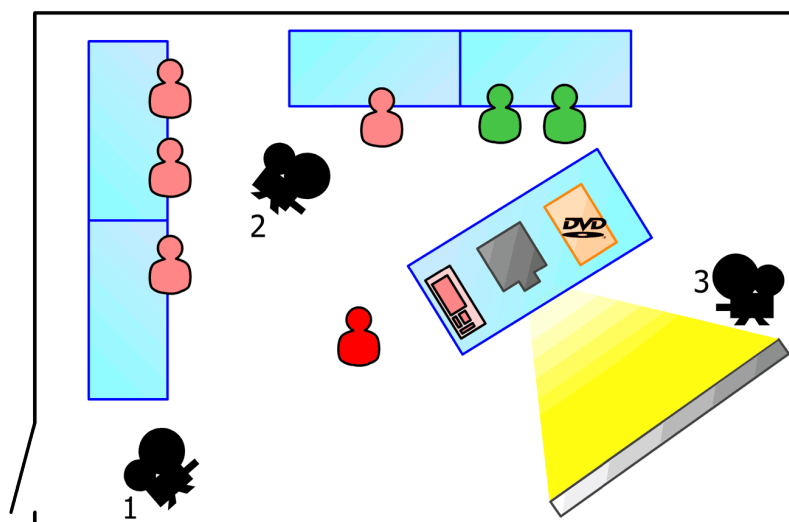


Figure 4.4.7 : configuration du plateau de créativité pour évaluation par approche qualitative

Conformément à cette philosophie, l'équipe de développement dont un animateur de session (à gauche), les professeurs de guitare et d'autres utilisateurs (en haut) assistent à chaque événement. Un seul testeur manipule à un moment donné (au centre). Trois caméras suivent l'action pour une exploitation asynchrone des manipulations des testeurs et des réactions du système. La caméra 1 prend la scène complète, alors que la caméra 2 se focalise sur l'écran (en bas à droite). Enfin, la caméra 3 suit les mouvements de l'utilisateur.

Une session typique se déroule en trois temps.

Le premier temps consiste à observer l'apprenant dans son utilisation de notre système et d'un système perçu comme concurrent<sup>25</sup>, sans intervention extérieure. Le but est ici d'identifier les points de blocage. L'environnement doit être aussi convivial que possible puisque le testeur est censé agir comme il le ferait chez lui, à tête reposée, nous avons donc essayé de le mettre dans de bonnes conditions de relaxation, sans pression ou stress, en tentant d'éviter de donner un caractère solennel. Par rapport à l'aspect du plateau lors de la captation, la salle est donc beaucoup plus petite et le testeur est entouré des autres acteurs, il ne leur fait pas face. Il a le choix d'utiliser notre système sur un lecteur DVD de salon ou sur un ordinateur, selon ses affinités. La plupart du temps, chaque testeur est venu avec sa guitare personnelle. Un effort particulier est déployé pour expliquer aux volontaires que ce ne sont pas eux qui sont évalués mais le système. Certains ont un peu d'appréhension avant de commencer, s'imaginant passer une sorte d'examen.

Le deuxième temps est consacré à un entretien en privé avec le testeur qui nous donne son ressenti sur l'expérience. L'équipe en profite pour essayer de comprendre la volonté qui se cache derrière certaines manipulations ou certains choix de navigation dans le contenu.

Le troisième temps quant à lui est constitué d'une discussion de groupe avec tous les acteurs présents qui partagent leurs points de vue. C'est un moment très riche en renseignements car cela permet de valider ou d'invalider des choix technologiques et/ou pédagogiques. On s'attache particulièrement aux réactions vives, qui sont révélatrices des points qui ont de l'importance aux yeux des testeurs.

#### 4.4.3.4. Résultats

Concernant l'ergonomie de la solution, cette itération montre des progrès par rapport à la précédente : les nouveaux choix sont efficaces. Il n'en reste pas moins que tout le monde n'a pas la même aisance devant l'outil.

On peut distinguer deux groupes :

- Les personnes « jeunes » : adolescents ou jeunes adultes, qu'ils soient originaires du Conservatoire ou pas, ces utilisateurs ont beaucoup de facilités pour appréhender le système. Pour eux, la complexité d'une fonction n'est pas un frein. L'interface peut être chargée, ils vont essayer tous les boutons pour découvrir leur utilité, en procédant par essais-erreurs. Ils ont horreur des menus d'aide ou de toute assistance en ligne. « Je ne lis jamais ces menus-là » déclare l'une d'elle, qui a pourtant réussi à accéder à toutes les ressources disponibles
- Les personnes plus âgées : elles ont une plus grande retenue quant au fonctionnement du système, avec de l'appréhension (« la peur de mal faire »). Ce profil d'utilisateurs a besoin d'être guidé, de préférence à plusieurs niveaux : de façon initiale d'abord (au lancement du programme) puis contextuellement, comme cela se fait par exemple dans les jeux vidéo

Les systèmes concurrents ont pour leur part été unanimement jugés comme inefficaces et avant tout des produits marketing. L'artiste joue trop vite et les rares séquences jouées au ralenti ne correspondent pas à la version album de la musique. Cependant, le discours de l'artiste qui présente la pièce a été un élément apprécié. Les disques concurrents, de par leur orientation commerciale, réussissent à instaurer une certaine intimité entre l'apprenant et le musicien (une célébrité) en dehors des séquences d'apprentissage. Ainsi, on trouve beaucoup de dialogues sur le contexte de la chanson, ainsi que la relation avec son compositeur.

<sup>25</sup> Il s'agit de systèmes commerciaux ayant l'air proche de notre solution, sur la forme mais pas forcément sur le fond. Voir les annexes pour plus de détails sur ces systèmes.

Notre système est jugé utilisable et efficace dans le rôle d'assistant, c'est-à-dire que les testeurs ont confirmé que l'apprentissage était plus facile et rapide avec lui que sans. A ce titre, une des expériences les plus flagrantes s'est déroulée avec un néophyte très motivé qui a réussi à jouer les premières mesures de la Romance de Jeux Interdits en une heure. Le début de cette pièce célèbre est très caractéristique car il met en jeu un arpège dans lequel toutes les cordes sont à vide sauf la plus aigüe, ce qui facilite le travail initial et motive en général les apprenants.

## 4.5. Outil 2 Online

Cet outil gère la communication des élèves vers le professeur qui a interprété la pièce étudiée. Il s'agit principalement d'une relation de 1 vers 1, mais ouverte, de façon à ce que n'importe qui puisse reprendre un échange à son compte pour le poursuivre.

Étant donnée cette forme d'interaction où le contenu est constamment en évolution, un tel outil n'a de sens que s'il utilise Internet comme support. Dans la mesure où les discussions se font à base de composants multimédia, tel que présenté au paragraphe 3.1.1, la dépendance au réseau est d'autant plus forte : il faut pouvoir supporter la vidéo comme support principal.

### 4.5.1. Caractéristiques

#### 4.5.1.1. Description générale

Par rapport à l'outil 1, celui-ci est à l'opposé sur beaucoup de points :

- tout d'abord, comme on l'a dit, il ne peut exister que parce qu'il est en ligne à cause des perpétuelles mises à jour
- ensuite, il est fortement bidirectionnel, c'est-à-dire que l'utilisateur reçoit des informations mais est également censé en envoyer, sous la forme de questions, de remarques, de réactions ou simplement d'avis
- enfin, l'outil gagne du sens avec le contenu qui y est apporté. Tel quel, ce n'est qu'une coquille vide et tant qu'une activité régulière d'apport ne s'est pas mise en place, il n'a aucune valeur. En revanche, quand c'est le cas, il constitue une base de connaissance car toutes les discussions qui y ont eu lieu sont capitalisées. Un nouvel arrivant profite de l'expérience qui s'est accumulée

Idéalement, un lien entre les deux outils doit exister afin que la transition entre les deux activités soit transparente. Cela veut dire que l'utilisateur travaille en imitant le professeur et quand il le souhaite, il passe en ligne, pour voir le contenu actualisé. Cela est possible si l'outil 1 est utilisé depuis un ordinateur.

Concrètement, il s'agit d'une application en ligne accessible depuis un navigateur qui gère les échanges élèves-professeurs en utilisant du multimédia. Chaque contribution est rattachée à une pièce, comme c'est le cas lors des leçons traditionnelles.

L'idée de base a été proposée par François Pachet, chercheur s'intéressant particulièrement à la dimension créative entre les gens et la musique (Pachet, 2004). Il a imaginé le concept de glose musicale, la plus petite entité de contribution utilisée par l'outil.

Le terme glose renvoie normalement à la linguistique. Il s'agit de l'explication contextuelle d'un mot ou d'une expression en bas de la page dans laquelle il apparaît. En général, toutes les gloses d'un livre sont rassemblées à la fin de celui-ci dans un glossaire.

La transposition au domaine musical désigne toute discussion rattachée au contexte à laquelle elle s'applique dans une pièce. Du point de vue du type de contribution, il peut s'agir aussi bien de débats d'ordre technique (comment jouer du point de vue physique, le placement des doigts, les positions, ...) que relevant de l'interprétation, des intentions. Ce dernier point est intéressant car cela veut dire que plusieurs versions peuvent exister d'une même pièce, discutées et argumentées par des experts au milieu des élèves.

#### 4.5.1.2. Structure de l'outil

Cet outil est composé de plusieurs modules, certains très courants sur le web, d'autres beaucoup moins.

Le premier élément à considérer est la base de donnée des pièces, le répertoire finalement. En plus des meta-données usuelles (compositeur, interprète, style, ...), le modèle de la pièce proposé au 3.3.1.3 doit y figurer pour gérer la contextualisation des gloses. Pour cela, nous avons choisi de procéder différemment dans l'implémentation par rapport à l'outil 1 en se basant sur une description XML. L'avantage de cette approche est la précision ainsi que la flexibilité permise par l'outil informatique par rapport au standard DVD.

Du point de vue du contenu de ce fichier XML, nous nous conformons à ce qui a été décrit au 3.3.3 L'ontologie requise est extrêmement simple puisqu'elle doit pouvoir s'appliquer aux pièces qui ne sont pas écrites. Le Tableau 4.5.1 montre une présentation générique. Dans cette proposition, une balise `system` est utilisée pour désigner les différents  $a_i$  de l'œuvre grâce à un index ainsi que le *time stamp* associé, exprimé en *time code*, voire, selon les technologies, en secondes et milli-secondes. La référence temporelle reste le time code pour les raisons exprimées au 3.3.1 mais il est facile de passer de cette métrique à une autre pourvu qu'elle soit au moins aussi précise.

Ainsi, il est possible d'indexer chaque contribution  $C_i$  par une double localisation selon les deux métriques étudiées :

- la première est absolue et basée sur le temps
- la seconde a une signification musicale car elle est rattachée aux  $a_i$

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<tune>
  <info>
    <title></title>
    <author></author>
    <performer></performer>
    <duration></duration>
    <framerate>25</framerate>
  </info>
  <systems>
    <system index="0" time="0" />
    <system index="1" time="" />
    ...
    <system index="n" time="" />
  </systems>
</tune>
```

Tableau 4.5.1 : structure XML d'une pièce pour l'outil 2

Pédagogiquement et ergonomiquement, cela procure l'avantage pour l'utilisateur de ne pas avoir à gérer le placement d'une contribution. Il lui suffit d'écouter l'interprétation du

professeur et, à tout moment, de placer un drapeau au début et un autre à la fin de la zone qu'il veut identifier pour discussion.

Pratiquement, nous avons choisi de placer les  $a_i$  en début de système de partition. Deux raisons principales à cela. D'une part, parce que nous avons travaillé avec nos professeurs une majorité de pièces qui en étaient pourvues et que, pour eux, c'était plus commode de les utiliser comme repères. D'autre part parce que concrètement, cela revient à faire des groupes plutôt réguliers de 3 à 4 mesures, ce qui est une granularité très acceptable.

La base de données contient également le chemin de l'interprétation de référence du professeur et bien entendu ceux des contributions postées par les utilisateurs, rattachées à la référence. On rappelle qu'une glose peut être valable pour toute la pièce en l'indexant à son commencement, c'est-à-dire l'intervalle  $[T_0, T_0+\epsilon]$  défini au 3.3.1.3

Une glose dans la base de donnée contient les informations suivantes :

- nom ou pseudo de l'utilisateur
- un identifiant unique fixé par le système
- la date et l'heure, également fixées par le système
- un titre, similaire au chant « Sujet » qu'on trouve pour les mails ou les « Topics » sur les forums
- une petite description textuelle pour savoir rapidement de quoi il retourne, sans lire toute la vidéo. Cela peut également être utile dans l'avenir pour faciliter les recherches de gloses
- le contexte dans lequel la contribution prend place par rapport à la séquence de référence du professeur
- l'emplacement de cette contribution dans une discussion : cela permet de faire des niveaux d'arborescence dans les questions/réponses
- le chemin vers le fichier multimédia

Un autre module d'importance de cet outil est le gestionnaire de fichiers multimédia. Dans la pratique, on considèrera uniquement des fichiers audio/vidéo, c'est-à-dire que ces deux médias sont encapsulés dans une même entité. Classiquement, un lecteur permet d'y accéder, avec les commandes de navigation standard (lecture/pause, stop, tête de lecture avec accès direct à une partie) et de volume. Plus original, il faut aussi un indicateur de relation à l'interprétation du professeur. Un simple soulignement sur la barre de lecture de sa séquence suffit. Mise à part cette particularité, ce lecteur est très standard.

Le dernier module est par contre très particulier car c'est celui qui gère l'ajout d'une glose dans le système. On peut envisager deux options :

- la première version est techniquement très simple à implémenter. Il suffit d'un formulaire pour les champs indiqués précédemment et d'un petit outil permettant de récupérer la position des drapeaux pour délimiter une plage de validité sur la référence. Le fichier vidéo est alors envoyé sous la forme d'un *upload*, dans un format spécifié
- la deuxième version reprend la métaphore du magnétoscope mais dans un navigateur Web. L'enregistrement s'y fait directement, depuis une webcam avec microphone. Il reste ensuite à remplir les champs de meta-données

La première approche est la plus simple à implémenter techniquement, mais elle a l'inconvénient majeur de faire peser beaucoup de contraintes à l'utilisateur. Cela suppose en effet qu'il ait et qu'il soit capable d'utiliser un logiciel d'acquisition et de montage vidéo puis

qu'il sache convertir le fichier résultant dans le format imposé par l'outil. C'est une tâche assez ardue à cause du nombre d'outils et de procédures différentes permettant d'aboutir au même résultat.

C'est pourquoi on préférera la deuxième approche qui résout cette difficulté puisque tout se passe dans le navigateur, sans installation d'outils supplémentaires. Le choix du format est transparent car c'est l'application en ligne qui se charge de le gérer. Cela a par contre un coût plus grand en terme de développement. De même, pour une capture à la volée, il faut que la connexion de l'utilisateur soit très stable et la qualité graphique dépend fortement de son débit montant.

#### 4.5.2. Maquette

n°	partition du systeme	Nb gloses
1		3
2		1
3		1
4		0

Figure 4.5.1 : outil 2 : écran principal de la maquette

L'outil 2 a fait l'objet d'une première maquette qui avait pour objectifs principaux de tester l'intérêt conceptuel de la fonction qu'il remplit dans le processus pédagogique et d'aboutir à un cahier des charges. Pour ce faire, nous avons concentré nos efforts sur les deux premiers modules, relatifs à la consultation de contenu. Le module d'ajout de glose n'existe pas à ce stade, les contributions sont rajoutées manuellement. L'idée est également d'étudier l'ergonomie de l'outil. En effet, dans un premier temps, les professeurs de musique ont préféré rattacher les contributions à la partition car c'est un support qui est très utilisé dans le cours traditionnel. C'est pourquoi, dans cette maquette, quand on choisit une pièce, on

arrive sur une page qui présente la vidéo du professeur (la référence) ainsi que la partition (4.5.1).

A chaque système sont rattachées les gloses de ce contexte. On peut voir sur la droite le nombre de contributions pour chacun (3 pour le premier, 1 pour le deuxième, 1 pour le troisième, ...).

Un clic sur chaque ligne affiche la liste des gloses associées, comme montré sur la 4.5.2.

**Gloses liées au système**

n°	nom	poids
1	gf-face.flv	4123 ko
2	glosoli.flv	294 ko
3	glozgzoz.flv	759 ko

Figure 4.5.2 : outil 2 : liste des gloses rattachées au système 1 (maquette)

Il suffit alors d'en sélectionner une pour la visionner (4.5.3).



Figure 4.5.3 : outil 2 : visionnage d'une glose (maquette)

Du point de vue technique, la maquette donne aussi l'occasion de tester la meilleure solution en terme de format vidéo. Ainsi, la séquence du professeur utilise le format Quicktime alors que les gloses sont basées sur le format Flash Video d'Adobe.

Ce dernier est finalement à privilégier pour deux raisons principales :

- il nécessite l'installation d'un plug-in gratuit et multi-plateforme pour être lu. Selon Adobe, 98% des ordinateurs connectés à Internet possède ce plug-in. A l'inverse, le format Quicktime est plus rare, car il faut installer un logiciel beaucoup plus lourd et à l'utilisation moins fréquente
- le rapport taille/qualité penche en sa faveur. Quicktime a tendance à avoir une meilleure qualité lorsque le débit est plus élevé (quelques Mbit/s), ce que nous ne pouvons pas nous permettre

Le concept a été validé lors de réunions de travail avec les acteurs du plateau de créativité qui sont les plus proches du projet. C'est à ce moment que tout le monde a été convaincu de l'intérêt de ne pas imposer le pré-requis de savoir lire partition ou tablature pour utiliser cet outil. D'où l'idée initiale d'utiliser l'interprétation du professeur comme référence sans qu'il n'y ait d'indication apparente sur le système de la partition en cours.

A l'issue de ce travail, un cahier des charge fourni en annexe, a été rédigé détaillant l'articulation des fonctions pour un prototype.

### 4.5.3. Itération 1

#### 4.5.3.1. Introduction : solution Adobe Flash

La première étape du travail de développement a consisté à choisir les technologies à utiliser. Concernant le format vidéo, Flash était déjà sélectionné. Or, il représente bien plus qu'un codec puisqu'il s'agit d'abord d'un client de gestion de l'animation et de l'interactivité sur le Web. Au même moment, son éditeur, Adobe, sortait la version 2 du Flash Media Server et mettait à disposition des développeurs une version complète et gratuite, quoique limitée à 10 connexions simultanées.

Nous nous sommes rendu compte que baser notre outil sur cette technologie avait des avantages non négligeables :

- avec la combinaison du client et du serveur, on a une solution homogène, de bout en bout, ce qui facilite la conception et minimise les problèmes de compatibilité et d'interface
- le langage de programmation orienté objet Action Script est ouvert, et s'utilise des deux côtés
- le plug-in Flash Player est très courant, de petite taille (1,5 Mo), multiplateforme (Windows, Linux, Mac, Solaris) et déjà déployé dans la plupart des cas. Cela signifie en particulier que nous n'avons pas à gérer les spécificités propres à chaque système d'exploitation
- le Flash Media Server (FMS) est une solution fiable à la question du transfert de médias entre serveur et client et ce, de manière bi-directionnelle (lecture/écriture).

Tout cela a contribué à changer quelque peu l'interface envisagée dans le cahier des charges, car avec Flash, de nouvelles possibilités ergonomiques existent.

#### 4.5.3.2. Caractéristiques du prototype

Le prototype de cette itération initiale intègre toutes les fonctionnalités pédagogiques souhaitées, avec un niveau de confort supérieur :

- la base de pièces (les mêmes que l'outil 1) correctement renseignée avec les métadonnées utiles pour la contextualisation
- l'interprétation du professeur, en guise de référence
- la consultation de gloses selon le schéma présenté précédemment
- l'ajout de nouvelles gloses, toujours contextuellement, mais aussi avec une arborescence pour faire des suites de questions/réponses imbriquées
- la saisie d'une séquence peut se faire selon les deux modes vus au paragraphe 4.5.1.2 Le premier est utile pour ceux qui savent utiliser les outils d'édition, de montage et d'encodage classiques et leur procurera donc plus de souplesse pour faire



une proposition de qualité. Le second est au contraire adapté aux néophytes qui se concentreront sur le message pédagogique qu'ils veulent transmettre, en mettant de côté tout paramètre technique

Grâce à la technologie sélectionnée, un certain raffinement est possible :

- le transfert de média se fait en streaming, c'est-à-dire qu'à aucun moment le client n'enregistre en local ce qu'il reçoit ou émet. Outre l'intérêt en terme de protection de la propriété intellectuelle, cela signifie surtout que l'utilisateur peut se déplacer dans une séquence directement, sans attendre de pré-chargement, comme c'est le cas sur les sites de partage de vidéos<sup>26</sup>, par exemple. C'est indispensable lorsque les contributions deviennent trop longues. L'inconvénient principale de ce mode de diffusion est la contrainte de qualité de service qui pèse sur la ligne du client (haut débit obligatoire)
- le Flash Player étant historiquement dédié à l'animation (essentiellement vectorielle) sur le Web, il est possible de l'utiliser pour implanter à l'outil le concept d'interface liquide, c'est-à-dire qui se transforme avec le contexte (glissements, mises à l'échelle, optimisation du placement). Cela est ergonomiquement payant car on peut alors commencer à travailler avec une présentation très réduite des outils, qui s'étend progressivement en fonction des actions de l'utilisateur. Cela contribue donc à réduire la charge cognitive dédiée à l'utilisation de l'outil au profil de celle qui est dédiée à l'apprentissage lui-même
- le streaming autorise une déclinaison du multi-angles en ligne, certes avec une qualité et une taille réduites par rapport à un support offline. Cela permet de faire un lien rapide avec le DVD, sans avoir à repasser sur lui pour vérifier rapidement un détail. De même, il n'y a aucune difficulté particulière pour faire du bouclage, entre les drapeaux évoqués au paragraphe 4.5.1.2

#### 4.5.3.3. Architecture client-serveur

Contrairement à une architecture traditionnelle, celle-ci est fortement bi-directionnelle. Comme on peut le voir à la 4.5.4, elle repose sur 4 tiers :

- serveur HTTP : il gère la page web qui accueille l'application en Flash. Il s'occupe également de l'upload de fichiers dans la première solution d'envoi de gloses. Pour cela, le langage PHP est utilisé
- Flash Media Server : il s'occupe des transferts de médias, aussi bien en consultation qu'en capture en direct. Tout cela est basé sur le protocole RTMP. FMS gère aussi la communication de synchronisation avec le plug-in client
- base de donnée MySQL : elle contient le squelette du système, les entrées en matière de pièces, de gloses et la place des secondes dans une pièce
- Flash Player : logiciel client jouant le rôle de frontal pour l'utilisateur. Il sert également d'interface pour la saisie de contenu audio/vidéo depuis les ressources matérielles de l'utilisateur : accès à la webcam, à la carte son et à un microphone

26 La plupart de ces services, tels Youtube et Dailymotion, reposent sur du *Progressive Download* ou téléchargement progressif. Pour aller de A à C, il faut donc que B soit chargé. Toutefois, les lecteurs de ces sites tendent de plus en plus à masquer cette contrainte en autorisant la lecture directement au point C, au prix d'une mise en mémoire tampon de quelques secondes. En streaming réel, la commutation est dans la plupart des cas inférieure à la seconde.

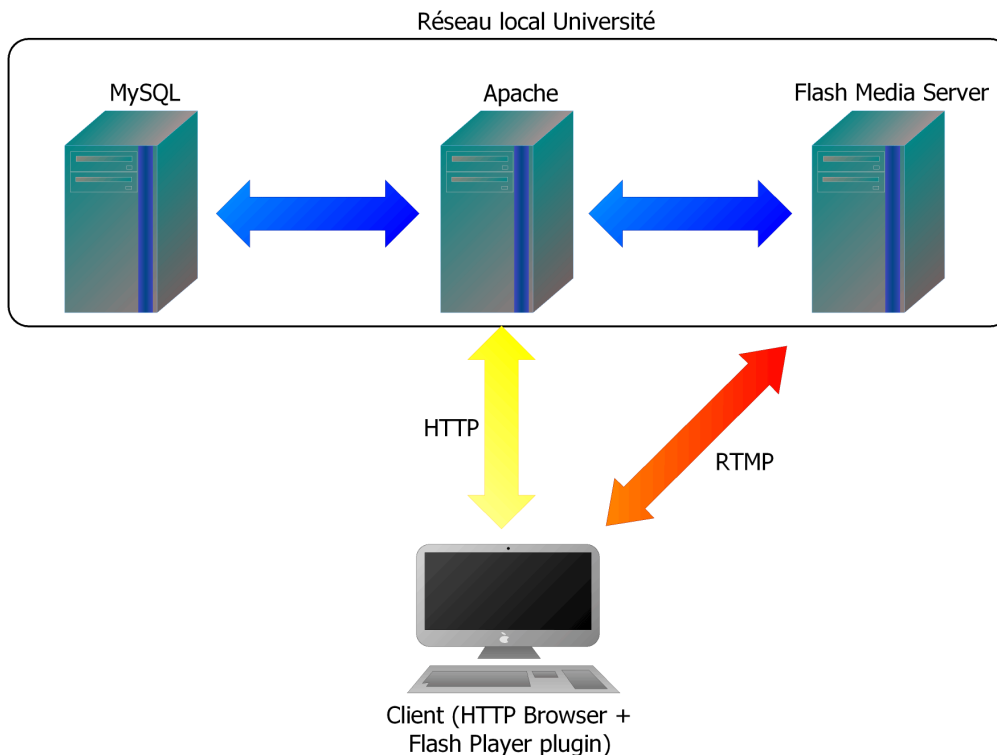


Figure 4.5.4 : outil 2 : architecture client-serveur du prototype

#### 4.5.3.4. Scénario de navigation

L'outil a été développé par Stéphane Caldéroni, Ingénieur de Recherche, ayant suivi des formations sur la solution Flash. C'est lui qui nous a orienté vers cette technologie. Il a donc implémenté avec ces composants les fonctionnalités que nous avons envisagées. Il en résulte le système FIGS/Gloss2U dont le scénario de navigation pour l'utilisateur est présenté à la 4.5.5.

Le concept d'interface liquide est implémenté ici de la façon suivante :

- lorsqu'une pièce est sélectionnée, l'interprétation du professeur avec les gloses disponibles apparaît au centre de la fenêtre
- quand une glose est choisie, le contenu précédent glisse vers la gauche et une zone jumelle mais dédiée à la glose apparaît à droite
- si l'utilisateur veut ajouter une contribution, des commandes contextuelles apparaissent au niveau de l'écran de visualisation de gloses

La 4.5.6 montre en détail le fonctionnement de l'interface, lorsqu'elle est déployée au maximum, c'est-à-dire au moment de capturer une nouvelle séquence.

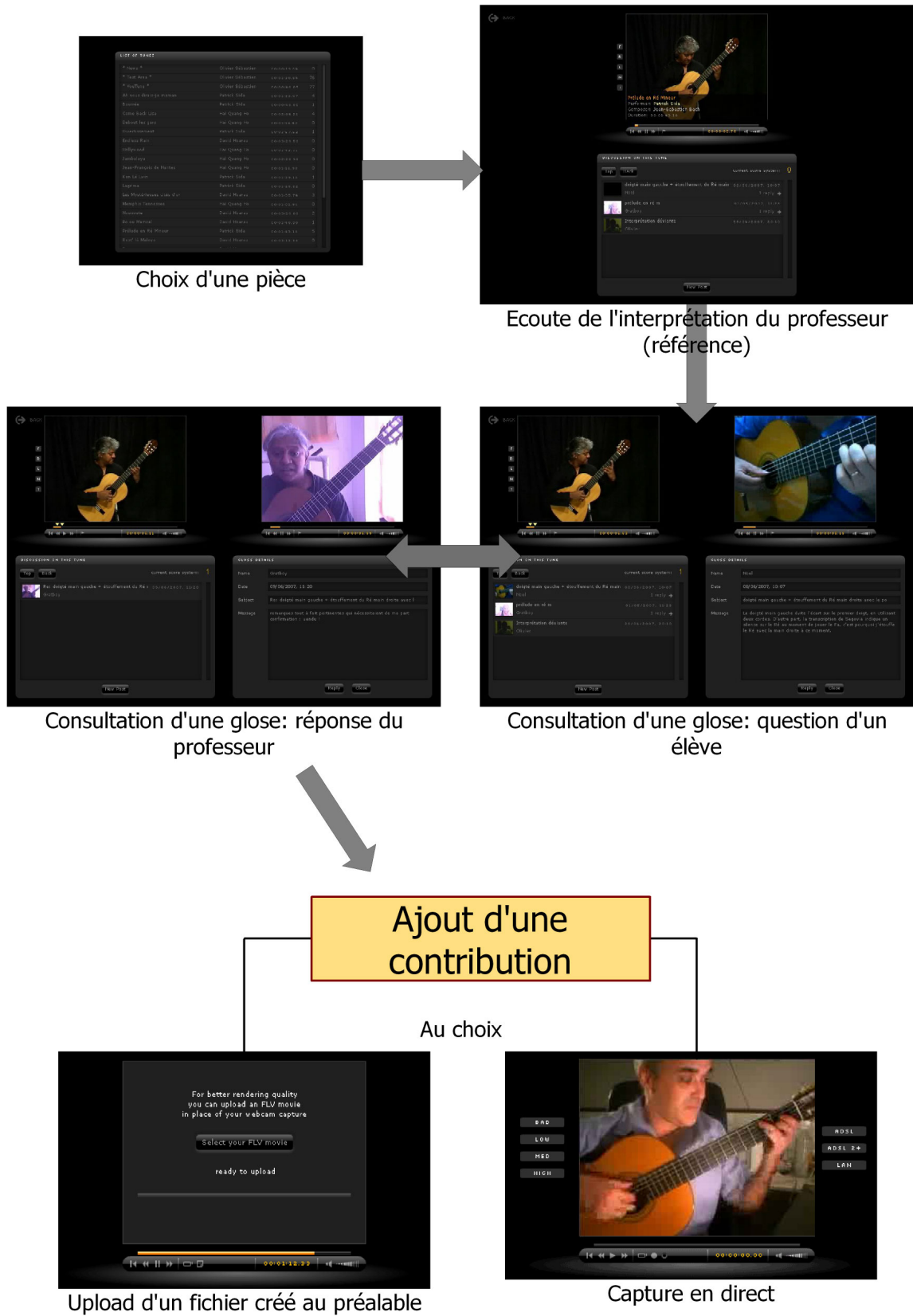


Figure 4.5.5 : outil 2 : scénario de navigation

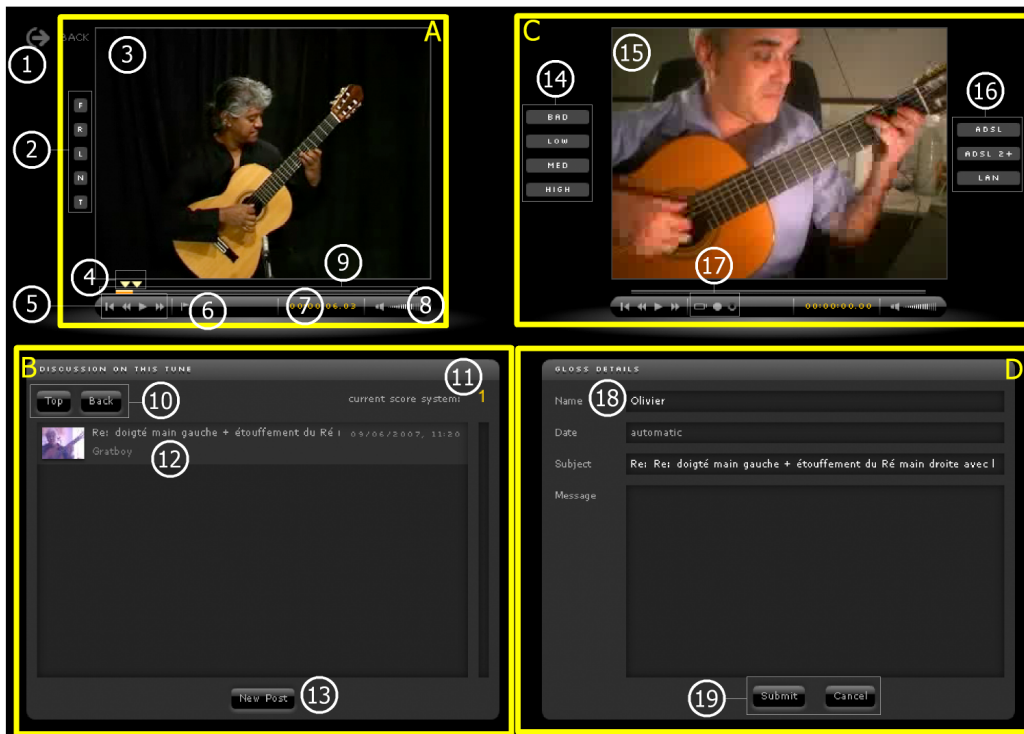


Figure 4.5.6 : outil 2 : interface

Quatre zones peuvent être identifiées, avec les fonctions suivantes (reliées aux numéros de la 4.5.6) :

- Zone A : séquence de référence du professeur (partie expert). C'est la même que celle de l'outil 1, adaptée aux contraintes d'Internet
  - 1 : retour à la liste des pièces disponibles
  - 2 : boutons de choix d'angle de vue : Face (*Front*), main droite (*Right*), main gauche (*Left*), manche (*Neck*), dessus (*Top*)
  - 3 : fenêtre vidéo. Ce contenu étant produit par nous-même à partir des images broadcast, nous avons tenté de choisir des réglages optimaux puisque nous n'avons pas la contrainte de l'upload. Il reste juste celle de streaming sur une ligne ADSL 512K. Les paramètres adaptés sont donc :
    - Vidéo : 320x240@25ips
      - codec : Flash Video 8, ON2 VP6
      - débit : 150 Kbps
    - Son : équivalent 16 bits 44100 Hz en mono (classique) ou stéréo (autres styles)
      - codec : MP3
      - débit : 96 Kbit/s
  - 4 : système de drapeaux permettant d'encadrer une section de la pièce pour contextualiser une discussion. Sur la capture d'écran proposée, on peut voir que la glose considérée s'attache au début de la pièce. Ces mêmes marqueurs sont aussi des jalons pour la lecture en boucle

- 5 : télécommande de pilotage de la séquence vidéo.
- 6 : bouton d'affichage/masquage des drapeaux
- 7 : time-code
- 8 : réglage du volume
- 9 : time-line. Un clic dessus permet de se rendre à la position désirée
- Zone B : gloses disponibles pour la pièce. Cette fenêtre permet aussi de parcourir les différents niveaux de questions/réponses
  - 10 : boutons de navigation dans l'arborescence
  - 11 : indicateur de système de partition en cours de lecture. Cette information est surtout utile pour nous, l'utilisateur n'a pas à le gérer à ce stade
  - 12 : glose disponible, avec un résumé de son contenu (auteur, objet, date)
  - 13 : bouton de création d'une nouvelle contribution au nœud d'arborescence courant
- Zone C : fenêtre de visionnage et d'enregistrement d'une glose (partie utilisateur). on retrouve les boutons de contrôle du lecteur de la zone A. On ne détaillera donc ici que les commandes originales. La configuration présentée est celle de la capture en directe d'une glose
  - 14 : choix de la qualité d'enregistrement 1. Techniquement, il s'agit du compromis de résolution de capture. Il varie de 80x60 pixels (priorité à la fluidité) à 320x240 pixels (priorité à la définition). Lorsque l'utilisateur parcourt ces boutons, la fenêtre vidéo lui montre en temps réel l'influence sur l'image. Par défaut, le réglage médian est sélectionné.
  - 15 : contenu vidéo de la glose
  - 16 : choix de la qualité d'enregistrement 2. Techniquement, c'est le débit maximal en émission. Il dépend de la ligne de l'utilisateur. Pour simplifier son choix, il y a 3 paramètres, ADSL (12 Ko/s), ADSL2 (20 Ko/s) et LAN (jusqu'à 32 Ko/s). Là aussi, les choix sont répercutés immédiatement permettant de se rendre compte du résultat. Le réglage par défaut est le plus faible, ADSL
  - 17 : boutons de choix du type de saisie (direct/upload) et de déclenchement de l'enregistrement. Après une capture directe, la séquence est proposée à la lecture tout de suite, afin que l'usager puisse la valider ou au contraire la recommencer
- Zone D : meta-données de la glose courante. Ce panneau est en lecture seule lorsqu'il s'agit d'une glose enregistrée et en écriture quand une saisie est en cours
  - 18 : champs des meta-données : nom, date (automatique), objet, commentaires
  - 19 : boutons de contrôle de la saisie d'une nouvelle glose (validation/annulation)

#### 4.5.3.5. Évaluation

Cet outil a été évalué au plus proche de l'usage souhaité auprès d'un public relativement restreint composé essentiellement d'élèves du Conservatoire et de quelques volontaires, proches de notre équipe. Cette restriction vient essentiellement de la période dans laquelle ce travail a été fait, alors que la subvention du projet e-guitare était terminée.

Les élèves de la classe de guitare classique ont été invités par les professeurs à préparer leur examen de fin d'année avec l'outil. Pour cela, une interprétation de référence des pièces

imposées a été faite et chaque élève volontaire a posté sa performance comme contribution. Juridiquement, des formulaires sur le droit à l'image ont été signés, d'autant que la majorité des apprenants sont mineurs.

Au-delà de l'aspect pédagogique, l'outil a aussi été testé d'un point de vue technique par un public non musicien mais assez nombreux afin d'évaluer le fonctionnement réseau, notamment, ainsi que la recherche de bugs. Pour cela, une section spéciale a été créée à des fins de tests non musicaux.

Pour évaluer à plus grande échelle du point de vue du e-learning, il faut des moyens humains que nous n'avons plus, certes, mais aussi faire un développement technique supplémentaire. En effet, ce prototype n'est, à ce stade, pas utilisable avec une telle ampleur car certaines fonctions, n'étant pourtant pas centrales d'un point de vue pédagogique, sont indispensables pour en faire un système utilisable à grande échelle. Parmi elles :

- la gestion des profils et des droits : administrateur/professeurs/élèves, modération, suivi des autorisations (par exemple : qu'un utilisateur puisse modifier/effacer les gloses qu'il a postées et uniquement celles-ci)
- le back-office : pour l'instant, toute l'administration de l'outil se fait « en dur », il n'y a pas d'interface de gestion
- diverses fonctionnalités de confort : notification par email lorsqu'une nouvelle glose est postée, affichage sélectif des gloses de la position courante sur la séquence de référence

Le plateau de créativité revêt ici la même apparence non formelle que nous avons utilisée lors de l'évaluation initiale de l'outil 1 car les utilisateurs sont facilement joignables parce que proches des membres de l'équipe.

#### **4.5.4. Résultats**

##### **4.5.4.1. Situation générale**

Cet outil a apporté des retours mitigés car nous avons perçu un décalage entre déclarations et comportements des testeurs volontaires, indépendamment du fait qu'il soit perfectible pour une utilisation à plus grande échelle.

En effet, d'un côté, les testeurs approuvent et valident le concept : ils comprennent bien l'intérêt et surtout voient la complémentarité avec la solution offline (le DVD). La chance de pouvoir travailler gratuitement avec des professeurs d'aussi haut niveau est aussi appréciée. Nous avons donc constaté un certain trafic d'une dizaine de personnes par jours pour la consultation du contenu existant, au plus fort de ce développement.

D'un autre côté, on constate que le nombre de gloses postées est très faible. Seul les élèves du Conservatoire, encouragés et filmés pendant le cours par les professeurs ont posté en masse. Malheureusement, très peu ont réitéré (par exemple, pour poster une interprétation plus aboutie). Ceux qui ont posté de chez eux sont encore plus rares, il y en a eu deux, sur une quinzaine de contributions au total.

Conséquence de cela, la quantité de ressources disponibles reste faible et l'attractivité stagne. On note par contre la mise en ligne d'une trentaine de gloses musicales non pédagogiques :

- interprétations différentes d'une pièce en réponse à celle de référence : dans un autre style, un autre arrangement ou même avec un autre instrument

- publication de pièces hors liste : devant une demande récurrente des testeurs, nous avons ouvert une section où ils peuvent poster les œuvres qu'ils voudraient voir abordées par les professeurs ou tout simplement ce qu'ils aiment. Nos professeurs ont d'ailleurs « joué le jeu » en réagissant à ces sollicitations

Nous avons donc essayé d'imaginer plusieurs hypothèses à cet état de fait.

#### 4.5.4.2. Explications envisagées

Le public qui a eu l'activité la plus proche de celle visée était celui du Conservatoire. Nous pensons qu'en dehors du cours, il n'a pas utilisé le système pour les raisons suivantes :

- la première tient au fonctionnement du cursus. Ces élèves avaient un intérêt à utiliser le système offline pour travailler la semaine. En revanche, un cours par semaine semble leur suffire pour échanger avec leur professeur. Ils ne cherchent pas à le contacter en dehors du cours car ils estiment qu'ils n'ont pas besoin d'assistance supplémentaire, que ce soit à distance (par voie électronique) ou en présentiel, finalement. Probablement à tort
- la seconde est inhérente à leur motivation générale. Il faut savoir que ce profil d'utilisateurs est jeune, et il arrive fréquemment que leur inscription dans un cursus soit provoquée par les parents. Dès lors, l'implication dans les études musicales est très variable : elle peut être vécue comme subie et imposée, auquel cas la motivation est nulle, ou alors neutre (c'est-à-dire que l'activité est pratiquée mais sans plus), et enfin passionnée. Ce sont les futurs professionnels qui iront jusqu'au bout et continueront certainement en Conservatoire Supérieur. Le problème de motivation d'un apprenant inscrit dans un cursus dépasse donc le cadre de notre recherche. Pour s'en persuader, il suffit de voir le rapport du nombre de diplômés sortant sur le nombre de primo-entrants

Bien entendu, une combinaison des deux raisons est plus que plausible, d'après nos professeurs.

Il faut maintenant analyser le manque de participation de l'autre profil d'utilisateurs : ceux qui travaillent en autonomie. Pour eux, l'outil est clairement un apport pédagogique d'après leurs dires, et pourtant, ils consultent mais ne postent pas.

La raison principale que nous voyons est psychologique et s'applique finalement à tout le monde : ils ne veulent pas être filmés et même, laisser une trace qui soit sujette à critiques voire railleries. Il s'agit là d'un risque dont la portée est évaluée de façon très différente d'un individu à l'autre, indépendamment de notre système. En effet, certaines personnes n'éprouveront aucune gêne à mettre des vidéos d'eux-même sur Youtube alors que pour d'autres, l'idée même d'être filmées dans le cadre strictement privé (comescope familial) les rebute. Un service comme Youtube propose des millions de vidéos, mais il faut mettre cela en rapport avec le nombre de personnes qui consultent seulement, beaucoup plus grand. Selon Alexa<sup>27</sup>, c'est le 3<sup>ème</sup> site le plus visité au monde et il représente, toujours selon la même source, 17% du trafic Internet global.

Dès lors, quand on transpose ce comportement à un système à l'échelle beaucoup plus réduite et en plus dédié à un travail (et non aux loisirs), il semble normal d'avoir ce frein psychologique. Le phénomène est d'autant plus fort que la masse critique de contributions disponibles n'est pas assez grande pour qu'il se produise un effet « boule de neige » : si la personne A est amie avec la personne B et qu'elle poste, alors B serait plus encouragée à franchir le pas. Pour l'instant, ceux qui postent sont encore vus comme sortant du lots, des exceptions. L'action de poster une glose doit donc devenir « normale » pour dépasser cette

27 [http://www.alexa.com/site/ds/top\\_500](http://www.alexa.com/site/ds/top_500) consulté le 29 janvier 2009

barrière, c'est-à-dire qu'il faut un effort particulier pour que l'utilisateur constate que grâce à cet engagement, il reçoit une contrepartie qui compense.

Le développement de l'outil 2 s'est donc arrêté à ce point :

- sa pertinence pédagogique a tout de même été démontrée, ne serait-ce que dans le cadre d'un cursus
- il reste à terminer l'infrastructure qui lui permettra d'être utilisé à une plus grande échelle et à mettre en place les mesures incitatives qui encourageront les élèves les plus « timides » à l'utiliser

Que ce soit pour l'outil 1 ou celui-ci, la question de l'augmentation de l'échelle du projet, c'est-à-dire sa portée, reste donc posée. C'est pourquoi nous avons tenté de mettre en place une expérience qui donnerait les premières réponses.



## 5. L'expérience Sonar

La méthodologie que nous avons utilisée jusqu'à présent repose sur une implémentation du plateau de créativité dont la dimension physique (rattachée à des lieux réels) est prépondérante par rapport à la dimension virtuelle. On a d'ailleurs pu constater que les actions basées sur des rencontres, ou du moins des contacts « hors écran » ont eu beaucoup plus de succès.

Nous nous sommes donc posé la question de la gestion d'une relation avec les utilisateurs totalement dématérialisée mais reposant sur des outils extrêmement populaires, afin de ne pas les perturber par rapport à l'apprentissage de nouvelles interfaces, chose qu'ils doivent de toute façon accomplir pour utiliser nos système. D'où la genèse de cette expérience.

On peut noter ici que nous limitons l'étude à cette classe d'acteurs du plateau (les usagers). Pour les autres acteurs (professeurs, chercheurs, consultants, ...), nous conservons le mode de fonctionnement traditionnel, d'abord parce qu'étant données les contraintes de production, c'est le plus simple, ensuite parce qu'ils sont moins nombreux et totalement identifiés dans leur implication dans le développement.

## 5.1. Définition et objectifs

### 5.1.1. Présentation

Cette variante du système d'apprentissage a pour nom complet : e-guitar Sonar Edition. Elle a été initiée en novembre 2007 suite à une discussion avec HO Hai Quang afin d'étudier à une échelle internationale le retour des utilisateurs sur nos travaux les plus aboutis : l'outil 1 offline sur DVD. C'est pourquoi elle présente les caractéristiques originales suivantes par rapport au traitement des pièces habituelles :

- tous les textes et dialogues sont en anglais. Le nom même de e-guitare a été anglicisé. Des sous-titres optionnels en anglais et en français ont tout de même été introduits, les premiers pour faciliter l'accès aux personnes dont l'anglais n'est pas la langue maternelle, les seconds pour ne pas tourner le dos complètement à notre base d'utilisateurs francophones
- la diffusion est totalement dématérialisée. On introduit le concept de DVD virtuel (*virtual DVD*) : il s'agit de proposer des disques sous forme d'images ISO<sup>28</sup> que l'utilisateur télécharge. Il a alors le choix de graver cette image sur un support vierge (DVD±R{W}) afin de l'utiliser sur n'importe quel lecteur de DVD comme un disque ordinaire, ou alors de monter le disque virtuel sur son ordinateur et de l'utiliser directement, grâce à un émulateur de lecteur, comme Daemon Tools sous Windows, par exemple. Ainsi, la diffusion est facilitée et son coût est partagé entre l'éditeur (nous) et l'utilisateur final, en terme de coût réseau. Les images ISO elles-mêmes sont proposées gratuitement
- Huit pièces sont proposées dans des styles variés, mais dans tous les cas accessibles, avec un niveau de difficulté allant de très facile à intermédiaire. Plusieurs types de guitares sont abordés : classique, folk, électrique, accompagnement+chant et basse
- Les points d'entrée vers les DVD virtuels sont des séquences postées sur les deux principaux sites de partage de vidéos de la mouvance Web 2.0 : Youtube de Google et Dailymotion, de la société française éponyme. Le but de cette stratégie de communication est de profiter de l'extrême popularité de ces sites pour avoir une plus grande exposition, et ce, à un coût nul. Des vidéoclips des pièces proposées à l'apprentissage sont montrés avec en regard, une description très grand public du projet et le lien vers le serveur de téléchargement des pièces. Un utilisateur « institutionnel » a été créé sur les deux sites, portant le nom d'*eguitarsonar*. Deux des quatre professeurs de guitare du projet ont également posté d'autres versions de ces clips sous leurs noms respectifs, au milieu d'autres pièces qu'ils ont jouées. Ainsi, les points d'entrée sont-ils démultipliés et croisés entre eux, grâce au partage d'un pool commun de tags

Le nom « Sonar » lui-même fait référence à l'idée de « donner un coup de sonde » sur une zone inconnue afin d'acquérir des données.

Un site web spécifique a été conçu afin de présenter le projet et permettre le téléchargement des pièces. Il revêt un design distinct du site communautaire e-guitare, qui lui est uniquement en français. Un lien a tout de même été fait du second au premier.

<sup>28</sup> Fichier unique contenant une arborescence de fichiers et dossiers représentant un disque au format ISO 9660. Voir : [http://en.wikipedia.org/wiki/ISO\\_image](http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_image) pour plus de détails.

### 5.1.2. Le courant Web 2.0

L'expression Web 2.0 est un '*buzz word*' proposé par Tim O'Reilly en 2003 pour désigner la mouvance alors naissante des sites dont le contenu était produit par les visiteurs eux-mêmes. Ceux-ci n'avaient plus besoin de posséder des notions d'informatique poussées pour produire, éditer et publier leurs propres contributions. En effet, toute la complexité technique est masquée par des interfaces intuitives et allant à l'essentiel.

En quelques années, la mouvance Web 2.0 est devenue incontournable et draine des sommes très importantes à l'échelle mondiale comme par exemple le rachat de Youtube par Google en 2006 pour la somme de 1,65 milliards de dollars.

Elle a part ailleurs provoqué un effet secondaire intéressant pour nous : pour la première fois, un utilisateur lambda peut se « produire » en public sans coût particulier et avec une exposition internationale. La liste des artistes ayant connu la notoriété par ce biais s'allonge d'ailleurs régulièrement.

Ce moyen de communication décentralisé paraît donc incontournable et il nous semble intéressant d'évaluer ce qu'il peut apporter dans notre processus de recherche d'utilisateurs prêts à tester notre système.

### 5.1.3. Problématiques posées

L'expérience Sonar doit permettre d'apporter les premières réponses aux questions suivantes :

- comment réagit un public non identifié et international à notre système?
- quels outils simples (pour l'usager) peut-on mettre en place pour observer l'activité? Peut-on faire mieux qu'avec l'implémentation traditionnelle du plateau de créativité?
- les vitrines offertes par le Web 2.0 peuvent-elles se substituer à la communication traditionnelle?
- combien de visiteurs seront drainés vers notre site, en se basant sur cette seule stratégie d'acquisition de public? Quel pourcentage ira jusqu'à tester la méthode?
- quelle est l'évolution des paramètres de trafic dans le temps?
- quelle méthodologie de recueil de retours en ligne peut-on mettre en place, quels sont les biais et les limites?

Tout cela dans le but d'étudier les atouts et les écueils d'une relation à distance avec des utilisateurs sur un plateau de créativité virtuel.

### 5.1.4. Pièces proposées

Chacune des huit pièces sélectionnées a un but de représentativité musicale dédié. Voici un tour d'horizon de leurs objectifs ainsi que leurs difficultés. En effet, malgré le fait que nous visions un public de débutants, il est possible d'identifier plusieurs étapes à la difficulté croissante, sur une échelle allant de 1 (très facile) à 3 (moins facile). Bien cela soit implicite sur le site, cette échelle porte plus sur l'investissement en énergie nécessaire pour jouer la pièce que sur le seul aspect technique : comme on l'a dit, tout reste extrêmement accessible et la réussite est surtout conditionnée à la motivation de l'élève.

- Niveau 1
  - ◆ Take My Guitar : c'est le « ticket d'entrée », celui de la guitare d'accompagnement du chant. Quang a créé cette pièce pour qu'elle n'utilise que

deux accords, ce qui a pour conséquence de simplifier le travail de la main gauche et donc de permettre à l'élève de se concentrer sur la gestuelle en rythme de la main droite. Take My Guitar est vraiment la pièce pour néophyte. Elle a été produite suite à de nombreux témoignages de guitaristes qui se rappellent avoir commencé à apprendre l'instrument de cette façon

- ◆ Silent Night : connue sous le nom de « Douce Nuit » en français, cette pièce est un classique des chansons de Noël, très populaires aux États-Unis (les fameuses *Christmas Carols*), un des publics principaux visés. David Hoarau l'a arrangée afin d'obtenir une pièce à la mélodie attractive, puisque connue, mais également accessible puisqu'elle n'exige que la production d'une note à la fois. L'accompagnement est donc fait grâce à une basse alternée jouée au pouce
- ◆ Nounoute : cette pièce, aussi adaptée par David Hoarau, est une chanson traditionnelle de la Réunion. Son tempo est lent et la mélodie est à la fois simple et agréable, ce qui en fait un choix intéressant pour jouer le rôle d'ambassadeur, étant exposée à l'international. L'idée de faire découvrir la musique réunionnaise à un public mondial est un petit « bonus » qui ne manquera pas de séduire nos partenaires locaux. Techniquement, Nounoute est également basée sur le principe de la mélodie avec basse alternée, mais avec quelques challenges supplémentaires à la main gauche

#### ➤ Niveau 2

- ◆ La Bourbonnaise : avec ce morceau commence la découverte de la polyphonie puisque, dans la droite ligne de Silent Night et Nounoute, il reprend le concept d'une mélodie très simple et attractive et y ajoute un accompagnement joué au pouce. C'est aussi une chanson extraite du folklore réunionnais. Comme les deux pièces qui la précèdent, elle a été écrite par Patrick Sida selon les codes de la guitare classique et permet donc de continuer l'apprentissage par les pièces habituelles de ce genre
- ◆ Universal Binaural : Samuel Fontaine a créé cette pièce pour deux guitares folk et une guitare basse. Le but à la guitare folk est d'apprendre plusieurs techniques : les arpèges, les accords, le *palm muting*, ... Une bande son accompagne le jeu de l'élève, ce qui permet de suivre un tempo constant, atout non négligeable pour un débutant. Le motif de basse est simple et permet la prise en main de l'instrument. Le principe de la pièce est de répartir la charge de travail mentale entre les deux mains : lorsqu'une difficulté se présente à la main gauche, la main droite devient plus facile et inversement. Universal Binaural propose enfin une reconnaissance rapide car l'enchevêtrement harmonieux des trois parties simples (prises séparément) donne un avant-goût du plaisir que procure le jeu à plusieurs
- ◆ Greensleeves : c'est la pièce la plus connue et elle a été sélectionnée par Patrick Sida parce qu'en dépit de sa notoriété, elle reste très accessible. Elle nous donnera donc une idée de l'influence du facteur « célébrité » sur le comportement des visiteurs. Techniquement, elle est très proche de La Bourbonnaise

#### ➤ Niveau 3

- ◆ Gooyave : cette composition de Samuel Fontaine permet de découvrir la technique du *tapping* à la guitare électrique. Cette dernière est très attractive, puisqu'elle utilise uniquement la main droite. La deuxième partie du morceau est constituée d'une mélodie jouée en accords, dans le style du rock progressif genre U2

- ◆ Since You Went Away : Quang propose avec cette pièce de découvrir le *finger picking*. Il n'y a que trois accords, ce qui permet à l'élève de se concentrer sur le travail de la main droite, qui constitue le challenge de ce morceau

Le Tableau 5.1.1 récapitule les informations techniques sur les pièces.

Titre	Difficulté	Style	Type	Professeur
Take My Guitar	1	Guitare + chant	Composition	Ho Hai Quang
Silent Night	1	Guitare classique	Arrangement	David Hoarau
Nounoute	1	Guitare classique	Arrangement	David Hoarau
La Bourbonnaise	2	Guitare classique	Arrangement	Patrick Sida
Universal Binaural	2	Guitares folk + basse	Composition	Samuel Fontaine
Greensleeves	2	Guitare classique	Arrangement	Patrick Sida
Gooyave	3	Guitare électrique	Composition	Samuel Fontaine
Since You Went Away	3	Guitare+chant	Composition	Ho Hai Quang

Tableau 5.1.1 : Fiche technique des pièces retenues dans e-guitar Sonar

Ainsi, nous avons essayé de constituer un panel des pièces qui représentent les styles les plus populaires, en se basant sur l'expérience de chacun et sur les classements des vidéos les plus vues sur les sites comme Youtube ou tablature.tk.

Tous ces morceaux ont fait l'objet de vidéoclips de promotion postés sur Youtube et Dailymotion. Trois autres vidéoclips globaux ont aussi été publiés, jouant le rôle de bandes annonces et de présentation des caractéristiques des DVD interactifs. Ils sont basés sur une improvisation commune des quatre professeurs sur une grille d'accord, chacun dans son style de musique.

Sur Youtube ont également été postées des vidéos « placebo » n'ayant rien à voir avec la guitare. Leur but est de suivre le trafic sur des séquences très peu renseignées ou des thématiques radicalement différentes et voir si elles bénéficiaient d'un effet de masse. Elles n'ont pas été prises en compte dans les analyses d'usage car elles ne pointaient pas sur le site web de l'expérience. En revanche, elles figurent dans l'étude de l'audimat global.

### 5.1.5. Système sur DVD proposé

Si la mise à disposition d'images ISO en téléchargement est une pratique courante en informatique (par exemple pour les systèmes d'exploitation comme Linux), elle est à notre connaissance inexistante pour la diffusion de contenus multimédias comme notre système sur DVD. Plusieurs raisons expliquent ce choix, mais il s'agit principalement du coût de la bande passante nécessaire côté fournisseur et de la durée du transfert des deux côtés. Sans parler des problèmes pouvant survenir pendant le téléchargement.

Nous avons donc essayé de minimiser les risques en adaptant notre système sur DVD aux contraintes du téléchargement.

Tout d'abord, nous avons la chance, à l'Université de la Réunion, d'avoir un canal d'upload<sup>29</sup> de 34 Mbit/s largement sous-utilisé. Il y a donc une grande marge de manœuvre en matière d'émission de données.

<sup>29</sup> Trafic depuis l'Université vers Internet

Il est intéressant de noter que nous avons renoncé à utiliser le système du peer-to-peer (P2P) qui a l'avantage de répartir le coût en bande passante entre tous les utilisateurs. Cette décision se justifie par le fait qu'il nous est alors impossible de contrôler la diffusion d'une part, mais également de suivre l'usage et l'évolution des téléchargements. Néanmoins, il ne fait aucun doute que nos images ISO pourront se retrouver sur ces réseaux sans notre accord : il suffit qu'un utilisateur mette en partage sur un service de P2P (Emule, Limewire, Bittorent, ...) le fichier récupéré sur notre serveur pour que tous les autres usagers de ce réseau puisse y avoir accès.

Ensuite, nous avons tenté de limiter la taille des fichiers à télécharger. Pour cela, nous avons choisi de limiter le nombre d'angles à 3 :

- une vue composite main gauche+main droite avec la partition et la tablature animées
- une vue de face du professeur
- une vue subjective du dessus

Ce sont là les trois angles les plus utiles. Ils suffisent d'ailleurs à faire comprendre le concept de multi-angles. Cette limitation, ainsi que le choix d'un débit de données audio/vidéo moyen (4 à 5 Mbit/s selon les cas) ont permis de réduire la taille de l'image d'une pièce de durée moyenne (1 minute 30) à moins de 600 Mo.

Autre spécificité, le DVD étant complètement en anglais (menus et voix), nous avons tout de même rajouté un système de sous-titres en anglais et en français, activables selon les besoins de l'utilisateur. Cela a pour but de toucher deux catégories de publics : d'une part, l'entourage français proche de l'équipe de développement (qui se sentirait abandonné de voir une nouvelle version qu'il ne puisse pas utiliser à cause de la barrière de la langue) et d'autre part les utilisateurs internationaux dont l'anglais n'est pas la langue maternelle. Le fait de voir écrit ce que les professeurs disent est alors d'une grande aide pour suivre la progression.

Les autres fonctions habituelles sont implémentées sans modification. On retrouve donc :

- le ralenti : vitesse réduite de moitié. Il reste disponible en multi-angle
- les conseils pédagogiques indexés aux passages auxquels ils sont rattachés. Un menu les regroupe afin d'y accéder directement
- le chapitrage par système ou unité musicale, permettant de répéter des zones
- une visite guidée qui permet de prendre en main le système
- pour les pièces qui en disposent, un choix de mixages audio différents entre bande son et instrument/voix
- la partition au format PDF dans un dossier nommé DVDROM à la racine du disque virtuel

Étant donné l'objectif différent de cette édition spéciale, un design particulier a été créé par Rémy Narcisse, infographiste stagiaire sur le projet durant le dernier trimestre 2007. Il s'est inspiré de l'univers des westerns, car il nous semblait intéressant de mettre en avant l'équipe que forment nos quatre professeurs de guitare (4 desperados !).

## 5.2. Conditions de l'expérience

### 5.2.1. Hypothèses de départ

Nous cherchons à qualifier les utilisateurs qui viendront télécharger les DVD. Il est donc nécessaire d'avoir une idée *a priori* de leur profil global afin de leur proposer des éléments susceptibles de les intéresser. L'expérience acquise avec le projet e-guitare est d'une grande aide. Les paramètres sont donc les suivants :

- comme précisé ci-avant, on restreint l'étude aux débutants et ce pour deux raisons : d'une part ce sont les plus nombreux. D'autre part, une pièce facile est accessible aux utilisateurs avancés alors que l'inverse n'est pas vrai. Si l'on veut donc toucher un large public, il ne faut pas que la difficulté soit un frein
- multi-style : il est difficile de faire une répartition chiffrée des styles les plus recherchés, c'est pourquoi on propose un échantillon de chaque type de pièce de guitare populaire : classique, folk, électrique et accompagnement

La cible idéale est donc un utilisateur débutant mais pas complètement néophyte, suffisamment rompu aux services proposés sur le Web et à l'usage de l'outil informatique, disposant d'un équipement relativement important (nécessité d'avoir du haut-débit pour utiliser Youtube ou Dailymotion). On ne peut pas dire qu'il s'agisse de « monsieur tout le monde », mais plutôt de cette frange des Internautes séduite par l'innovation et la nouveauté sans pour autant être des *early adopters* : ceux qui nous intéressent sont prêts à faire des expériences nouvelles, mais pas à n'importe quel prix.

### 5.2.2. Limites admises de l'expérience

Les ressources disponibles pour réaliser cette édition étant très limitées, nous avons cherché à réduire les coûts de développement. La formule induit donc des limitations. Elle possède également des caractères particuliers qu'il faut prendre en compte car ils influent sur la décision des internautes de tester notre système ou non :

- effet de masse : pour l'utilisateur lambda qui arrive sur un des deux sites de partage de vidéo, rien ne nous distingue des autres vidéos sur le même thème, en particulier celles qui sont des accroches pour orienter vers d'autres services d'apprentissage de la guitare. De même, les vidéos mettant en scène de la virtuosité sont plus souvent regardées, mais il ne s'agit pas de notre créneau
- pièces libres de droit ou dont les droits appartiennent à nos professeurs : ceci constitue un facteur déterminant car il est de notoriété publique que les usagers ont plutôt tendance à vouloir rester en terrain connu plutôt que de « prendre le risque » de découvrir de nouvelles pièces. En témoigne la sortie incessante de reprises et de remix dans l'industrie de la musique en particulier et dans l'industrie du loisir en général (cinéma, jeux vidéo : nombreuses suites des titres qui ont eu du succès). Dans la mesure où nous ne pouvons payer des droits et accomplir les formalités de demande d'autorisation, nous avons dû nous résoudre à arranger des pièces du domaine public et à composer des pièces originales. Nous ne profitons donc pas de la notoriété dont peuvent bénéficier les « tubes ». En revanche, cette démarche permet de faire des arrangements très bien adaptés aux objectifs pédagogiques car les compositions sont uniquement guidées par ceux-ci. L'expérience reste très intéressante puisque l'on peut de façon évidente affirmer que l'exposition (*i.e.* le nombre de visionnages) que nous avons par pièce est une valeur minimale et qu'une œuvre connue aurait forcément plus de clics

- pré-requis en terme de compétences informatiques. L'utilisateur de Sonar doit savoir graver ou monter des disques sur son ordinateur, c'est un passage obligatoire pour utiliser le système. Il est intéressant de noter que la difficulté de la tâche est largement dissymétrique selon que l'on soit sous Mac (opération transparente) ou sous un PC avec Windows (nécessité de recourir à des logiciels tiers – pas de procédure unique)
- procédure d'évaluation : une telle expérience, impliquant deux des sites les plus représentatifs du Web 2.0 (créés en février 2005) n'est pas courante, aussi, la procédure de suivi explicitée ci-après fait-elle aussi l'objet de critiques, afin de l'améliorer

## 5.3. Évaluation et Résultats

### 5.3.1. Méthodologie d'acquisition de données

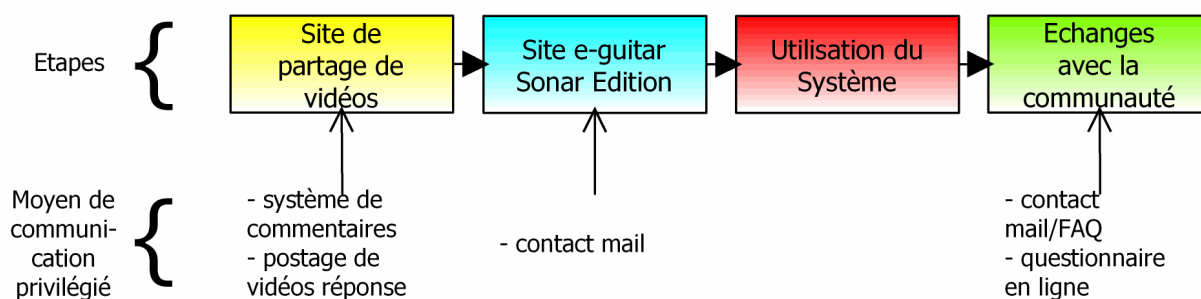


Figure 5.3.1. : scénario de navigation principal de l'expérience Sonar pour un utilisateur

Le scénario de navigation principal pour un utilisateur est présenté à la 5.3.1. A chaque étape en ligne est associé un dispositif lui permettant de communiquer. Voici le cheminement idéal envisagé :

- l'utilisateur évolue dans les vidéos de guitare proposées par Youtube et Dailymotion. Il arrive sur un des clips de notre projet
- chaque clip présente en marge une description de la pièce et du projet. L'URL du site web est donnée. L'utilisateur se laisse tenter par l'outil d'apprentissage et clique sur le lien
- il arrive sur notre site où il télécharge le DVD virtuel de la pièce désirée
- il travaille offline avec le système
- il rend compte de son expérience grâce aux différents moyens proposés, visibles à la 5.3.1

Il est évident que ce cheminement induit un certain taux de transformation entre chaque étape et qu'au final, seule une fraction de ceux qui auront vu un clip sur un des sites de partage de vidéos ira jusqu'au bout. Déterminer le taux de visiteurs qui iront jusqu'au bout fait également partie de l'expérience.

Ces outils de communication explicites (l'utilisateur fait la démarche de les utiliser) sont complétés par des logs serveurs et des statistiques d'accès qui constituent un volet implicite (l'utilisateur les laisse involontairement).

Voici une description détaillée de ces dispositifs, avec les limites identifiées. On peut les classer en deux familles : les outils d'analyse quantitatifs et les outils d'analyse qualitatifs.



### 5.3.2. Analyse qualitative

Elle repose sur des soumissions explicites et volontaires de la part des utilisateurs. Plusieurs moyens très classiques sont à leur disposition :

- le mail : c'est le plus évident. Une adresse mail associée à l'opération a été créée chez Gmail. Elle est publiée sur le site de Sonar
- les commentaires de vidéo sur les sites d'accroche : ils sont autorisés sans validation pour toutes les vidéos aussi bien sur Youtube que Dailymotion. Ces systèmes permettent d'être averti par mail de l'arrivée des nouveaux commentaires
- réponses vidéo : il est également possible sur ces mêmes sites d'associer un commentaire vidéo au lieu du texte

La multiplication des moyens de communication ci-dessus a pour but de proposer à chacun un moyen de nous contacter qui lui est accessible et familier.

Il s'est également posé la question de créer un blog. Une réflexion a été menée dans la première quinzaine qui a suivi la mise à disposition du système au public. Il s'est avéré que nous n'avions pas les ressources nécessaires pour faire vivre le blog (création permanente de contenu) et que de toute façon, l'investissement en énergie nécessaire n'offrait pas un retour satisfaisant étant donné le trafic relativement faible (mais régulier) prévu.

### 5.3.3. Analyse quantitative externe

Elle se rapporte aux données pouvant mener à l'élaboration de statistiques sur les sites qui ne dépendent pas de nous. En voici une description :

- sites de partage de vidéos Youtube et Dailymotion : tous deux proposent le même style d'options pour échanger avec la communauté et suivre la popularité des contributions
  - ◆ indication du nombre de fois qu'une vidéo a été consultée : cette information est intéressante car elle permet de corréliser la popularité d'une chanson à son nombre de téléchargements. Il sera donc possible de définir un taux de transformation en faisant le rapport entre les deux. Toutefois, ce compteur ne peut pas donner de valeurs exactes. Il souffre des mêmes incertitudes que celles qui seront discutées plus tard dans la section consacrée à la confiance à accorder aux données récupérées en interne sur notre serveur. Youtube, en tant que possession de Google, possède une API très structurée qui permet d'interfacer des web services. Il est ainsi possible d'automatiser le suivi des données. Malheureusement, nous avons découvert que les valeurs obtenues par l'API sont sensiblement différentes de celles lues sur la page du site. Dans tous les cas, il faudra considérer un lissage de ces chiffres pour aussi tenir compte des visites internes de l'équipe de développement
  - ◆ abonnements : il est proposé aux visiteurs de s'abonner (« *subscribe* ») au canal formé par les vidéos de l'utilisateur eguitarsonar. Le nombre de personnes abonnées est aussi un indicateur de popularité qui pourra être comparé à celui d'autres utilisateurs proposant un contenu similaire
- questionnaire en ligne : suite à l'expérience du projet e-guitare, nous sommes conscient du fait que pour qu'un questionnaire procure des réponses, il faut mettre en place une vraie politique d'incitation. Ce dont nous n'avons pas les moyens pour Sonar. Néanmoins, il nous a semblé intéressant de proposer tout de même un questionnaire, à la condition que sa création ne consomme pas trop d'énergie. En effet, en prévision d'un retour faible, il faut minimiser l'investissement. Pour cela,

nous avons donc externalisé la gestion du questionnaire à une plate-forme chinoise nommée my3q.com. La formule gratuite que nous avons utilisée autorise la création de sondages comportant un nombre illimité de questions, pour une durée maximale de 6 mois, ce qui est suffisant pour cette expérience. En revanche, elle ne permet pas de filtrer qui peut répondre à notre questionnaire : il n'est pas protégé par un mot de passe. Cela constitue un paramètre dont il sera tenu compte dans l'analyse des résultats. Le questionnaire en lui-même, disponible en annexe, est beaucoup plus court que celui de e-guitare : il comporte 18 questions dont 3 sont ouvertes. Nous avons procédé ainsi afin de ne pas décourager les utilisateurs. Ceux qui, en effet, iront jusque là pourront être considérés comme des alliés fiables dans la suite du processus de développement centré utilisateur, des *gold testers* comme on les a surnommés. Du point de vue auteur, le service de my3q.com permet de consulter un tableau de bord en ligne et d'exporter les retours chiffrés dans des formats courants (CSV, XLS)

#### 5.3.4. Analyse quantitative interne

Elle se rapporte aux données qui peuvent être recueillies autour du site web hébergé sur notre serveur, à l'Université.

Ces renseignements quantitatifs permettent d'aboutir à des statistiques et sont particulièrement intéressants car systématiques : quel que soit le visiteur, il laisse une trace. Il est donc possible de déterminer la proportion entre les utilisateurs-consommateurs (qui viennent pour télécharger uniquement) et les utilisateurs-acteurs (qui souhaitent s'impliquer un peu plus, en utilisant les outils de communication plus qualitatifs). Voici les caractéristiques des outils quantitatifs :

- logs du serveur apache : ce sont les traces écrites que laisse toute requête au serveur, comme un restaurateur note tout ce que commandent les clients. La granularité est très élevée car chaque fichier composant une page web (texte, images, éléments multimédias, autres) fait l'objet d'une requête séparée. La pertinence et l'interprétation des données brutes des logs sont discutées ci-après
- service d'analyse de trafic web Xiti : ce service de l'entreprise française AT Internet permet de suivre le trafic d'un site web. Il fonctionne grâce à un marqueur indexé dans chaque page du site. Ainsi, en plus de faire une connexion à notre serveur, chaque utilisateur active le marqueur à son passage qui va transmettre des informations stockées par Xiti. Nous avons choisi de faire appel à ce service, dans la version gratuite, en plus des logs car le fait que notre serveur soit dans un réseau universitaire ne facilite pas l'obtention de certaines données, à cause d'un proxy et d'une architecture de serveurs mandataires qui induisent une frontière entre intérieur et extérieur. Enfin, l'idée d'une certaine redondance d'informations n'est pas pour nous déplaire, puisqu'il est alors possible de comparer les données
- service d'analyse de trafic web Google Analytics : ce service de Google est un concurrent de Xiti. Nous avons dû nous résoudre à l'inclure sur nos pages une dizaine de jours après le lancement de l'opération, à cause du problème rencontré dans l'interprétation des logs serveur, discutée ci-après

Ces deux services sont très utilisés sur le web. Leurs opérateurs bénéficient d'une expérience importante et leurs nombreux partenariats permettent d'obtenir des données assez précises sur les flux entrants et sortants ainsi que sur la qualification du visiteur, notamment son équipement et son origine géographique.

### 5.3.5. Degré de confiance aux logs serveur

Nous avons considéré, *a priori*, que les logs serveurs seraient notre source de données la plus fiable car la plus proche des opérations conduites. Ces logs contiennent aussi bien les appels à des éléments de pages web (permettant de comptabiliser des visites) que les requêtes de téléchargement des DVD virtuels au format ISO.

Quelques jours après la mise à disposition publique de Sonar, nous nous sommes rendu compte que le comptage des ISO téléchargés pouvait être biaisé. En voici la démonstration. Il nous semble important de la détailler car le résultat qui en découle a une incidence forte sur toute autre expérience similaire future basée sur l'étude de logs serveur.

Pour cela, nous devons analyser le type d'information écrit dans une ligne du fichier de log, appelée un hit. Le Tableau 5.3.1 en est un exemple :

```
194.199.72.17 - - [15/Feb/2008:23:35:09 +0400] "GET /sonar/images/greensleeves.jpg
HTTP/1.1" 200 1306 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/4.0 (compatible;
MSIE 7.0; Windows NT 5.1; .NET CLR 1.1.4322; .NET CLR 2.0.50727)"
```

Tableau 5.3.1 : une entrée d'un fichier de log de serveur Apache

Étudions chaque bloc :

- `194.199.72.17` : c'est l'adresse IP de l'ordinateur qui demande un fichier au serveur. Le nom du fichier est précisé plus loin. Comme l'architecture des serveurs web de l'Université passe par un serveur mandataire qui est le seul visible de l'extérieur, cette adresse IP reste toujours la même : vu de notre serveur, c'est donc le seul client qui émet des requêtes. C'est en anticipation que nous avons aussi intégré sur les pages web le service Xiti. Le problème de ce dernier est qu'il ne peut identifier que des pages web, pas les images de DVD virtuels. Et puis il est impossible de faire une correspondance entre les statistiques de Xiti et les logs de notre serveur car le premier ne donne pas de logs à proprement parler. Toujours est-il que devant le problème d'identité du demandeur soulevé, nous avons travaillé avec le Centre des Ressources Informatiques de l'Université afin d'avoir accès aux logs du serveur mandataire, qui lui possède l'adresse IP réelle du client. Ce point a donc été résolu
- `[15/Feb/2008:23:35:09 +0400]` : c'est la date et l'heure de la requête. Le `+0400` indique que c'est l'heure de Greenwich plus quatre heures, c'est-à-dire l'heure de la Réunion
- `"GET /sonar/images/greensleeves.jpg HTTP/1.1" 200 1306` : c'est le fichier qui a été commandé au serveur par la requête HTTP `GET`. Ici, on voit que c'est une image nommée `greensleeves.jpg`, qui est une vignette d'aperçu qui figure sur la page principale. Chaque élément de la page faisant l'objet d'une requête séparée. Le nombre `200` est le code qui indique que le transfert du fichier s'est bien terminé. C'est un indicateur de transaction. Enfin, la dernière valeur, `1306`, est la taille du fichier téléchargé, en octets
- `"http://e-guitar.univ-reunion.fr/"` : cette valeur est le *referer*, c'est-à-dire la page d'où vient le visiteur. Ici, il vient de l'adresse racine `e-guitare.univ-reunion.fr`. C'est une information très intéressante mais malheureusement, à cause de la structure réseau de l'Université, elle est fautive pour nous : sa valeur est invariablement l'adresse de Sonar. Normalement, grâce à cela, nous aurions pu savoir qui venait depuis Youtube ou Dailymotion (ou d'un autre site). Mais dans les logs que nous possédons, ni l'un ni l'autre n'apparaît. Cette imprécision conforte l'idée d'avoir fait appel à un service de mesure de trafic indépendant

- "Mozilla/4.0 (compatible; MSIE 7.0; Windows NT 5.1; .NET CLR 1.1.4322; .NET CLR 2.0.50727)" : ceci est un champ d'information sur le logiciel que le client utilise pour surfer sur notre site. Dans cet exemple, il s'agit d'un PC sous Windows XP (dont le numéro de version est Windows NT 5.1, sachant que Windows 2000 avait pour code de version Windows NT 5.0). On voit aussi que la personne utilise Internet Explorer 7 et a deux versions du framework .Net de Microsoft installées. La mention `Mozilla/4.0` attribuée à Internet Explorer n'est pas une erreur. Il s'agit du témoin d'une vieille querelle de notoriété entre Netscape et ce logiciel, qui remonte à une époque où il valait mieux pour Internet Explorer se faire passer<sup>30</sup> pour Netscape auprès des serveurs web...

La page principale du site de Sonar contenant à elle seule 34 fichiers, on se retrouve donc avec un fichier de logs contenant plusieurs milliers de lignes à analyser. Il faut donc faire appel à un outil d'extraction de données.

Nous avons voulu utiliser Webalizer<sup>31</sup>, un outil open source assez connu, quoiqu'un peu ancien. Dès les premières analyses au début du projet, il a révélé un problème de cohérence au niveau du nombre de téléchargements d'une pièce.

A la base, nous nous sommes dit qu'il suffisait de comptabiliser les requêtes sur des fichiers `.iso` pour déterminer avec exactitude le nombre de DVD virtuels téléchargés. Le Tableau 5.3.2 est un exemple de la situation idéale :

```
86.219.81.109 - - [11/Feb/2008:16:54:23 +0400] "GET /download/silent_night.iso
HTTP/1.1" 200 398589952 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0
(Macintosh; U; Intel Mac OS X; fr-fr) AppleWebKit/523.10.3 (KHTML, like Gecko)
Version/3.0.4 Safari/523.10"
```

Tableau 5.3.2 : log d'un téléchargement de DVD virtuel

Nous savons que ce téléchargement s'est bien déroulé car il a été fait par un membre de l'équipe de développement alors en déplacement à Nice, en métropole, qui nous a confirmé le bon déroulement de l'opération. La commande `nslookup` permet dans beaucoup de cas de vérifier l'origine de l'adresse IP. Ici, elle retourne l'équivalence `Anice-251-1-90-109.w86-219.abo.wanadoo.fr` pour l'adresse IP `86.219.81.109`.

Le problème de statistiques survient lorsque l'utilisateur se sert d'un logiciel de gestion de téléchargements, plus communément appelé *Download Manager*. Ces logiciels permettent d'interrompre un transfert (volontairement ou suite à un plantage) et de le reprendre plus tard à l'endroit où il a été arrêté. Mais ils permettent aussi de télécharger en parallèle plusieurs morceaux d'un gros fichier afin de maximiser l'utilisation de la bande passante et aller plus vite. C'est donc la bête noire des administrateurs de sites car un client va faire  $n$  connexions au lieu d'une seule et il va donc consommer à lui tout seul les ressources qui auraient dû être disponibles pour  $n-1$  autres personnes. Par contre, il est vrai qu'il reste moins longtemps, mais cela se fait au détriment du nombre de personnes différentes qui peuvent accéder au service pendant ce laps de temps et qui sont rejetées par manque de capacité. Il existe des dispositifs pour bloquer cela, mais ce n'est pas très populaire car la possibilité de reprendre un téléchargement interrompu reste légitime, surtout quand la taille du fichier est importante

Le Tableau 5.3.3 est un exemple de téléchargement en deux connections. On y voit effectivement deux requêtes pour le même fichier, à destination du même hôte et ce à quelques secondes d'intervalle.

30 Cette page de Wikipedia l'explique très bien dans la section Mystification de User-Agent : <http://fr.wikipedia.org/wiki/User-Agent>

31 <http://www.mrunix.net/webalizer/>

```

90.43.3.4 - - [15/Feb/2008:13:04:52 +0400] "GET /download/gooyave.iso HTTP/1.1" 200
550961152 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows; U; Windows NT
5.1; fr; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"
90.43.3.4 - - [15/Feb/2008:13:05:04 +0400] "GET /download/gooyave.iso HTTP/1.1" 206
550682628 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows; U; Windows NT
5.1; fr; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"

```

*Tableau 5.3.3 : log de téléchargement en deux connexions*

Notons également que le code de transaction pour la deuxième requête est 206 au de 200, ce qui est la signalisation de l'accès partiel à un fichier. Ce qui n'empêche pas que la taille de fichier soit quasiment la même que le fichier entier.

Et de là naît le problème : Webalizer considère ces deux lignes comme deux téléchargements distincts alors qu'au final, ils ne concernent qu'un seul utilisateur. On pourrait néanmoins essayer de filtrer les logs en groupant les requêtes proches associées à un même internaute. Mais cette interprétation reste très incertaine, subjective et donc difficilement automatisable comme le montre le Tableau 5.3.4. On y voit en effet un utilisateur faire 8 requêtes sur le même fichier et ce dans un intervalle de temps d'une demi-heure. Or, il n'est pas évident qu'il s'agisse d'une seule et unique personne : derrière une adresse IP, il peut s'agir de plusieurs clients sur un réseau local, comme c'est le cas sur les campus universitaires ou dans les grandes entreprises. Deux personnes qui téléchargent le même fichier durant cette demi-heure apparaîtront donc comme un unique utilisateur vu de notre serveur. Voilà donc pourquoi le comptage est biaisé. Mais ce n'est pas la seule source d'incertitude.

Le protocole HTTP indique dans les logs les requêtes dont une réponse a été produite. On trouve principalement les cas suivants :

- une réponse positive à un transfert de fichier : complet (200) ou partiel (206)
- un indicateur de fichier inexistant (la fameuse erreur 404)
- des informations de vérification de mise à jour (par exemple 304 pour les proxy).

Le problème que l'on rencontre aussi vient du fait qu'il n'y a pas d'acquiescement du client lorsque le transfert d'un fichier est réussi. Ainsi, même quand un téléchargement est demandé (en une ou plusieurs requêtes), il n'y a aucune certitude qu'il ait effectivement abouti. Cela est d'autant plus gênant que le risque d'une interruption augmente avec la taille du fichier, puisque ce dernier met plus de temps à être reçu. Un aléa réseau a plus de chance de se produire.

Au final, les logs serveur ne nous permettent de savoir ni combien de personnes ont téléchargé une pièce, ni si, pour une requête donnée, elle a bien abouti !

Ce résultat est également important car il jette le doute sur les statistiques de téléchargement proposées par de nombreux sites et même les statistiques de visionnages des services comme Youtube et Dailymotion. Considèrent-ils qu'il y a visionnage quand la page contenant la vidéo est chargée ou quand le visiteur a fini de charger et de lire le fichier vidéo lui-même?

```

41.212.238.218 - - [15/Feb/2008:22:00:39 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 10485761 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows;
U; Windows NT 5.1; en-US; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"
41.212.238.218 - - [15/Feb/2008:22:04:49 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 10485761 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows;
U; Windows NT 5.1; en-US; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"
41.212.238.218 - - [15/Feb/2008:22:06:15 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 10485761 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows;
U; Windows NT 5.1; en-US; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"

```

```

41.212.238.218 - - [15/Feb/2008:22:08:42 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 10485761 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows;
U; Windows NT 5.1; en-US; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"
41.212.238.218 - - [15/Feb/2008:22:25:45 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 10485761 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows;
U; Windows NT 5.1; en-US; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"
41.212.238.218 - - [15/Feb/2008:22:28:21 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 10485761 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows;
U; Windows NT 5.1; en-US; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"
41.212.238.218 - - [15/Feb/2008:22:29:23 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 10485761 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows;
U; Windows NT 5.1; en-US; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"
41.212.238.218 - - [15/Feb/2008:22:32:18 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 10485761 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/5.0 (Windows;
U; Windows NT 5.1; en-US; rv :1.8.1.12) Gecko/20080201 Firefox/2.0.0.12"

```

*Tableau 5.3.4 : téléchargement unique à requêtes multiples*

### 5.3.6. Propositions sur l'obtention de statistiques

Devant cette déconvenue au sujet des logs serveurs, nous avons essayé d'évaluer différemment le nombre d'images ISO téléchargées.

Quel que soit le nombre de téléchargements simultanés lancés, ils sont tous déclenchés par un clic unique sur le lien vers le fichier ISO. Le compromis consiste donc à comptabiliser le nombre de clics sur ces liens. Ainsi, même s'il y a interruption et reprise par un logiciel de gestion de téléchargements, cela ne comptera pas comme une nouvelle requête. L'inconvénient de cette méthode vient bien entendu du fait qu'en aucun cas, on ne peut être sûr que le client est allé au bout du téléchargement. Cet état de fait est accepté car de toute façon, il n'existe pas de technique simple et fiable pour acquitter de la fin d'une transaction en HTTP.

Le décompte des clics est réalisé grâce au service Google Analytics parce que cette méthode était la plus simple à implémenter : il s'agit d'un script Javascript à insérer sur les liens. Ils sont relatifs à un marqueur présent sur la page, du même type que celui de Xiti. Chez ce dernier, le suivi des fichiers à télécharger est payant, nous ne l'avons donc pas mis en œuvre.

Malgré l'incertitude induite par cette méthode, c'est la solution la plus convenable que nous ayons imaginée car elle permet quand même de dresser un tableau assez proche de la réalité. Le but étant surtout de dégager des tendances, cela sera suffisant.

Néanmoins, en prélude à la présentation des résultats dans la suite de cette thèse, nous proposerons une analyse comparative des mesures obtenues, afin de valider l'approximation que nous faisons.

A ce stade, le logiciel Webalizer paraît inefficace car il repose uniquement sur une exploitation des données de logs, sans possibilité d'interrogation de sources de données complémentaires extérieures. Par exemple : l'interrogation des bases WhoIs permettant de trouver l'opérateur possédant une adresse IP donnée et donc son pays d'origine. Les services de tracking en ligne donnent ce genre d'information, sans pour autant que l'on soit totalement sûr de leurs sources.

### 5.3.7. Topologie de l'infrastructure déployée pour e-guitar Sonar Edition

Par rapport aux travaux accomplis pour e-guitare, la version e-guitar Sonar est largement plus distribuée puisque de nombreuses fonctionnalités reposent sur des services externes à

l'Université. Cette organisation fait aussi l'objet du test, l'idée étant de sous-traiter toutes les tâches qui ne relèvent pas de notre cœur de métier.

La 5.3.2 présente la topologie déployée pour cette version.

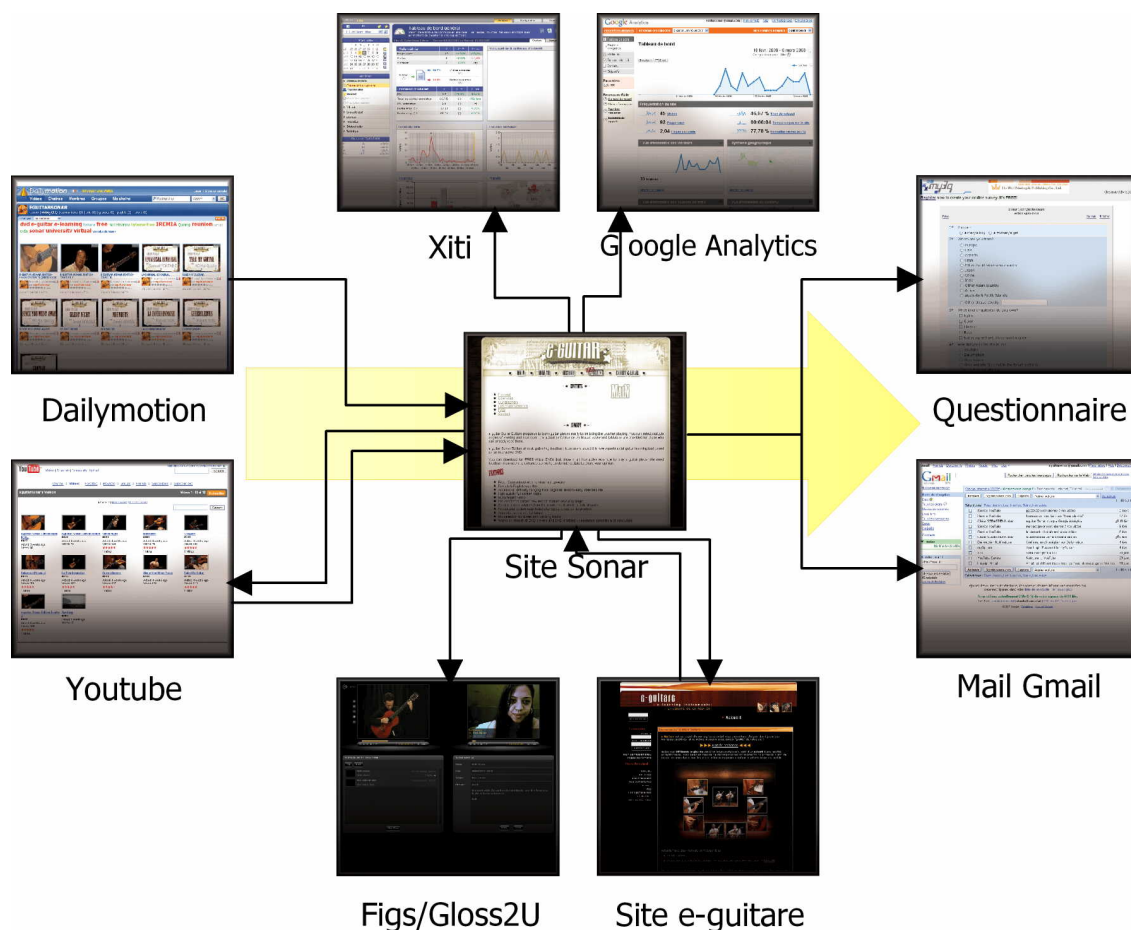


Figure 5.3.2. : topologie web de l'expérience Sonar

La flèche jaune en arrière-plan indique le sens du flux de visites prévu.

Certains éléments ont été omis sur cette illustration car ils ont un rôle largement secondaire, tel que le lien vers une carte du service Google Earth présentant la localisation de l'île de la Réunion ou celui vers le site institutionnel de l'Université.

La double flèche pour Youtube s'explique par le fait que le site de Sonar propose de visionner les vidéoclips des pièces grâce aux services de celui-ci. Nous nous sommes dit que cela était nécessaire car si un visiteur arrive sur notre site par une pièce, il faut lui éviter de retourner d'où il vient pour avoir un aperçu des autres pièces.

Le site de Sonar pointe également vers le site communautaire e-guitare. Ce dernier a été générateur de trafic dans le sens inverse car une actualité indiquant la création de Sonar a été postée.

## 5.4. Résultats

### 5.4.1. Milestones

Les séquences vidéo d'approche ont été mises en ligne entre le 6 et le 8 février 2008 sur Youtube et Dailymotion par l'utilisateur *eguitarsonar*, dans les deux cas.

L'ensemble de la chaîne de diffusion de l'expérience Sonar (pièces + site) a été livrée au public le 11 février 2008. Le questionnaire a également été activé ce même jour. Une petite erreur de lien vers la pièce « Since You Went Away » a été corrigée le 15 février.

Le problème de mesure des téléchargements a été identifié au cours de la première semaine d'activité du système. Il a abouti sur la pose des sondes Google Analytics au cours de la journée du 18 février.

Le suivi intensif des indicateurs s'est fait du 11 février au 11 juillet 2008, ce qui représente 152 jours (environ 5 mois). Le choix de cette période s'explique de deux façons :

- comme on va le voir dans la suite, le régime permanent est atteint assez rapidement dans le temps : les valeurs présentent peu d'évolution
- des pannes serveurs ont interrompu l'accès au service à partir de la mi-juillet jusqu'à la mi-août, empêchant l'acquisition de données sur cette période

A partir de mi-août 2008, une refonte de l'infrastructure d'hébergement a eu lieu suite à de nombreuses déconvenues (changement de locaux, opérations de maintenance réseau et électricité, pannes machines) et le service a pu être relancé dans de meilleures conditions. Il est donc toujours accessible même si le monitoring est moins intensif.

#### 5.4.2. Comparaison des outils de mesure d'activité

Dans le processus d'évaluation, nous avons avancé que l'utilisation d'outils externes de mesure de l'activité des utilisateurs était suffisamment fiable. Nous avons essayé de vérifier cette assertion sur une période de 22 jours allant du 19 février au 12 mars 2008 en milieu d'après-midi (données journalières complètes jusqu'au 11 mars, donc).

La source de données de plus bas niveau est le fichier de logs, avec les contraintes que nous avons vues précédemment. En dehors du problème de décompte des téléchargements, il se pose aussi la question de l'analyse des visites. Le logiciel Webalizer ou les services de Xiti et Google Analytics se contentent d'une analyse basée sur des scripts. Or, les algorithmes de fouille de données ne peuvent résoudre certains cas qui demandent une interprétation et une prise de décision. Le Tableau 5.4.1 constitue l'illustration d'un tel cas posant problème :

```
142.150.84.116 - - [10/Mar/2008:23:27:22 +0400] "GET /download/silent_night.iso
HTTP/1.1" 200 361463808 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/4.0
(compatible; MSIE 7.0; Windows NT 5.1; .NET CLR 1.1.4322; .NET CLR 2.0.50727; .NET
CLR 3.0.04506.30; .NET CLR 3.0.04506.648)"
142.150.84.116 - - [10/Mar/2008:23:27:24 +0400] "GET /download/silent_night.iso
HTTP/1.1" 200 361463808 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/4.0
(compatible; MSIE 6.0; Windows NT 5.0; .NET CLR 1.1.4322)"
```

Tableau 5.4.1 : exemple 1 de logs requérant une interprétation

Tous les logiciels vont se baser sur l'adresse IP, identiques pour ces deux lignes, pour dire qu'il s'agit du même utilisateur. Le fait qu'il réclame le même fichier à quelques secondes d'intervalle peut être synonyme de l'utilisation d'un gestionnaire de téléchargement. A ce stade déjà, il y a une source d'erreur d'analyse : comme nous l'avons vu précédemment, peu de logiciels sont capables de regrouper les demandes.

Or dans cet exemple, il y a une autre source de confusion. En effet, nous constatons que ce n'est manifestement pas le même poste qui émet la requête. L'un est sous Windows XP (comme l'indique l'attribut `Windows NT 5.1`) avec Internet Explorer 7 alors que l'autre est sous Windows 2000 (alias `Windows NT 5.0`), avec Internet Explorer 6. Il s'agit donc bien de deux clients séparés et probablement deux personnes différentes puisque chacune télécharge le même fichier. Ici, il faut donc bien les dissocier. Une rapide traduction d'adresse nous informe qu'il s'agit d'utilisateurs du campus de l'université de Toronto au Canada. On peut



imaginer que concrètement, il s'agit de deux utilisateurs qui se connaissent, dont l'un passe le « tuyau » à son ami par l'intermédiaire d'un logiciel de messagerie instantanée. Ce dernier n'a plus qu'à utiliser les liens directs de téléchargement. Au passage, procéder d'une telle manière court-circuite les sondes de Google Analytics, puisque ces dernières comptabilisent le nombre de clics sur le lien de la page principale du site web de Sonar.

Au Tableau 5.4.2, un autre exemple nécessitant une certaine dose d'interprétation est proposé.

Les deux premières lignes de log indiquent qu'il s'agit d'une même origine (adresse IP identique), mais avec deux postes différents : l'un sous Windows XP Media Center Edition, l'autre sous l'antique Windows 98. Contrairement au cas précédent, il s'agit probablement de la même personne : la machine sous Windows XP ne sert qu'à lire les pages web alors que la machine sous Windows 98 ne fait que des téléchargements. Elle aura d'ailleurs bien du mal puisqu'elle s'y reprendra plusieurs dizaines de fois, ce qui pour la pièce gooyave ici visible, prendra environ 3 heures.

```
189.145.144.113 - - [27/Feb/2008:10:32:16 +0400] "GET /images/foot.jpg HTTP/1.1"
200 17842 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/4.0 (compatible; MSIE 7.0;
Windows NT 5.1; Media Center PC 3.0; .NET CLR 1.0.3705; .NET CLR 1.1.4322; .NET
CLR 2.0.50727; .NET CLR 3.0.04506.30; Media Center PC 2.8)"
189.145.144.113 - - [27/Feb/2008:10:34:00 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 547815424 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/4.0
(compatible; MSIE 5.00; Windows 98)"
.
.
.
189.145.144.113 - - [27/Feb/2008:13:31:13 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 1581858 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/4.0 (compatible;
MSIE 5.00; Windows 98)"
189.145.144.113 - - [27/Feb/2008:13:30:36 +0400] "GET /download/gooyave.iso
HTTP/1.1" 206 5897486 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/4.0 (compatible;
MSIE 5.00; Windows 98)"
.
.
.
189.145.132.75 - - [28/Feb/2008:00:12:18 +0400] "GET /download/gooyave.pdf
HTTP/1.1" 206 22711 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/4.0 (compatible;
MSIE 5.00; Windows 98)"
189.145.132.75 - - [28/Feb/2008:00:12:17 +0400] "GET /download/gooyave.pdf
HTTP/1.1" 200 90835 "http://e-guitar.univ-reunion.fr/" "Mozilla/4.0 (compatible;
MSIE 5.00; Windows 98)"
```

*Tableau 5.4.2 : exemple 2 de logs requérant une interprétation*

Mais ce n'est pas fini. Quelques heures plus tard, d'autres téléchargements (aussi laborieux) sont réalisés par une autre adresse IP mais de la même zone géographique et dont le client présente exactement les mêmes caractéristiques techniques. Windows 98 étant un système obsolète et donc rare de nos jours, on peut donc conclure qu'il s'agit probablement de la même personne et qu'il s'agit de la suite de sa visite initiée plusieurs heures auparavant.

Une analyse uniquement basée sur l'algorithmique ne peut aboutir à une telle conclusion car il est nécessaire d'imaginer des scénarios d'activité pour regrouper les visites.

Pour comparer les résultats des services de suivi par rapport à une représentation la plus réaliste possible de l'activité réelle, il a donc fallu faire une exploitation manuelle des logs, ce qui représente pour la période étudiée 12848 lignes. Cet effort est récompensé puisqu'au

final, on aboutit à des statistiques très proches des événements qui se sont produits du côté serveur.

Nous avons choisi de synthétiser les résultats par deux mesures : l'évolution du nombre de visites et le décompte du nombre de téléchargements (non applicable pour Xiti). Ce sont les deux valeurs principales sur lesquelles nous pourrions baser notre interprétation.

L'évolution du nombre de visites selon la source est représentée sur le Tableau 5.4.3 et la 5.4.1.

Jour	Logs	GA	Xiti
19/02/08	2	2	2
20/02/08	5	6	7
21/02/08	2	2	3
22/02/08	1	1	1
23/02/08	4	5	4
24/02/08	2	2	2
25/02/08	2	3	3
26/02/08	3	4	2
27/02/08	2	1	2
28/02/08	1	1	1
29/02/08	1	1	2
01/03/08	2	2	1
02/03/08	4	4	6
03/03/08	1	3	2
04/03/08	3	3	3
05/03/08	6	6	6
06/03/08	1	1	1
07/03/08	1	5	5
08/03/08	2	2	2
09/03/08	2	2	3
10/03/08	2	2	5
11/03/08	4	4	2

Tableau 5.4.3 : évolution comparative du nombre de visites (chiffres)

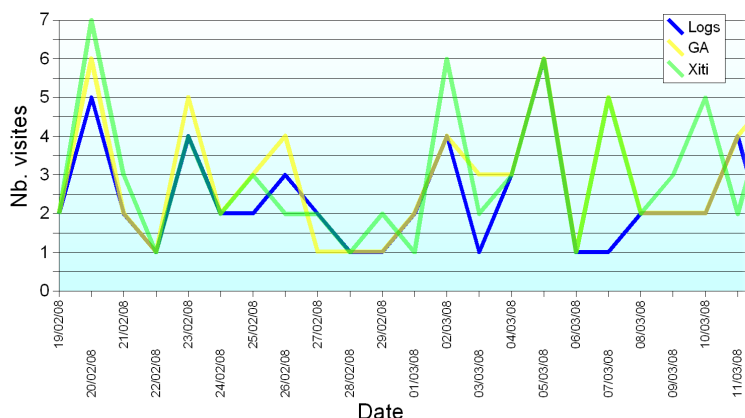


Figure 5.4.1. : évolution comparative du nombre de visites (forme graphique)

NB : GA = Google Analytics

A première vue, le bilan est assez mitigé : il y a correspondance des tendances mais pour un certain nombre de dates, on perçoit une différence assez prononcée.

D'emblée, précisons qu'une part de cette différence s'explique par le fait que le trafic interne de l'Université en provenance de machines faisant partie des sous-réseaux du laboratoire a été éliminé. En revanche, les requêtes émises par des postes d'autres services de l'Université, n'ayant *a priori* pas de lien direct avec l'équipe sont conservées.

On remarque également que bien souvent en appliquant un décalage de 24 heures, la cohérence augmente. Cela s'explique par le fait que la notion de « jour » varie d'un service à l'autre, en fonction du fuseau horaire auquel appartient le serveur qui effectue le tracking. Ainsi, aussi bien Xiti que Google Analytics reconnaissent ce facteur ainsi que certains autres<sup>32</sup> comme perturbation possible des mesures d'un service à l'autre.

Il y a également un autre fait à prendre en compte : ces valeurs restent dans l'ensemble très faibles. Une différence d'une seule unité provoque un déplacement important. Sorti des tendances générales (fortes hausses, fortes baisses), il n'est donc pas pertinent de travailler en valeur absolue.

Cela se voit également au niveau du nombre total de visites sur cette période :

Logs : 53      GA : 62      Xiti : 65

32 Voir les pages suivantes :

- Google Analytics : [https://www.google.com/support/googleanalytics/bin/answer.py?answer=55614&hl=fr\\_FR](https://www.google.com/support/googleanalytics/bin/answer.py?answer=55614&hl=fr_FR)

- Xiti : page accessible dans la rubrique Centre de Support > FAQ

L'ordre de grandeur est respecté, même si les services de suivi ont tendance à surévaluer les valeurs, ce qui est logique étant donné ce que nous avons exposé auparavant.

En conclusion, nous pourrions nous reposer sur ces services pour déterminer les grandes tendances. Leur précision sera alors suffisante en regard du gain de temps obtenu par le traitement automatisé des données. D'autant que le trafic en provenance des sous-réseaux du laboratoire diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la date de lancement (plus de corrections de bugs). Cette source de différences tend donc à se tarir.

Voyons ce qu'il en est pour les téléchargements. Le Tableau 5.4.4 présente les résultats obtenus en dépouillant les logs et tels qu'ils ont été collationnés par Google Analytics.

Pièce	Nb. Téléch. Google	Nb. Téléch. Logs
<b>Greensleeves</b>	5	6
<b>Take My Guitar</b>	5	6
<b>La Bourbonnaise</b>	4	4
<b>Gooyave</b>	3	2
<b>Since You Went Away</b>	3	3
<b>Silent Night</b>	2	5
<b>Universal Binaural</b>	2	3
<b>Nounoute</b>	1	3
<b>Total</b>	25	32

*Tableau 5.4.4 : Décompte du nombre de téléchargements du 19 février au 11 mars 2008*

On constate que les logs présentent en général plus d'accès aux pièces que le service externe. Cela s'explique facilement par le phénomène que nous avons évoqué précédemment : la sonde de Google est attachée au lien hypertexte de la page web, pour chaque pièce. Quelqu'un qui entre directement l'URL d'une image ISO dans un gestionnaire de téléchargement court-circuite la sonde.

Pour la période qui nous intéresse, il y a de fortes chances pour que ce soit le cas. Le cas illustré par le Tableau 5.4.1 s'est produit 5 fois, sans qu'il y ait eu accès à la page web principale pour l'un des deux clients.

Au final, on peut conclure en affirmant qu'un dépouillement manuel des logs est la méthode la plus fastidieuse, certes, mais aussi celle qui donnera les informations les plus fiables. On pourra se reposer sur les services en ligne uniquement pour avoir une vue d'ensemble rapide.

Voici à présent les données relevées aux différentes étapes du scénario de navigation exposé précédemment (5.3.1), à commencer par l'audience enregistrée sur les sites promotionnels.

### **5.4.3. Analyse de l'audience sur les sites Web 2.0**

La première information remarquable à ce niveau est la grande différence entre Youtube, premier<sup>33</sup> site de partage de vidéos et Dailymotion, le numéro 2. Sur la période étudiée, on peut ainsi retenir les chiffres suivants :

- Youtube
  - ◆ 4249 visionnages, toutes vidéos confondues

<sup>33</sup> Source : <http://www.ebizmba.com/articles/user-generated-content> : Données résultantes de l'agrégation de plusieurs sources

- ◆ 5 abonnements (*subscribers*) au canal
- ◆ 25,83 visionnages par jour, en moyenne
- Dailymotion
  - ◆ 693 visionnages
  - ◆ 0 abonnement au canal
  - ◆ 3,78 visionnages par jour, en moyenne

L'évolution de l'audience dans le temps est présentée à la 5.4.2. Il s'agit des valeurs moyennes journalières cumulées. On constate un pic de visionnages au démarrage, peu de temps après la mise en ligne des vidéos, puis une décroissance (très rapide pour Dailymotion) vers un régime stationnaire caractérisé par des irrégularités n'obéissant à aucune règle en particulier (week-end, par exemple).

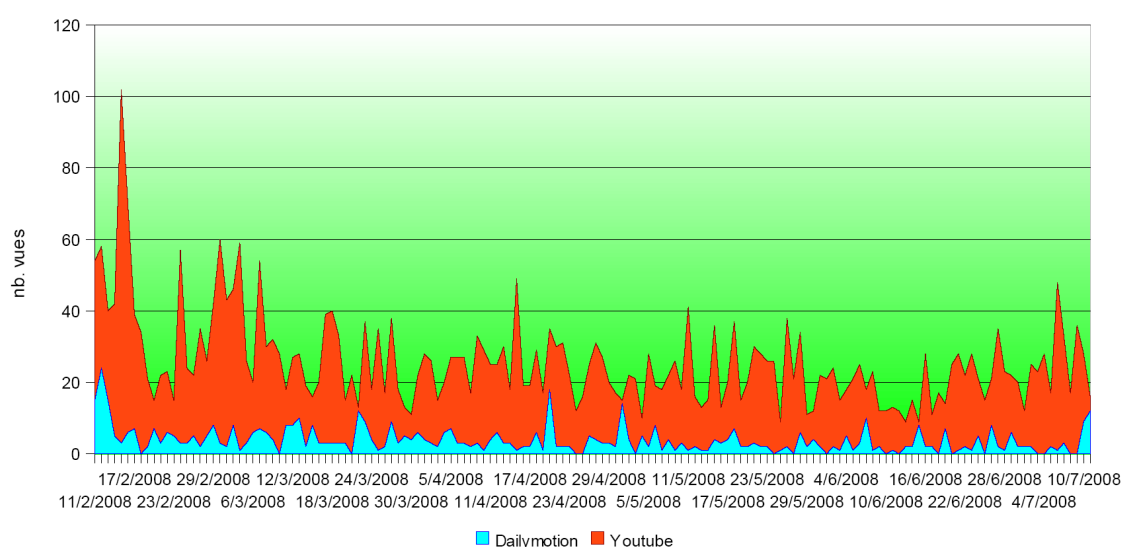


Figure 5.4.2 : évolution de l'audience journalière sur Youtube et Dailymotion

Pour la suite, nous nous sommes focalisés sur Youtube, étant donnée sa domination. La 5.4.3 montre la dispersion de l'audience en fonction du type de pièce et de séquence (vidéo clip ou bande annonce). Une pièce, Universal Binaural (celle dans le style reggae), se détache nettement des autres. Elle est suivie d'assez loin par Greensleeves, qui est un classique de l'apprentissage de la guitare classique. Les autres séquences forment un peloton assez compact duquel il est difficile d'extraire une tendance au profit d'un style en particulier. On note également que les bandes annonce ont peu de succès alors qu'elles sont mises en avant en tant que « *featured video* ». Nous avons en effet pensé que cela serait opportun que la vidéo principale soit une séquence présentant l'expérience Sonar dans son ensemble (professeurs, DVD virtuel, fonctionnalités, adresse du site, ...) plutôt qu'une pièce en particulier.

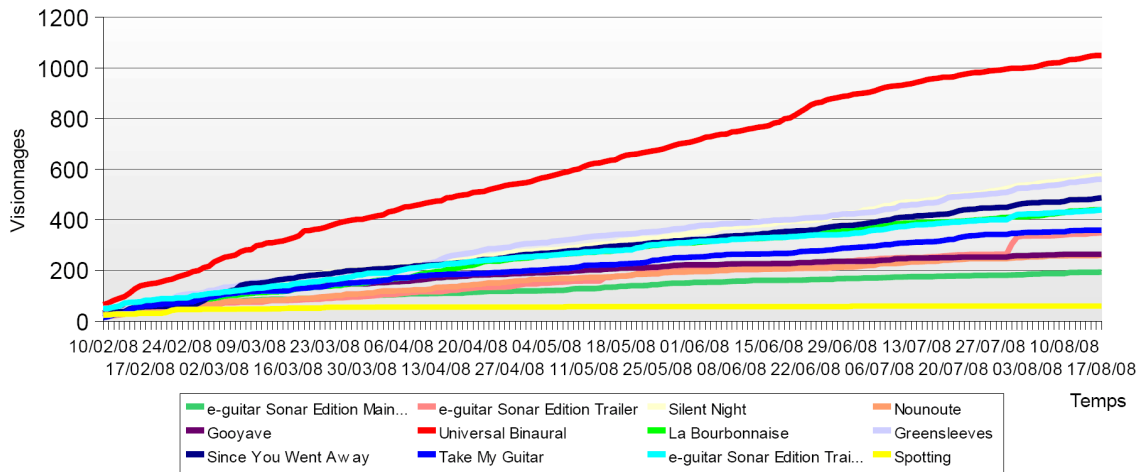


Figure 5.4.3 : évolution de l'audience cumulée par pièce

Alors que les premiers chiffres étaient obtenus, nous avons cherché à déterminer s'ils étaient représentatifs de la tendance habituelle de vidéos « lambda » (c'est-à-dire non sponsorisés et faisant partie du flot de séquences d'amateurs). Bien entendu, il n'est pas possible d'obtenir les valeurs officielles cumulées de la part de Youtube. Nous avons alors eu l'idée de créer un autre compte indépendant sur lequel ont été postées nos vidéos personnelles de loisir. Elles ont pour thématique l'aviation et dans une moindre mesure, la musique, notamment avec des séquences très proches de celles de Sonar et donc « concurrentes ». Les résultats sont présentés à la 5.4.4 sous la mention « Autre Utilisateur », avec les valeurs correspondantes pour Sonar sur Youtube et Dailymotion. Les 135 premiers jours après la mise en ligne sont étudiés (les deux comptes sont ramenés à un même point de départ dans le temps). Nous sommes conscients que cet autre utilisateur n'est pas lui-même forcément représentatif de la tendance générale, néanmoins nous croyons qu'il permet déjà de se faire une idée.

La première observation que l'on peut faire est qu'il se confirme que l'audience sur Dailymotion est vraiment sans commune mesure avec Youtube, ce qui légitime le fait que l'on se focalise sur ce dernier.

On constate ensuite dans un deuxième temps que l'évolution sur les deux comptes (Sonar et celui de notre utilisateur personnel) est extrêmement similaire sur les 50 premiers jours : les deux courbes se chevauchent. Au-delà, Sonar semble marquer le pas alors que notre compte poursuit une progression quasiment linéaire. Cela peut s'expliquer par deux phénomènes qui participent à relancer l'intérêt des visiteurs :

- le nombre de vidéos est plus grand sur notre compte personnel : 21 séquences comparé à 14, y compris les placebos
- nos vidéos personnelles ont été ajoutées au fur et à mesure, sur une période de deux mois au lieu de quelques jours et parfois en réponse à des questions posées

En dehors de cette légère divergence, on constate donc que les grandeurs sont proches, à qualités des séquences égales : contenu original, non médiatisé (ne suivant pas de mode ou d'actualité particulières) et libre de droits.

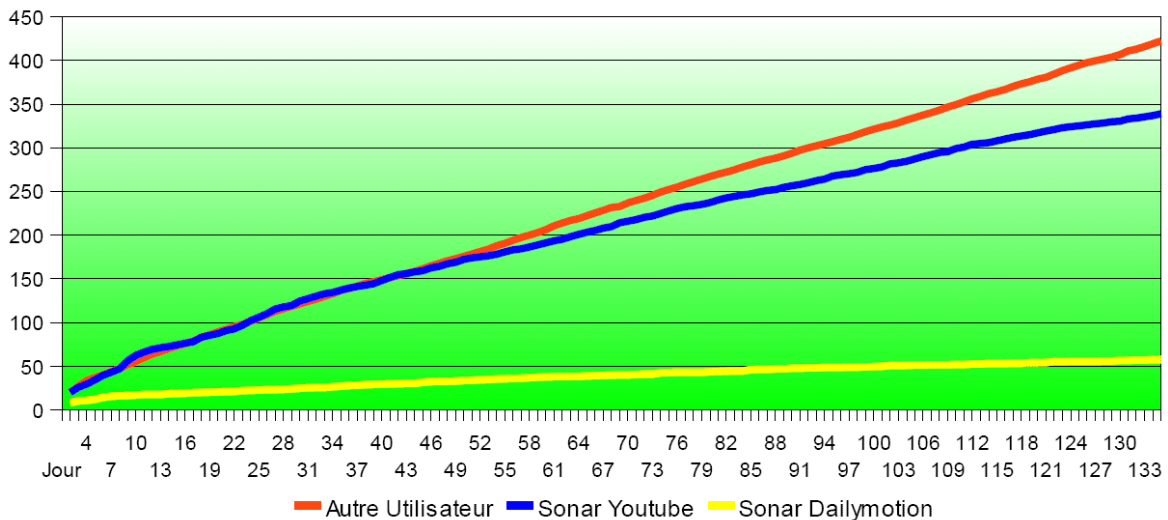


Figure 5.4.4 : évolution du nombre de visionnages moyens de Sonar comparé à un autre compte utilisateur sur les 135 premiers jours de mise en ligne

Nous avons aussi tenté de comparer les caractéristiques de séquences d'autres utilisateurs de Youtube ayant des scores d'audience nettement plus élevés que les nôtres, surtout en ce qui concerne la musique. Il s'agit là juste d'une analyse rapide sur un échantillon aléatoire de contributions. Les vidéos professionnelles de concert issues de DVD ou de la télévision ne sont pas prises en compte. Nous avons alors constaté l'influence positive des facteurs suivants :

- la virtuosité : l'interprétation de pièces difficiles techniquement. Ce critère est ignoré dans l'expérience Sonar puisque nous avons pris le parti de mettre en avant des pièces pour débutants
- la notoriété de la pièce : phénomène prévisible, jouer un morceau populaire (morceaux du Top 50, musique de film, éventuellement de jeux vidéo) attire
- le fait que le musicien ait une bonne apparence : en étant direct, nous dirons qu'une jolie fille est un très fort élément attracteur quasiment indépendamment de la qualité de l'interprétation qu'elle fait...

Bien entendu, ces facteurs peuvent être combinés entre eux, mais nous ne saurions dire le gain obtenu dans ce cas.

A présent, étudions le flux d'activité généré sur notre site web.

#### 5.4.4. Analyse des visites sur le site Sonar

Sur la période étudiée, on a acquis les données suivantes grâce à la méthodologie explicitée précédemment :

- 330 visites ont été effectuées dont 5,45% par des robots, ce qui nous ramène finalement à 312 visites utiles. Pour rappel, cette valeur est filtrée pour ne pas tenir compte, autant que faire se peut, des connexions issues de membres de l'équipe projet
- les visiteurs sont issus au total de 37 pays ou territoires différents. La 5.4.5 présente la répartition par grandes zones géographiques

- en ce qui concerne les systèmes d'exploitation (OS, 5.4.6), la famille Microsoft Windows (XP, Vista et 2000 essentiellement) représente 83,33% alors que MacOSX et Linux ont respectivement 14,42% et 2,24%
- au niveau du navigateur utilisé (5.4.7), on note une quasi équité entre Mozilla Firefox (48,72%) et Internet Explorer (45,51%) de Microsoft, livré avec toutes les machines sous Windows. Safari, le navigateur d'Apple, arrive loin derrière avec 4,81% des parts, le solde étant constitué de navigateurs spécialisés ou moins courants, comme Opéra

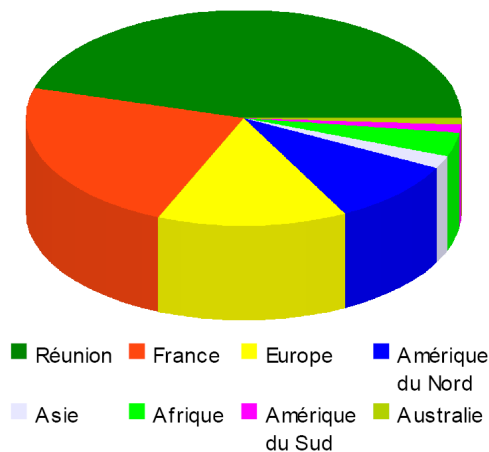


Figure 5.4.5 : origine géographique des visites

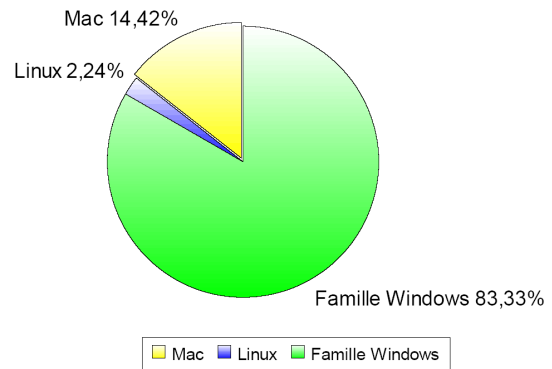


Figure 5.4.6 : systèmes d'exploitation des visiteurs

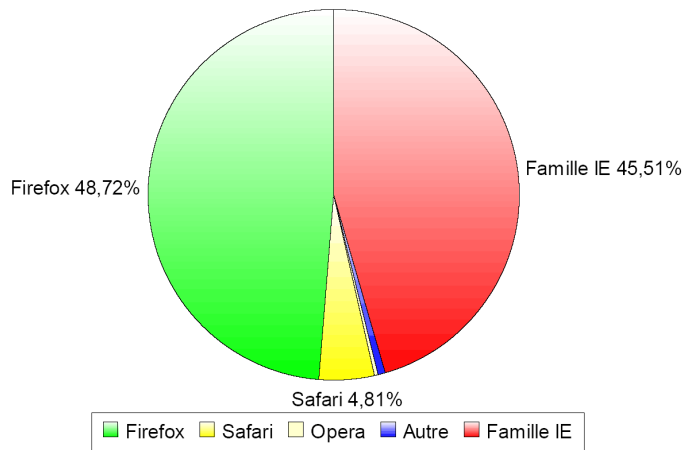


Figure 5.4.7 : navigateurs utilisés

L'intérêt des informations d'OS et de navigateur peut paraître faible à première vue dans l'étude que nous menons, mais nous aurions tort de nous en priver car il est alors possible de les comparer à des statistiques au niveau mondial et ainsi avoir une idée de la représentativité des visiteurs. Prenons un exemple pour illustrer ce propos.

Un internaute qui utilise Firefox a de fortes chances d'avoir un niveau de maîtrise de l'outil informatique plus élevé (ou de connaître une personne ressource en la matière) car ce logiciel n'est pas installé par défaut sur Windows et MacOSX (ni même par les grands intégrateurs comme HP, Dell, Acer, ...). Cela suppose donc que la personne est capable de faire la manipulation nécessaire ou en tout cas de savoir qui contacter pour le faire. Or cela nous intéresse car l'utilisation des DVD virtuels demande aussi ce genre de compétence. Autre élément : Firefox a la réputation d'être plus fiable qu'Internet Explorer (à tort ou à raison, cela importe peu ici) en terme de sécurité, de stabilité et de respect des standards. C'est là une des motivations les plus courantes pour le préférer à son concurrent. Un néophyte solitaire ne peut pas savoir cela et ne connaît même pas son existence. D'où l'affirmation que nous faisons : les personnes à même d'utiliser notre système ont plus de chance d'utiliser Firefox qu'un autre navigateur pré-installé avec leur

ordinateur. Et donc, il serait logique que la part de nos visiteurs l'utilisant soit plus élevée que dans les statistiques globales.

Bien entendu, cela ne veut pas dire que les personnes qui utilisent Internet Explorer sont incompetentes, ce ne sont là que des tendances.

En ce qui concerne les systèmes d'exploitation, la comparaison de nos chiffres avec les statistiques mondiales peut être réalisée directement puisqu'elle ne présume pas du niveau de compétence de l'utilisateur. Elle permet juste de déterminer si à ce niveau, il y a une concordance. Aller plus loin dans l'analyse est difficile car il faudrait se baser sur les profils des utilisateurs qui achètent tel ou tel OS et nous n'avons pas trouvé de sources de chiffres fiables sans tomber dans les lieux communs ou clichés tels que :

- Apple pour les créatifs, les intellectuels, les artistes, l'éducation, ceux qui ont plus de moyens financiers, ceux qui veulent refléter une certaine image « chic »
- Linux pour les informaticiens purs et durs, les fanatiques du monde libre, les « alter-computistes »
- Windows pour tous les autres

Afin de mener des comparaisons, nous nous sommes appuyé sur le service W3Counter<sup>34</sup> qui repose sur le monitoring de plus de 15000 sites représentant un total dépassant 20 millions de visites au niveau mondial. Nous avons exclu les données géographiques de l'analyse car il y a manifestement une grosse distorsion que nous tenterons d'expliquer un peu plus tard.

Étant donnée la période étudiée, nous avons choisi d'extraire du service les moyennes pour les mois de février à juillet 2008 puis d'en calculer les moyennes. Le résultat est synthétisé dans le Tableau 5.4.5 :

	Nom	Sonar	W3counter
Navigateurs	Internet Explorer	45,51%	61,44%
	Firefox	48,72%	28,85%
	Safari	4,81%	2,24%
	Opera	0,32%	1,11%
	Autres	0,64%	6,35%
OS	Famille Windows	83,33%	91,06%
	MacOSX	14,42%	4,78%
	Linux	2,24%	1,96%
	Autres	1%	2,21%

Tableau 5.4.5 : comparaisons entre les valeurs relevées sur le site Sonar et des valeurs globales pour les navigateurs et les systèmes d'exploitation (OS) utilisés

En ce qui concerne les navigateurs, on constate une différence importante entre valeurs relevées et valeurs mondiales, avec une proportion d'utilisateurs sous Firefox et Safari nettement plus élevée. Cela permet donc de déduire qu'*a priori* les visiteurs qui sont venus sur le site Sonar ont un profil différent de celui de l'internaute lambda, probablement ont-ils un niveau de maîtrise de l'outil informatique plus élevé ou font-il appel à une personne ressource pour les assister.

34 <http://www.w3counter.com/>



Au niveau du système d'exploitation en revanche, les valeurs mesurées sur Sonar sont plus proches des valeurs internationales malgré une percée importante de MacOSX. On constate aussi un chiffre double pour la catégorie « Autres ». Il s'agit là de terminaux numériques communicants (tels que les baladeurs multimédia wifi) et des accès par des téléphones cellulaires 3G. Il est évident que, contrairement aux autres types de sites web, nos visiteurs n'ont pas intérêt à utiliser de tels appareils pour télécharger les DVD virtuels.

Tentons à présent de faire une interprétation de l'origine géographique des visiteurs. On constate une prédominance nette des visites venant de la Réunion et de la France en général puisqu'elles représentent près de 70% du total. Est-ce à dire que nous avons échoué dans la dimension internationale? Oui et non.

Cette proportion élevée s'explique par la communication interne que nous avons faite quand Sonar a été lancé : il est évident que tous les partenaires du projet ont été mis au courant, de même que les proches de chaque membre de l'équipe en général. Ces visites ne peuvent être filtrées, on ne peut donc séparer les utilisateurs Français n'ayant aucun liens avec nous des autres. Or, comme le nombre total des visites est relativement faible (un peu plus de 300), il est normal qu'en pourcentages, la part des Français soit élevée.

Cette constatation n'est pas si gênante puisque l'expérience s'intéressera au final au nombre de téléchargements des DVD virtuels : les visiteurs introduits par le réseau des membres de l'équipe n'ayant pas le profil des apprenants, ils ne les téléchargeront pas et n'introduiront pas de biais à ce niveau.

Intéressons-nous à présent à la dynamique de la fréquentation du site. L'évolution dans le temps des visites rapportée aux visionnages sur Youtube est présentée à la 5.4.8.

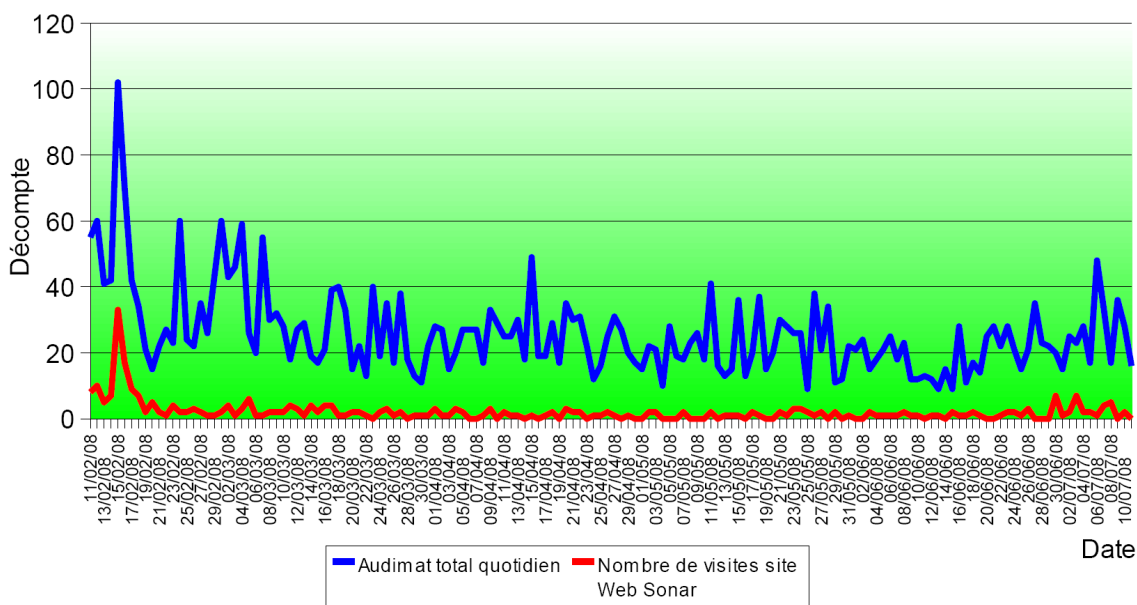


Figure 5.4.8 : audimat quotidien sur Youtube rapporté aux visites sur le site Sonar

Il y a une corrélation indubitable entre visionnages et visites sur le site : on a mesuré un pic au démarrage puis une décroissance pour atteindre les faibles valeurs du régime permanent, pour lesquelles on ne peut proposer une interprétation.

Ainsi, on peut dire que la mise en ligne d'un nouveau contenu est générateur d'activité. Celle-ci peut aussi bien venir des proches et des partenaires du projet (communication individuelle interne) que des autres internautes.

Il reste maintenant à présenter les résultats en terme de téléchargements du système Sonar.

### 5.4.5. Analyse des téléchargements

Comme on l'a dit précédemment, les chiffres présentés sont des valeurs maximales puisqu'il n'est pas possible de savoir si un téléchargement est arrivé à son terme ou pas. En revanche, c'est une des valeurs de l'expérience la moins sujette à des biais (visites internes/externes) puisqu'un visiteur qui télécharge est un testeur potentiel. La 5.4.9 présente les résultats obtenus par pièce.

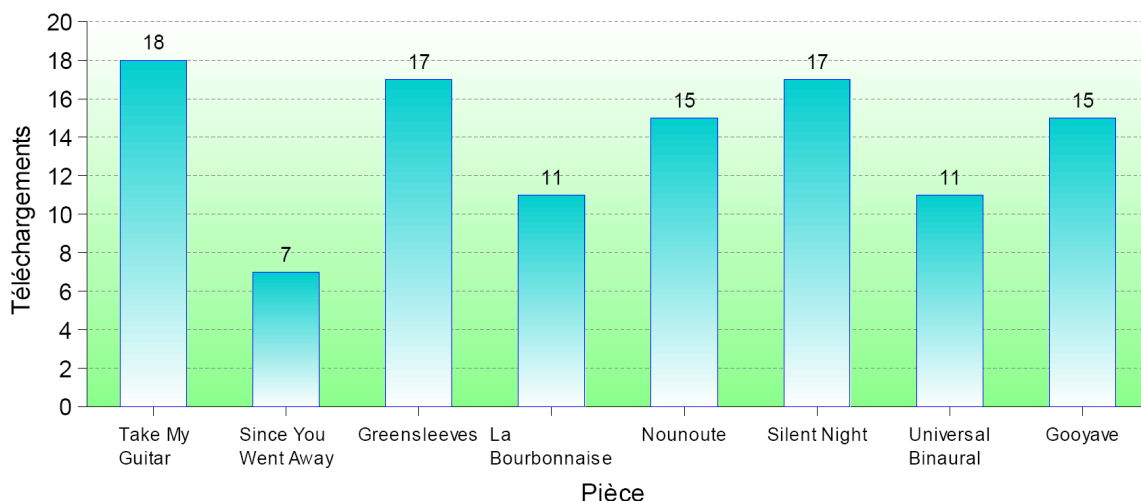


Figure 5.4.9 : nombre de téléchargements par pièce

L'ensemble de l'activité représente 111 accès au maximum, ce qui équivaut à un trafic réseau de 64 Go.

On constate que la pièce la plus téléchargée est la plus facile (accompagnement à deux accords et chant) suivie de près par deux chansons traditionnelles célèbres dans le monde entier. Finalement suivent la composition pour guitare électrique et l'adaptation d'un thème réunionnais. Les pièces les moins téléchargées sont les plus avancées d'un point de vue technique (picking et folk).

Il est intéressant de noter qu'il n'y a pas forcément de concordance entre audimat et niveau de téléchargement : les pièces les plus vues ne sont pas toujours les plus téléchargées par les usagers.

La 5.4.10 présente la distribution de cette activité dans le temps. Si dans le premier quart de la période étudiée on peut reconnaître une corrélation, on ne peut en dire autant au-delà car les valeurs restent très faibles. On peut néanmoins constater un glissement entre visite sur le site et téléchargement à cause des changements de dates par rapport aux fuseaux horaires : arrivée sur le site vers 23h40 heure Réunion mais téléchargement commencé après minuit et donc comptabilité à ce moment-là.

Le taux de transformation obtenu est de 23% : un peu moins d'une personne sur quatre qui arrive sur le site fera un téléchargement. Un visiteur moyen télécharge d'ailleurs 1,54 pièces.

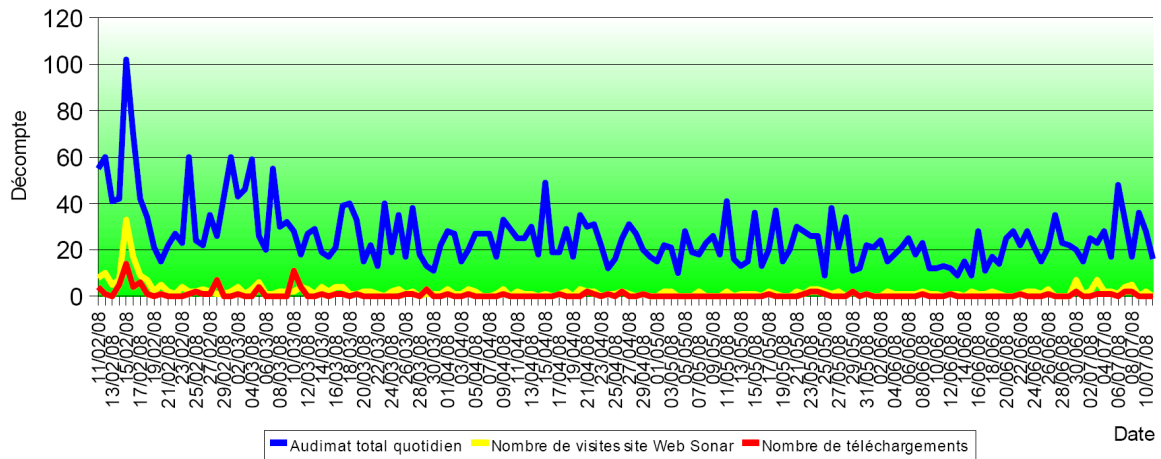


Figure 5.4.10 : évolution du nombre de téléchargements rapportée à l'audimat sur Youtube et aux visites sur le site de Sonar

Voici donc les résultats obtenus au point de vue quantitatif, intéressons nous à présent au qualitatif.

#### 5.4.6. Activité qualitative générée

A ce niveau, les résultats obtenus sont extrêmement décevants. Si l'on considère le scénario de progression présenté précédemment, nous avons eu :

- 4 commentaires peu constructifs (Youtube uniquement)
- 5 abonnements (*subscribers*) sur Youtube, 0 sur Dailymotion
- aucune réponse vidéo (Youtube/Dailymotion)
- aucun message sur ces mêmes sites de partage de vidéo
- 1 email de félicitation de la part d'un professeur de guitare Français
- aucun questionnaire rempli

Cette dimension de la méthodologie sur ce plateau de créativité virtuel est donc un échec qui reste à relativiser par rapport au fait qu'aucune incitation ou suivi particulier n'a été exercé pendant la durée de l'expérience.

Plusieurs hypothèses peuvent donc être avancées pour expliquer ce manque de retour :

- cas n°1 : le malentendu : les usagers n'ont pas compris qu'on les sollicitait, il s'agit d'une erreur de communication de notre part
- cas n°2 : la bonne conscience : les usagers n'ont pas eu assez de temps pour pratiquer et donc émettre des commentaires pertinents
- cas n°3 : outils non appropriés : les solutions de gestion des retours utilisateur que nous avons envisagées ne sont pas jugées satisfaisantes (accessibilité, ergonomie, respect de la vie privée, limitation technique, ...), les testeurs les ont donc boudées
- cas n°4 : les utilisateurs-consommateurs : les usagers n'ont que faire du rôle pro-actif qui leur est proposé, ils ne veulent pas s'investir, juste télécharger ce qu'on leur donne (« c'est gratuit, je le prends même si je ne vais pas l'utiliser ») sans implication particulière

A ce stade, nous n'avons aucun élément pour privilégier l'une ou l'autre des hypothèses (ou une combinaison), même si la plus simple, la quatrième, fait figure de favori.

En effet, nous avons eu l'occasion de participer à une discussion à ce sujet dans le cadre de la conférence Triple-I'08 car ce comportement a été rencontré sur d'autres projets : il faut le rapprocher du profil moyen des Internautes qui fréquentent les sites comme Youtube. Ce sont surtout des jeunes, plutôt aisés et rompus aux nouvelles technologies, intelligents mais soumis à tant de possibilités en terme de loisirs qu'ils préfèrent papillonner de l'un à l'autre plutôt que de se fixer.

## 5.5. Conclusion de l'expérience Sonar

Les résultats sont partagés : d'un côté nous avons effectivement eu une exposition, une visibilité et une activité très intéressantes en regard des moyens que cela a demandé pour mettre en place l'opération et surtout par rapport à l'équivalent avec un support physique : la dématérialisation du système e-guitare a été un succès. De l'autre côté, les utilisateurs n'ont pas joué le jeu puisqu'ils sont restés passifs, ce qui est incompatible avec la méthodologie du plateau de créativité, mais finalement proche de certains résultats obtenus auparavant.

Plusieurs pistes sont à envisager pour améliorer la situation, avec un niveau de ressources croissant :

- poster du contenu régulièrement : on l'a vu précédemment, le fait de ne pas rajouter du contenu semble provoquer une érosion de l'audience. Une solution est également de faire amorcer par l'équipe pédagogique elle-même un certain nombre de réponses vidéo afin de créer un précédent en terme de communication qualitative
- souscrire aux programmes de vidéos promotionnelles et AdSense de Google afin de voir nos vidéos mises en valeur par le système. L'idéal étant de figurer dans les vidéos de la page d'accueil du site : elles sont certaines de gagner une audience record en quelques heures. Pour cela, il faut que le contenu soit susceptible d'intéresser un large public
- proposer du contenu « célèbre » : nous avons travaillé avec des pièces soit originales, soit libres de droit, ce qui restreint assurément la motivation au clic. Adapter dans le système e-guitare des morceaux connus est un moyen techniquement facile mais exigeant en termes financiers pour attirer<sup>35</sup> plus de personnes. Autre paramètre complémentaire : la virtuosité. Une interprétation faisant preuve de prouesses sera certainement plus vue, mais l'on sort là d'un contexte de pédagogie accessible au plus grand nombre
- s'associer avec des artistes populaires jouant le rôle de « parrains ». C'est le principe du « *star system* », avec tout le marketing lié à l'image qui va avec

La question des outils d'interface entre utilisateurs distants et nous reste cruciale mais le problème ne peut se résumer à elle. En effet, nous avons utilisé des moyens très communs et auxquels les Internautes sont rompus. Un service plus innovant du type de l'outil 2 par exemple nécessite une phase d'appropriation, ce qui peut constituer un frein au moins aussi grand que le manque de motivation à utiliser des outils standards comme le mail ou les formulaires en ligne.

35 Il existe à ce sujet une exception de taille puisque la vidéo musicale la plus vue sur Youtube jusqu'à 2008 était une adaptation du Canon de Pachelbel (pièce libre de droits) interprété à la guitare électrique. Des dizaines d'utilisateurs ont répondu à cette vidéo pour proposer leur version. Trouver une pièce libre de droit dans les posts à succès promus par Youtube était obligatoire à ce moment-là pour des questions de droits d'auteurs. Depuis que des partenariats ont été signés avec les majors de l'industrie du disque, les vidéos musicales les plus vues sont des clips réalisés avec des moyens professionnels.

Néanmoins, les résultats que nous avons acquis dans le cadre de cette expérience sont indispensables car, et c'est là une de nos contributions, ils représentent les valeurs de référence : celles que l'on obtient en dehors de toute sollicitation particulière, avec peu de moyens engagés ponctuellement (à un moment donné et seulement là), en laissant toute latitude aux utilisateurs (sans contraintes et/ou opération d'encouragement).

Grâce à ces informations, il sera possible pour les prochaines expériences de mesurer quantitativement l'efficacité des dispositifs testés par rapport à celui-ci et notamment en terme de retour sur investissement puisqu'il est acquis maintenant que la mise de départ ne peut être inférieure à celle que nous avons utilisée.

## Conclusion

Au cours de cette étude, nous avons tenté d'apporter une nouvelle approche pour traiter la question de la transmission des savoir-faire. L'outil informatique est central car ce sont les possibilités d'interaction qu'il offre qui changent la donne. Le problème couramment rencontré est en effet la difficulté de décrire les savoir-faire et connaissances tacites sous forme écrite. La proposition que nous avons faite consiste à ne pas privilégier particulièrement cette forme d'explicitation et de se baser sur des supports utilisés dans le processus d'apprentissage traditionnel, le plus efficace existant, et dont le décodage de l'information contenu est intuitif, comme le visuel et l'auditif. Tout repose alors sur l'activité de l'élève, qui tente de reproduire un maître. La seule différence est la médiation de la machine, de la façon la plus transparente possible. En échange, elle apporte de multiples avantages :

- elle participe à la transmission des connaissances car les échanges sont enregistrés. Il sera donc toujours possible pour un néophyte de profiter de tout ce qui a été accumulé dans le système
- elle rend l'apprentissage flexible car asynchrone et adapté au rythme de chaque élève
- elle peut toucher un public plus large qui n'a pas la possibilité d'accéder à un cursus pour de multiples raisons (coût, éloignement, sélection)

Plus largement, elle constitue un système peu exigeant en matière de pré-requis pour la sauvegarde du patrimoine culturel. En effet, beaucoup de musiques traditionnelles ne s'écrivent pas. Aussi, quand un maître disparaît, toute son expertise est perdue avec lui si elle n'est pas transmise à des disciples.

Notre terrain d'expérimentation était la guitare, mais les rouages présentés peuvent être déclinés dans de multiples disciplines. Nous avons en particulier été sollicité pour des applications à d'autres instruments que la guitare, à la danse, le sport (ex : karaté, judo), la peinture et même les arts culinaires. Faute de temps, nous n'avons pu y donner suite. Chacune d'elle nécessite une adaptation de la méthode aux spécificités. Un test réalisé sur le piano nous a permis d'estimer la durée nécessaire pour cette tâche à un tiers du temps passé à créer un des deux outils.

Notre approche s'est fortement fondée sur l'utilisateur, l'apprenant. En effet, nous avons vu que pour s'attaquer à la transmission des savoir-faire, deux éléments devaient être traités : la représentation des éléments de connaissances du professeur dans un système d'information médiateur, puis l'appropriation par l'élève. Pour assurer l'adéquation de la solution proposée au besoin, nous avons alors mis en place une méthodologie de développement originale : le plateau de créativité. L'originalité de l'instanciation que nous avons faite repose sur sa taille. Le dispositif n'a plus à faire ses preuves pour la co-conception dans des grands organismes qui disposent de ressources importantes pour son fonctionnement. Nous avons souhaité étudier son fonctionnement quand il est appliqué avec des moyens plus restreints et dans le cadre d'un laboratoire. Les étapes du processus restent les mêmes, l'adaptation à une échelle plus petite se fait bien. La plus grande différence que nous avons mise en évidence est la difficulté à s'assurer que les utilisateurs coopèrent au niveau attendu. Le problème est d'autant plus aigu que la proximité (en terme relationnel, pas forcément en terme de distance) entre concepteurs et utilisateurs est faible. Il y a un décalage entre le discours des gens et leur comportement, la plupart du temps, ils restent passifs, tout l'inverse de ce qui est attendu sur le plateau de créativité. Ce phénomène doit être analysé.

Il se trouve qu'il s'explique très bien en économie et en sociologie par la théorie du passager clandestin (Olson, 1987). Dans un train, par exemple, c'est celui qui bénéficiera du service, la prestation de transport, sans en payer le coût, qui aura été financé par les autres passagers. Le cas se généralise aux groupes pour la construction d'actions collectives dans lesquelles chacun doit participer. Chaque individu va essayer de minimiser son investissement (en travail, en temps, en effort ou en argent) tout en essayant de profiter de ce qui va en résulter. Le problème est que si chacun procède de cette façon, la réalisation commune ne peut exister, par manque de ressources. Prenons un exemple concret : la grève. Les grévistes paient un coût, sous la forme d'une perte de salaire ou de sanctions diverses, mais espèrent en retour une réponse favorable à leurs revendications. Cette réponse bénéficiera toutefois aussi à ceux qui n'auront pas participé au mouvement. Ce sont donc des passagers clandestins, car ils jouiront des bienfaits éventuels sans en avoir supporté le prix.

La transposition de cette théorie dans notre contexte est très simple. Un utilisateur moyen va chercher à utiliser les outils du moment que l'investissement nécessaire pour les maîtriser et les améliorer reste faible. Nous avons, par conception, diminué au maximum la première charge, reste la seconde. Si une fonctionnalité ou plus généralement une information manque il va laisser quelqu'un d'autre payer le coût, en temps, en efforts voire en prise de risque pour se mettre en relation avec les concepteurs et résoudre la situation. Et cela se retrouve à tous les niveaux des expériences que nous avons menées : correction de bugs, mise en ligne de gloses, remplissage de questionnaires... Beaucoup d'utilisateurs ne veulent pas payer le coût. Le fait de les impliquer dans le processus de co-conception n'est pas suffisamment attrayant pour les motiver.

A cela, Olson propose deux solutions pour sortir de l'engrenage :

- la première est finalement déjà partiellement utilisée car il s'agit de compter sur des mécènes, c'est-à-dire des individus qui sont prêts à payer seuls le coût pour bénéficier de l'amélioration. Dans notre cas, il s'agit des utilisateurs proches de l'équipe de conception (agissant par affinité) ou de rares personnes réellement altruistes (qui privilégient l'activité d'apprentissage devant l'effort demandé)
- la seconde fait appel à une structuration qui force les personnes à ne pas agir en passager clandestin et nécessite donc des ressources particulières. Deux approches sont possibles :
  - la contrainte : c'est ainsi que fonctionne le développement et l'entretien des biens publics: les impôts sont un financement obligatoire et permettent en contrepartie, par exemple, de payer l'éclairage public (rues)
  - l'incitation : il s'agit de récompenser l'action collective au niveau de l'individu. C'est la technique qui est utilisée par les grosses compagnies qui développent des projets centrés sur l'utilisateur (France Télécom, Renault, ...). Ces compagnies sont très célèbres et peuvent jouer sur l'exclusivité pour attirer des testeurs. En complément, il est possible de leur faire remplir un contrat plus contraignant pour les inciter à aller jusqu'au bout du test. C'est également ce moyen qui est utilisé par les instituts de sondage, notamment en ligne : remplir un questionnaire permet de participer à une tombola pour gagner un certain nombre de lots. Enfin, pour les éditeurs de logiciels, il y a la possibilité d'offrir des versions finales du produit lorsqu'il sera terminé, mais cela ne marche qu'avec la notoriété, pas lorsque le programme est inconnu et encore moins quand il s'agit d'une petite société qui en est à l'origine

L'usage de la contrainte n'est pas concevable dans notre environnement, il reste donc l'incitation. Nous y avons eu recours puisque le DVD de l'outil 1 était offert en contrepartie des retours de la part des testeurs. Manifestement, ce n'était pas assez. Il faut prévoir plus

et anticiper dans l'organisation. Pour avoir recours à l'incitation dans un projet centré sur l'utilisateur à une échelle modeste comme le nôtre, il faut la préparer, la budgétiser et largement communiquer dessus. Comme évoqué précédemment, ce n'est pas notre rôle en tant qu'informaticien, et cela renforce la nécessité de travailler de façon transversale pour mener de telles actions.

Il n'en reste pas moins que l'approche proposée au travers des outils développés semble avoir atteint son but. Notre système a d'ailleurs été présenté au concours Medea Awards 2008, organisé par plusieurs universités et centres de recherche européens et ayant pour objectif d'encourager l'utilisation du multimédia pour l'éducation. Bien que ne faisant pas partie des 6 finalistes (sur une centaine de projets déposés), il a reçu un retour du jury très positif :

*“The entire production seems to have been professionally planned and designed and the approach is very impressive, with good use of sound, text, graphics and multiple videos at the same time, but aesthetically, the headlines are difficult to read and the country layout is different from the type of music the tutors are playing. One judge couldn't find information on the web site regarding how to read the scores or where to begin. The figs platform is a great development (also for real user interaction), but it is limited by bandwidth and the judges were hoping to find even more interaction with regard to the videos. Usability speaking, the process of downloading and burning the DVD was considered debatable by most judges. You could make most features accessible online, while the DVD makes the beginning rather technical and difficult to an untrained computer user and it's about 1 GB. The judges thought the idea is very good and with improvements on navigation, communication and general usability there is a great potential. Overall, they agreed that the videos are exemplary; they are produced to a professional level both in terms of sound quality (essential) but also in terms of the visuals, with professional lighting and shot variety much in evidence.”*

Ces outils peuvent certainement être améliorés, notamment grâce aux évolutions technologiques constantes. Ainsi, la haute-définition est certainement un passage obligé. En plus de la qualité d'image supérieure, elle permet de gérer de façon matérielle (et donc normalisée) beaucoup plus d'interactivité. Il est possible de connecter directement un lecteur Blu-ray sur Internet, gommant définitivement la frontière entre outils offline et online. Selon nous, l'interactivité est le guide de l'évolution, toujours dans le sens de l'amélioration de la restitution des canaux sensoriels perçus lors du cours traditionnel en présentiel.

A ce titre, une autre piste susceptible d'apporter beaucoup à la cause est l'immersion par les mondes virtuels (Sébastien *et al*, 2008). Elle recrée en 3D temps réel la scène du cours avec le professeur devant l'élève. Cette technique permet de passer des 5 à 7 angles de caméras que nous utilisons à une infinité : l'utilisateur choisit lui-même ce qu'il veut voir en détail. Cela va même plus loin puisqu'il est possible d'obtenir des points de vue impossibles à avoir dans la réalité. On pense en particulier à la vision à travers les yeux du professeur, que nous avons essayé d'approcher avec une caméra fixée au-dessus de lui. C'est un angle très utile car totalement calqué sur ce que voit l'élève lorsqu'il tient l'instrument. Il n'a donc pas à faire de symétrie pour reproduire les mouvements.

Avec l'aide d'un spécialiste en infographie 3D, Cédric Bazillou, nous avons tenté de créer une maquette<sup>36</sup> allant dans ce sens pour évaluer les problèmes à résoudre. L'idée est d'utiliser le modèle de la pièce décrit dans nos travaux pour animer un avatar soit automatiquement (approche analytique) soit par capture de mouvements (approche mimétique). Dans le premier cas, la difficulté principale est la précision de la description (quelle est l'information utile) alors que dans le second, c'est l'inverse, le bruit est très élevé et il faut un filtrage massif pour garder uniquement les événements pertinents. Que l'on

36 Un compte-rendu vidéo est disponible à cette adresse : <http://bluebird.univ-reunion.fr/olivier/3D/>



privilégie l'une ou l'autre approche, de la recherche doit être faite pour atteindre l'objectif pédagogique. De ce que nous avons vu pour le moment, la précision de la saisie des mouvements est trop aléatoire, notamment au niveau des doigts, pour les phalanges. De même, il y a un problème de restitution des forces de pression sur les modèles 3D : quand un doigt appuie une corde, il se déforme sur sa base. Il faut aussi visualiser les oscillations des cordes et leur interaction avec un doigt (la corde arrête de vibrer). Toute la dynamique réelle doit être reproduite dans l'environnement, ce qui demande une puissance de calcul qui n'était clairement pas disponible chez les utilisateurs quand nous avons commencé nos travaux. La progression des performances des cartes graphiques participe à l'amélioration du réalisme. Les derniers modèles commencent d'ailleurs à gérer la physique au niveau du matériel, par exemple avec l'inclusion de la bibliothèque PhysX sur les GPU du constructeur nVidia.

Nous sommes persuadé qu'il s'agit d'une thématique qui va connaître un développement important dans les années à venir car elle est poussée par des industries très puissantes comme les jeux vidéo et le cinéma. On se prend d'ailleurs à imaginer la suite des jeux à succès Guitar Hero et Rock Band avec des instruments réels et non plus des répliques simplifiées en plastique. C'est une tendance<sup>37</sup> qui émerge car ces jeux poussent les jeunes à s'intéresser à l'apprentissage musical.

Bien entendu, il n'y a pas d'exclusivité, c'est-à-dire qu'image virtuelle et image réelle doivent cohabiter. Certaines personnes seront d'ailleurs plus à l'aise avec la vidéo alors que d'autres, probablement les plus jeunes qui y sont habitués, s'approprient plus facilement la représentation tridimensionnelle.

37 <http://www.numerama.com/magazine/11492-Guitar-Hero-booste-l-apprentissage-des-vrais-instruments-de-musique.html>

## Liste des Annexes

Les documents suivants sont fournis en complément du présent mémoire :

- Annexe 1 : Bilan technique du projet e-guitare
- Annexe 2 : professeurs de guitare associés au projet
- Annexe 3 : étude d'un produit concurrent n°1
- Annexe 4 : étude d'un produit concurrent n°2
- Annexe 5 : étude d'un produit concurrent n°3
- Annexe 6 : Questionnaire d'évaluation de la première itération de l'outil 1
- Annexe 7 : Questionnaire utilisateur de l'expérience Sonar
- Annexe 8 : cahier des charges de l'outil 2

## Bibliographie

- (Académie de Reims) Analyse Fugue Bach : [http://www.ac-reims.fr/datice/musique/ftp/bach\\_fugue1/pages/page0.htm](http://www.ac-reims.fr/datice/musique/ftp/bach_fugue1/pages/page0.htm)
- (Adobe, 2007) Collectif d'auteurs, "Adobe Flash CS3 Profesional, guide de l'utilisateur", Adobe Systems Incorporated, 2007
- (Adobe, 2008) Adobe Systems Incorporated, "Timelines and Animation" in Using Flash CS4 Professional, [http://help.adobe.com/en\\_US/Flash/10.0\\_UsingFlash/WSd60f23110762d6b883b18f10cb1fe1af6-7dada.html](http://help.adobe.com/en_US/Flash/10.0_UsingFlash/WSd60f23110762d6b883b18f10cb1fe1af6-7dada.html)
- (Andia, 1995) Raphaël Andia, Catherine Fayence, "Panorama de la Guitare", Volume 1, Editions Musicales Transatlantiques, 1995
- (Audacity, 2008) Logiciel Audacity : <http://audacity.sourceforge.net/>
- (Beatty-Guenter, 2001) Patty Beatty-Guenter, "Distance Education: Does Access Override Success?", Canadian Institutional Research and Planning Association Pacific Northwest Association for Institutional Research and Planning, 2001
- (Bellini, 2001) Pierfrancesco Bellini, Paolo Nesi, "WEDELMUSIC Format: An XML Music Notation Format for Emerging Applications" WEDELMUSIC2001, IEEE Computer Society, 2001
- (Bellini, 2005) Pierfrancesco Bellini, Paolo Nesi, Giorgio Zoia, "Symbolic music representation in MPEG", Multimedia IEEE Vol.12, no.4, 2005
- (Bellini, 2006) Pierfrancesco Bellini, Paolo Nesi, Maurizio Campanai, Giorgio Zoia, "ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 Coding Of Moving Pictures and Audio", International Organization for Standardization - Audio Subgroup, 2006
- (Bonnec, 2008) Yann Bonnac, Histoire de l'écriture musicale : <http://pagesperso-orange.fr/musicienintervenant/Templates/notationmusicale.htm>
- (Bosseur, 2005) Jean-Yves Bosseur, "Du Signe au Son", Alternatives, 2005
- (Boulanger, 2000) Richard Boulanger, "The CSound Book", MIT Press, 2000
- (Boulez, 1954/1957) Pierre Boulez, "Le Marteau sans Maître", Philharmonia, 1954/1957
- (Brien et al, 1999) Robert Brien, Jacqueline Bourdeau, Johanne Rocheleau, "L'interactivité dans l'apprentissage : la perspective des sciences cognitives", Revue des sciences de l'éducation, vol. 25, n° 1, 1999
- (Buzan et al, 2006) Tony Buzan, Barry Buzan, "The Mind Map Book: How to Use Radiant Thinking to Maximize Your Brain's Untapped Potential", Plume, 2006
- (Cahill, 1998) Margaret Cahill, "The Translation of Finale's Enigma File Format

- for CPNView", M.Sc. dissertation, University of Limerick, 1998
- (Celemony, 2007) Collectif d'auteurs, "Melodyne Studio/Cre8, Manuel d'utilisation", Celemony Software GmbH, 2007
- (Coda, 1999) Collectif d'auteurs, "Enigma Transportable File Specification", Coda MakeMusic, 1999
- (Cronje, 2006) Johannes C. Cronje, "Who killed e-learning?", Ninth Annual Symposium, University of Stellenbosch Library Service, 2006
- (Conklin, 1996) Jeff Conklin, "Designing Organizational Memory: Preserving Intellectual Assets in a Knowledge Economy", CogNexus Institute, 1996
- (Conruyt et al, 2003) Noël Conruyt, David Grosser, "Knowledge engineering in environmental sciences with IKBS", AI Communications, The European Journal on Artificial Intelligence, 16(3), 2003
- (Conruyt et al, 2005) Noël Conruyt, Olivier Sébastien, Pierre Conruyt, "Une approche pour la définition de e-services à partir d'un plateau de créativité. Application à la valorisation de la recherche et à la e-formation", Innovative Learning and Knowledge Communities, Les communautés virtuelles : apprendre, innover et travailler ensemble, Ed by : A. Senteni et A. Taurisson, 2005
- (Desautels, 1999) Julie Desautels, "Standard Music Description Language : une norme en devenir", Cursus, Vol. 5, no.1, Université de Montreal, 1999
- (Doctorow, 2001) Cory Doctorow, "Putting the torch to seven straw-men of the meta-utopia", web article  
<http://www.well.com/~doctorow/metacrap.htm>, 2001
- (Doenges, 1997) Peter Doenges, Tolga Kapin, Fabio Lavagetto, Joern Ostermann, Igor Pandzic, Eric Petajan, "MPEG-4: Audio/Video & Synthetic Graphics/Audio for Mixed Media", Image Communication Journal, hors série sur MPEG4, Vol.9, No. 4, 1997
- (Dyens, 2001) Roland Dyens, "20 lettres pour guitare solo", Editions Henri Lemoine, 2001
- (Fenouillet et al, 2006) Fabien Fenouillet, Moïse Déro, "Le "e-learning" est-il efficace? Une analyse de la littérature anglo-saxonne", in Savoirs n°12, Université Paris X, 2006
- (Frochot, 2003) Didier Frochot, "Document, donnée, information, connaissance, savoir", contribution au site web Les Infostratégies, 2003
- (de Geytere, 1995) Tom de Geytere, "A unified model of dynamic organizational knowledge creation. Explanation of SECI model of Nonaka and Takeuchi", 12manage B.V., 1995
- (Goultier, 2001) Philippe Goultier, "WaveLab Lite 2.01", Steinberg GmbH, 2001

- (Haus et al, 2002) Goffredo Haus, Maurizio Longari, "Towards a Symbolic/Time-Based Music language based on XML", International Conference Musical Application using XML MAX2002, 2002
- (Hildreth et al, 1998) Paul Hildreth, Chris Kimble, "The duality of knowledge", Information Research, Vol. 8 No. 1, 2002
- (ISO, 2004) ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N6689, "Coding of Moving Picture and Audio", International Organization for Standardization, 2004
- (ISO, 2008) Collectif d'auteurs, "Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 23: Symbolic Music Representation", ISO/IEC 14496-23 :2008, International Organization for Standardization, 2008
- (Ivergard et al, 2004) Toni Ivergard, Brian Hunt, "Processes of Learning and eLearning", International Journal of The Computer, the Internet and Management Vol. 12 No.2, 2004
- (Koromyslov et al, 2004) Maxime Koromyslov, Delphine Wannemacher, "La transmission des savoir-faire : enjeux et limites en termes de création", actes du 4ème colloque sur La Métamorphose des Organisations, Université de Nancy, 2004
- (Kotelnikov, 1933) Vladimir Kotelnikov, "On the carrying capacity of the ether and wire in telecommunications", Material for the First All-Union Conference on Questions of Communication, 1933
- (Leonard-Barton et al, 1998) Dorothy Leonard-Barton, Sylvia Sensiper, "The role of tacit knowledge in group innovation", California Management Review, 40(3), Berkeley, 1998
- (Mangeot, 1935-2003) Anne-Marie Mangeot, "Manuel pratique de lecture horizontale et verticale", Max Eschig, 1935 (nouvelle édition, 2003)
- (Music DSP, 2005) Music DSP Forum, <http://music.columbia.edu/pipermail/music-dsp/2005-January/062581.html>, University of Columbia, 2005
- (Nonaka et al, 1991) Ikujiro Nonaka, Hirotaka Takeuchi, "The knowledge creating company", Harvard Business Review, No. 69, 1991
- (Nyquist, 1928) Harry Nyquist, "Certain topics in telegraph transmission theory", AIEE, vol. 47, 1928
- (Ohana, 1957) Maurice Ohana, "Tiento", Billaudot, 1957
- (Olson, 1987) Mancur Olson, "Logique de l'action collective : deuxième édition", PUF, 1987
- (Pujol, 1934 - 1971) Emilio Pujol, "Escuela Razonada de la Guitarra" ([FR]"Ecole Raisonnée de la Guitare"), Ricordi Americana, 1934 - 1971
- (Polcher, 1999) Daniela Polcher, "La méthode de guitare d'Emilio Pujol", Memoire de fin d'étude de l'Institut de Formation des Enseignants de la Musique, 1999
- (Phillips, 2008) Dave Phillips, "An Introduction to OSC", Linux Journal (online :

- <http://www.linuxjournal.com/content/introduction-osc>), 2008
- (Pachet, 2004) François Pachet, "Enhancing Individual Creativity with Interactive Musical Reflective Systems", Psychology Press, 2004
- (Pachet, 2005) François Pachet, "Knowledge Management and Musical Metadata" in Encyclopedia of Knowledge Management, Schwartz, D. Ed. Idea Group, 2005
- (Polanyi, 1967) Michael Polanyi, "The tacit dimension", Routledge and Kegan Paul, 1967
- (Prax, 2007) Jean-Yves Prax, "Le manuel du knowledge management, 2e édition, Mettre en réseau les hommes et les savoirs pour créer de la valeur", Dunod, 2007
- (Rabardel, 1995) Pierre Rabardel, "Les Hommes et les Technologies, approche cognitive des instruments contemporains", Ed. Armand Colin, 1995
- (Raelin, 1997) Joseph Raelin, "A Model of Work-Based Learning", Organizational Science, 8(6), 1997
- (Recordare, 2004-2008) Collectif d'auteurs "Music XML", ressources en ligne : <http://www.recordare.com/xml.html>, Recordare LLC, 2004-2008
- (Refsnes, 1999-2008) Refsnes Data, "Smil Timing", [http://www.w3schools.com/smil/smil\\_timing.asp](http://www.w3schools.com/smil/smil_timing.asp)
- (Romiszowski, 2003) Alexander Romiszowski, "The future of E-learning as an educational innovation Factors influencing project success and failure", in Brazilian Review of Open and Distance Education - Teorias Aspectos Teóricos e Filosóficos, ABED, 2003
- (Sébastien, 2008) Didier Sebastien, Olivier Sebastien, Noël Conruyt, "e-Campus: a MMORPG providing e-Services to campus users", International Journal of Intelligent Games & Simulation, IJIGS 2008, Ed. by: Q. H. Mehdi, Stephane Natkin and Ian Marshall, pp 16-21, ISSN 1477-2043, 2008
- (Shannon, 1949) Claude Shannon, "Communication in the presence of noise", Proc. Institute of Radio Engineers, vol. 37, no.1, 1949
- (Seely Brown et al, 1998) John Seely Brown, Paul Duguid, "Organizing knowledge", California Management Review, 40(3), Berkeley, 1998
- (Shirky, 2005) Clay Shirky, "Ontology is Overrated: Categories, Links, and Tags", web article [http://shirky.com/writings/ontology\\_overrated.html](http://shirky.com/writings/ontology_overrated.html), 2005
- (Sidambarompoullé, 2007) Dolize Sidambarompoullé, Isabelle Savard, Alain Senteni, "Instruments de l'alternance et pratiques réflexives", Congrès de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire

- (AIPU), Université de Montréal (Qc.), 2007
- (Smith, 2003) Mark Smith, "Michael Polanyi and tacit knowledge", the encyclopedia of informal education, [www.infed.org/thinkers/polanyi.htm](http://www.infed.org/thinkers/polanyi.htm), 2003
- (Spolsky, 2002) Joel Spolsky, "The Iceberg Secret, Revealed", Joel on Software (<http://www.jelonsoftware.com/articles/fog0000000356.html>), 2002
- (Teece, 1998) David Teece, "Research directions for knowledge management", California Management Review, 40(3), Berkeley, 1998
- (Tsae Huang, 1997) Kuan Tsae Huang, "Capitalizing collective knowledge for winning execution and teamwork", Journal of Knowledge Management, 1(2), 1997
- (Vergidis et al, 2002) Vergidis, D., Panagiotakopoulos, C., "Student Dropout at the Hellenic Open University: Evaluation of the Graduate Program", Studies in Education, International Review of Research in Open and Distance Learning, 3, 2002
- (Vinet et al, 2005) Hugues Vinet et al, "Semantic HIFI - Final Report", IST-507913, European Information Society Technology, 2005
- (Vinet et al, 2006) Hugues Vinet et al, "Semantic HIFI - Annexe 1", IST-507913, European Information Society Technology, 2006
- (W3C, 1997-2008) W3C, Smil, page officielle, <http://www.w3.org/AudioVideo/>
- (Walmsley, 1999) Paul J. Walmsley, Simon J. Godsill, Peter J. W. Rayner, "Polyphonic pitch tracking using joint Bayesian estimation of multiple frame parameters", in Proc. IEEE Workshop on Audio and Acoustics, Mohonk, 1999
- (Wenger, 1998) Etienne Wenger, "Communities of Practice: Learning as a Social System", Systems Thinker, Vol. 9 No. 5, 1998
- (Weyde, 2004) Tillman Weyde, "Symbolic Music Representation in the MUSITECH Project", Fourth Open Workshop 2004, MusicNetwork, 2004
- (Xenakis, 1955) Iannis Xenakis, "Metastasis", 1955