CHAPITRE 1

Introduction

L'émergence du multimédia est liée au succès de deux produits culturels, le livre électronique et le jeu vidéo qui font de l'interaction un mode de communication à part entière aux côtés du son et de l'image. Aussi, le multimédia est-il devenu un domaine et un moteur d'applications nouvelles pour l'informatique graphique et musicale. Cependant, si les technologies numériques de production du son et de l'image sont en grande partie maîtrisées, la production d'interactions complexes relève encore de l'artisanat ou du secret industriel [Snid94]. C'est pourquoi le développement d'outils d'aide à l'écriture multimédia passe par une étude de l'interaction.

Rigidité des outils

Il existe aujourd'hui des outils relativement performants à la portée des artistes et des producteurs de multimédia : citons par exemple Adobe Photoshop [Adob95] pour le traitement d'images photographiques, Fractal Studio [Frac95] pour l'animation 3D, Emagic Logic Audio [Emag93] pour la production sonore numérique et Apple Media Tool [AmarBureSoqu93] dans le domaine de l'intégration structurée de documents hypermédia. Tous ces outils logiciels sont écrits au moyen de langages à objets, réputés pour leur modularité et peuvent être enrichis successivement par ajout de modules (*plug-in*

en anglais) couvrant la majeure partie des besoins exprimés par les utilisateurs.

Pourtant, il est facile de décrire une limitation majeure de ces systèmes : alors que le multimédia laisse envisager une interaction intime entre médias, un utilisateur final ne peut aujourd'hui faire interagir des composants définis dans deux systèmes distincts. Ainsi, il n'est pas à la portée d'un utilisateur averti de Photoshop de piloter les paramètres d'un filtre visuel, appliqué à l'image, par le rythme d'une séquence provenant du séquenceur Logic Audio. Cette opération se révèle pourtant être une fonction de base réclamée par un réalisateur de clip vidéo. La seule façon de réaliser un tel effet est donc, soit de le simuler fastidieusement à la main, soit d'écrire un système d'interface entre les deux logiciels, ce qui nécessite les compétences techniques d'un informaticien confirmé lorsque les éditeurs de logiciels acceptent de coopérer, ou relève de l'impossible dans le cas contraire.

Autrement dit, les outils multimédia actuels souffrent de structures d'interaction fermées et figées.

Diversité des structures d'interaction

Par ailleurs, les formes d'interaction que l'on découvre dans l'ouvrage d'art Le Louvre [Louvre93], dans le «psycho-synthétiseur» Xaxa Machine [InouShioNize94], dans le jeu d'aventure Gadget [Shon94] ou dans la simulation de course automobile Ridge Racer [Namc94] relèvent d'une multiplicité de structures interactives, comparable à la variété des structures narratives décrites en littérature [Smet93b]. Or, si l'on omet certains environnements de programmation comme ScriptX/Biscotti [Appl94, Said96], les outils spécialisés de production multimédia du type Apple Media Tool [AmarBureSoqu93] ou Director [Macr90] sont toujours liés à une structure interactive unique. C'est un peu comme si, en l'absence de feuilles de style ou de documents modèles, les logiciels de traitement de texte et de mise en page étaient

réduits exclusivement à l'écriture de romans épiques, de rapports administratifs, de poèmes ou de comédies.

Aussi, formaliser l'interaction, c'est-à dire présenter un modèle permettant de définir et de mettre en oeuvre n'importe quelle structure interactive, constitue un objectif ambitieux susceptible d'engendrer de nouvelles applications multimédia et de faire bénéficier l'informatique graphique et musicale de retombées prometteuses. **C'est l'un des objectifs de cette thèse**.

Qu'est-ce que l'interaction?

L'interaction, c'est la mise en relation au sein d'un même système d'éléments actifs indépendants. Cette définition recoupe les significations les plus communément admises de l'interaction :

- **L'interaction avec l'utilisateur**. Si l'on suppose que l'utilisateur d'un système est représenté au sein du système comme l'un de ses éléments, l'interaction de l'utilisateur avec les éléments du système (mots, images, sons…) est un cas particulier de mise en relation d'éléments du système.
- **L'interaction entre médias**. L'interaction entre le son et l'image pour la production d'effets multimodaux est aussi un cas particulier de mise en relation d'éléments de représentation sensorielle au sein d'un système.
- **L'interaction entre processus**. Dans un système, tel qu'un jeu vidéo, où opèrent en parallèle de nombreux processus, on parle d'interaction pour décrire la mise en relation des processus au sein d'un environnement en perpétuelle évolution.

Les chercheurs précurseurs de l'ACROE [LuciCado80] ont identifié et unifié les trois aspects de l'interaction dans un environnement multimédia qui se fonde sur la métaphore du système physique masse-ressort pour engendrer une grande variété de structures interactives. Cependant, l'homogénéité de ce modèle, qui est l'une de ses qualités majeures, consti-

tue aussi son principal défaut dans le contexte technologique actuel caractérisé par l'hétérogénéité des modèles de représentation.

En effet, des recherches menées en interface utilisateur [Beau92, TakeNaga93], en informatique graphique [TakaHahn92, Smet93a, Reyn87], en informatique musicale [Cohe93, CaroOrla91] ou en langages de programmation [CoinRode84, Brio89] ont aussi étudié partiellement ou séparément des aspects de l'interaction dans le multimédia. Ces recherches ont conduit à l'élaboration de modèles qui forment aujourd'hui les bases de l'écriture et de la production multimédia moderne. C'est pourquoi, la formalisation de l'interaction dans le multimédia consiste avant tout à proposer un schéma d'intégration des modèles existants.

Intégrer les modèles existants

A court terme, les architectures de scripts et composants apportent un élément pratique de réponse qui compense le manque de modularité des modèles à objets. C'est pourquoi, c'est l'approche privilégiée dans l'industrie pour la production multimédia et l'informatique de gestion [Udel94]. Cependant, les approches de scripts et composants nécessitent, de la part de l'utilisateur, un recours à la programmation structurée pour mettre en relation des modèles hétérogènes. Elles sont d'un accès difficile au non-programmeur, n'offrent qu'une médiocre réutilisabilité du code écrit et ne prévoient pas la mise en relation des structures interactives ainsi définies. **Ce sont ces limitations qu'entend résoudre le modèle acteur-observateur proposé dans cette thèse**.

1.1 Acteur-observateur

Le modèle acteur-observateur et son application à la synthèse multimédia constituent les principaux points originaux de notre travail. Le modèle acteur-observateur propose une méthode d'analyse et d'implantation des systèmes complexes, indépendante *a priori* de tout langage de programmation.

Prendre en compte la réalité industrielle

Néanmoins, afin d'assurer son applicabilité à moyen terme, le modèle acteur-observateur prend en compte quatre notions informatiques liées à l'émergence du multimédia au Japon [TestSmet93] :

- **Les langages à objets**. Ils constituent un cadre naturel de classification des connaissances élémentaires.
- **Les systèmes d'exploitation multitâche communicants**. Ils doivent être dotés de caractéristiques permettant de prendre en compte les systèmes multiprocesseurs, les réseaux internationaux et les contraintes de temps.
- **Les environnements réflexifs**. L'adaptabilité d'une application à son environnement d'exécution, nécessaire dans le cas d'échanges de données actives sur un réseau, peut être formalisée simplement par réflexion, c'est-à-dire en permettant à un système informatique de s'autoreprésenter [YokoTeraToko93].
- **Les interfaces graphiques**. Les nouvelles interfaces multimodales fondées sur la simulation ont pour objectif annoncé de rendre évident l'usage d'un multimédia qui se veut bien plus universel que la bureautique dont les interfaces à base de fenêtre et de souris ont atteint leur limite.

Plus précisément, le modèle acteur-observateur est une généralisation dans un cadre réflexif, concurrent et distribué des notions de base de la programmation à objets. Il suppose l'existence d'un modèle formel commun à l'ensemble des systèmes multimédia : le composant. En définissant les interac-

tions d'un système en termes de **composants d'interaction**, le modèle acteur-observateur propose d'aborder l'interaction au moyen d'un cadre de travail de haut niveau, graphique, générique, extensible et adaptable à de nouvelles formes d'interaction.

Théorie, implantation et application

Notre travail est divisé en trois grandes parties traitant respectivement du modèle acteur-observateur d'un point de vue théorique, de son implantation au moyen d'outils existants et d'applications concrètes à la synthèse multimédia.

La présentation théorique du modèle acteur-observateur fait l'objet de deux chapitres.

- Le chapitre 2 définit la notion de composant puis propose une sémantique opérationnelle originale de la programmation par composants. La notion de composant permet d'aborder de façon abstraite et unifiée les notions « orientées objets » propres à tous les systèmes multimédias, en évitant de prendre en compte une structuration des systèmes se fondant sur l'héritage, la classification, ou la délégation. La sémantique développée est réflexive et permet d'implanter un système concurrent ou distribué.
- Le chapitre 3 propose d'abord d'étendre cette sémantique aux structures d'interactions couramment employées dans les systèmes multimédias. On montre ensuite comment utiliser la réflexivité pour implanter et mélanger des structures d'interaction en nombre et de type quelconque au sein d'un même système de composants. La notion d'observateur est enfin définie comme un composant particulier capable de décrire et de manipuler une structure d'interaction dans un système complexe. Les observateurs sont construits par réification, c'est-à-dire transcription sous forme de composants, du modèle de communication d'un système de composants. **Dans la mesure où les observateurs**

sont eux-mêmes des composants du système et peuvent donc interagir, on parle de formalisation réflexive de l'interaction.

L'implantation du modèle acteur-observateur fait l'objet de deux chapitres.

- Le chapitre 4 justifie puis présente en détail le choix des outils utilisés pour implanter le modèle acteur-observateur en fonction de contraintes de temps, de conformité aux habitudes et de prix.
- Le chapitre 5 présente les étapes aboutissant à l'implantation du modèle acteur-observateur au sein d'un environnement multimédia sophistiqué. Nous avons interfacé une bibliothèque de classes graphiques 3D, adapté un langage de programmation à objets concurrents, implanté le modèle acteur-observateur dans ce langage et développé un prototype d'interface utilisateur permettant la manipulation graphique et générique d'interactions

Les applications du modèle acteur-observateur à la synthèse multimédia font l'objet de trois chapitres.

- Le chapitre 6 analyse en fonction du modèle acteur-observateur de nombreux modèles d'animation utilisés en image de synthèse. On montre qu'une implantation de ces modèles sous forme d'acteurs et d'observateurs permet sans difficulté de combiner plusieurs approches de l'animation au sein d'un même système. On montre aussi comment produire une bande son à partir d'une animation ou comment produire une animation à partir de musique.
- Le chapitre 7 montre comment mêler intimement musique et animation au sein d'un système sophistiqué de contrôle de la synthèse sonore fondé sur le modèle acteur-observateur.
- Le chapitre 8 montre que l'analyse en fonction du modèle acteur-observateur pourrait s'appliquer à d'autre domaines de la synthèse multimédia tels que la programmation d'interfaces utilisateur et le génie logiciel des jeux vidéo.

Le modèle acteur-observateur est confronté, dans le chapitre de conclusion, aux systèmes de composants émergeant dans l'industrie (Java, SOM, OpenDoc, COM, OLE etc.). La figure 1 présente de façon schématique l'organisation du manuscrit.

Note au lecteur

Le développement de la théorie acteur-observateur dans les chapitres 3 et 4 pourrait paraître rebutant lors d'une première lecture. C'est pourquoi, nous conseillons au lecteur de commencer par lire la conclusion puis les chapitres 4 à 8 avant de reprendre la lecture de la thèse du chapitre 2 jusqu'à la fin.
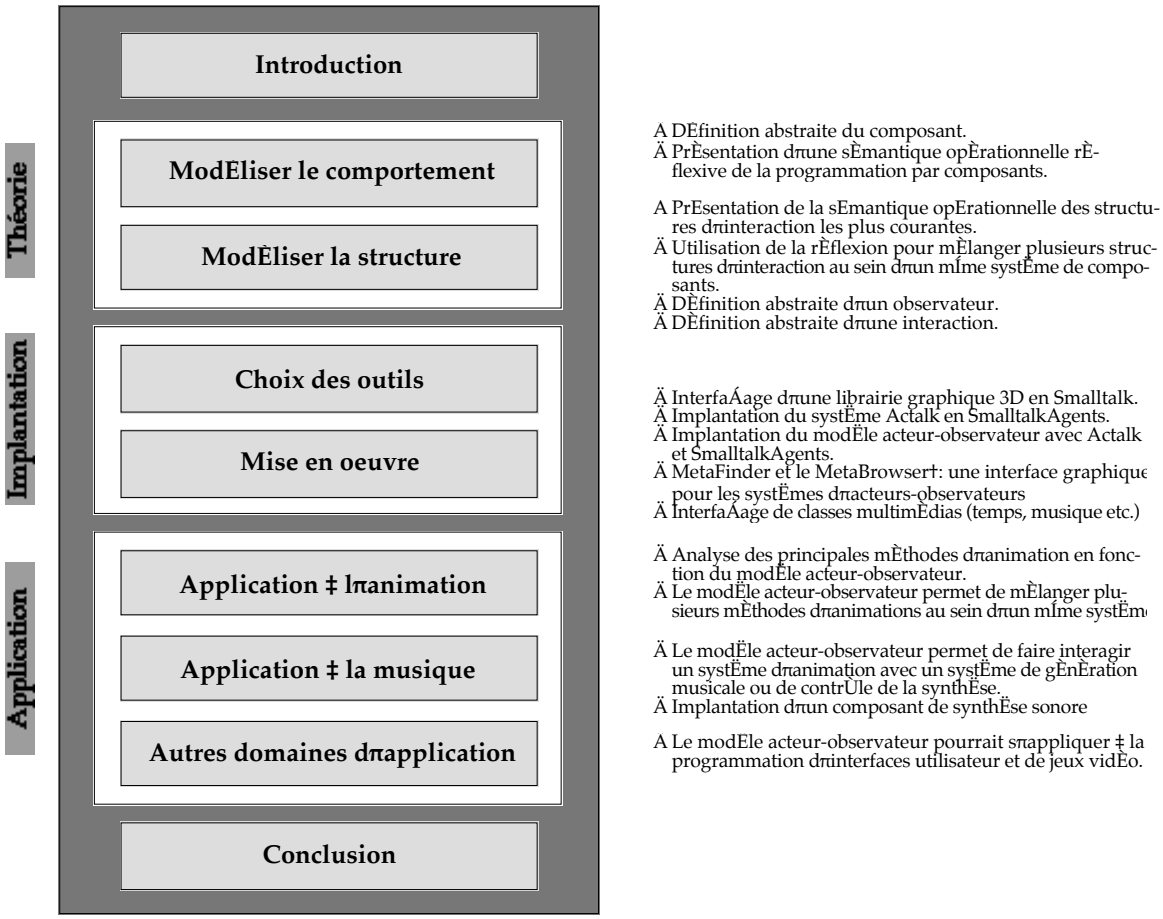
FIGURE 1 Organisation du manuscrit