

Systèmes d'information multimédias : des systèmes aux applications

Hervé Martin

▶ **To cite this version:**

Hervé Martin. Systèmes d'information multimédias : des systèmes aux applications. Interface homme-machine [cs.HC]. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2000. tel-00006748

HAL Id: tel-00006748
https://theses.hal.science/tel-00006748

Submitted on 24 Aug 2004

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.

I. INTRODUCTION 5

II. SGBD MULTIMÉDIAS 9

II.1. MODÉLISATION DU COMPORTEMENT D'OBJETS MULTIMÉDIAS 15

Contexte du travail 15

Propositions scientifiques 16

Bilan 17

II.2. PRÉSENTATIONS INTENTIONNELLES 18

Contexte du travail 18

Propositions scientifiques 18

Bilan 22

II. 3. DONNÉES VIDÉO 23

Contexte du travail 23

Propositions scientifiques 25

Bilan 33

III. SGBD MULTIMÉDIAS ET WEB 35

III.1. SYSTÈME D'INFORMATION POUR LES RISQUES NATURELS : LE PROJET SIRVA 36

Contexte du travail 36

Propositions scientifiques 37

Bilan 40

III.2. MODÈLE DE PROCESSUS LOGICIEL POUR APPLICATIONS MULTIMÉDIAS 43

Contexte du travail 43

Propositions scientifiques 44

Bilan 45

III.3. CONSTRUCTION AUTOMATIQUE DE PRÉSENTATIONS MULTIMÉDIAS 46

Contexte du travail 46

Propositions scientifiques 48

Bilan 50

IV. PROJET DE RECHERCHE 51

IV.1. CONTEXTE 51

IV.2. HYPOTHÈSES 52

IV.3. OBJECTIFS 53

IV.4. PROJETS EN COURS 54

BIBLIOGRAPHIE 57

Préambule

Mon travail de recherche a commencé en DEA et en thèse par des travaux sur les Systèmes de Gestions de Bases de Données (SGBD). Nous nous sommes intéressés au contrôle de la cohérence dans les bases de données à objets [Martin91a]. L'objectif du contrôle de la cohérence est d'assurer que l'information contenue dans une base de données est conforme à la réalité qu'elle représente. L'approche usuelle pour spécifier la cohérence est la spécification de contraintes d'intégrité. Nous avons proposé une approche par le comportement basée sur la signature des méthodes pour spécifier et contrôler la cohérence [Martin91b]. Un environnement baptisé Géco a été développé au-dessus du SGBD à objets O2 [O295, AC93]. Cette thématique de recherche a donné lieu à plusieurs réflexions sur le modèle à objets [DM93] et sur la puissance d'expression des pré conditions [MAD93]. Nous avons ensuite étendu la méthode afin de considérer différents types d'exceptions [DM94, DMP95] et nous avons étudié l'application de ce modèle aux transactions imbriquées [DM96].

J'ai ensuite participé à la création d'un axe de recherches sur les bases de données multimédias dans le cadre du projet STORM[1]. Cette thématique de recherche m'a donné l'occasion d'étudier un nouveau domaine et de mettre en œuvre une démarche de recherche basée sur un équilibre entre les enjeux scientifiques et les applications. D'un point de vue scientifique, ma recherche était basée sur la mise en perspective des apports des modèles et langages associés aux bases de données. Du point de vue des applications, je me suis impliqué dans divers contrats avec le monde socio-économique. Dans ce document, on trouvera des références à la collaboration avec Alcatel Alsthom Recherche dans le domaine médical et à différents contrats dans le domaine des risques naturels avec le CEMAGREF.

L'année 1999 marque la fin du projet STORM et le début d'une nouvelle aventure avec l'équipe SIGMA[2] dans le domaine des systèmes d'information multimédias. C'est aussi l'occasion au travers de ce travail de dresser un premier bilan sur mon activité de recherche. Ce document pour des raisons d'homogénéité et aussi pour des raisons de maturité scientifique dans la démarche est centré sur la « période » multimédia située entre 1994 et aujourd'hui. Le titre du document « Systèmes d'information multimédias : des systèmes aux applications» est le reflet de la démarche de recherche durant cette période.

[1] http://www-lsr.imag.fr/storm.html

[2] http://www-lsr.imag.fr/sigma.html

I. Introduction

La dernière décennie a été marquée par l'importance de plus en plus grande prise par le multimédia, terme qui recoupe d'un point de vue littéral l'utilisation de moyens de diffusion tels que l'imagerie, la cartographie ou la vidéo. Les applications utilisant ou susceptibles d'utiliser le multimédia sont très diverses tant par leur domaine d'activité (médecine, enseignement, géographie, jeux) que par leurs besoins (synthèse d'images, simulation ou visualisation d'un phénomène physique, illustration d'un document) et leur complexité. Ce sont les nouvelles capacités technologiques des ordinateurs notamment en terme de puissance des processeurs, de capacité de stockage, d'acquisition et de restitution de ces médias qui ont suscité cet engouement et ouvert la voie à de nouvelles applications. Le succès d'Internet et la mise à disposition de contenus dans des formats standards liés à l'avènement de normes telles que MPEG-2 pour la vidéo ou MPEG-3 pour l'audio ne font qu'accélérer cet engouement et les développements industriels autour du multimédia sont surabondants.

Néanmoins d'un point de vue technologique, tous les problèmes ne sont pas résolus et le multimédia est actuellement à la base de nombreux travaux de recherche dans différents domaines de l'informatique tels que les systèmes d'exploitation, le génie logiciel, les réseaux, les bases de données et les systèmes d'information. Ces recherches visent à trouver des solutions pour faire avancer la technologie suivant différents objectifs :

1. *Transmission* : Permettre l'acquisition et la restitution avec une qualité de service de plus en plus grande ou tout du moins adaptée aux besoins objectifs des utilisateurs et à l'environnement d'utilisation.
2. *Stockage* : Stocker des masses d'information de plus en plus élevées. Nous sommes passés d'unités de mesure telles que le mega-octets ou le giga-octets à des unités telles que le tera-octets et le peta-octets. Les prévisions semblent indiquer une poursuite de cette inflation pour aller vers les zetta-octets et bientôt peut être les yotta-octets !
3. *Modélisation* : Modéliser le contenu des données de façon de plus en plus précise avec des outils de plus en plus automatisés. Les données multimédias de par leurs caractéristiques en taille et en complexité ainsi que de par leurs propriétés temporelles et spatiales posent de nombreux problèmes de modélisation et d'indexation [LOS96]. On cherche notamment à améliorer l'identification de contenus et à permettre davantage de déclarativité dans la création de documents ou présentations multimédias.

4. *Outils* : Offrir des outils et des méthodes améliorant de façon significative la réutilisation de tout ou partie de contenus et de scénarios multimédias.
5. *Langage* : Proposer des langages de requêtes permettant d'interroger des bases de données multimédias. Cela inclut non seulement la recherche par contenus mais aussi la navigation dans des données semi-structurées ou la création au vol de documents multimédias.
6. *Distribution* : Assurer la distribution des données et des traitements sur des réseaux tout en contrôlant certains paramètres tels que la confidentialité et la qualité de service.
7. *Hétérogénéité* : Faire face à l'hétérogénéité des types et formats de données et proposer des standards pour limiter cette hétérogénéité. Le principal challenge pour ces standards est de proposer différents niveaux de représentation allant du format de compression à la représentation de la sémantique des données.

La plupart de ces problématiques sont proches des considérations prises en compte dans les bases de données ou plus généralement dans les systèmes d'information. Il est donc évident que la maturité des technologies initialement proposées dans ces domaines est susceptible de bénéficier au multimédia. C'est cette hypothèse qui a guidé nos premières recherches sur les bases de données multimédias.

Ce document présente le résultat de mes recherches dans ce cadre des SGBD multimédias et montre l'évolution de thématique vers les systèmes d'information distribués multimédias. Le document est structuré de la manière suivante :

La première partie concerne le travail sur les SGBD multimédias. Le travail autour du modèle STORM est présenté ainsi que les différentes expérimentations réalisées au-dessus du SGBD à objets O2. Nous mettons notamment en évidence les travaux réalisés dans le contexte des présentations multimédias et sur les données vidéo en collaboration avec Françoise Mocellin et de Rafael Lozano dans le cadre de leurs thèses [Mocellin97, Lozano00]. Un premier travail concerne la modélisation des interactions dans les présentations multimédias et un second travail traite des problèmes d'intégration des données vidéo dans un SGBD à objets.

La seconde partie présente le lien entre les SGBD multimédias et le Web. A l'occasion d'un contrat sur les systèmes d'information pour les risques naturels réalisé en collaboration avec le CEMAGREF, nous avons identifié différents problèmes de recherche concernant le rôle d'un SGBD dans le cadre d'un système d'information multimédia. Deux travaux de recherche ont été suscités par notre travail sur les systèmes

d’information pour les risques naturels : le premier travail concerne la diffusion de documents multimédias pour le Web. Les standards existants tels que XML ou SMIL s’intéressent à la publication sur le Web de documents dont le contenu est connu. Nous présentons ici le résultat d’un travail qui concerne la publication de documents dont la structure est connue mais le contenu évolutif. Cette hypothèse de travail, peu restrictive, permet d’envisager la création dynamique de documents en respectant un certain nombre de contraintes spatiales et temporelles. Le second travail vise à aider et contrôler les utilisations d’un système d’information basé sur le Web. Nous avons allié des techniques issues des domaines multimédia et modèle de processus afin de proposer un environnement permettant le guidage des utilisateurs au sein du système.

La dernière partie de ce document présente le bilan de ce travail et regroupe un certain nombre de réflexions sur les résultats et l’approche de recherche suivis et dresse les perspectives envisagées pour la poursuite de ces activités de recherche.

II. SGBD multimédias

Mon travail sur les SGBD multimédias commence en 1992 suite à un contrat avec Alcatel et se poursuit en 1993 avec l'encadrement du projet de DEA de Françoise Mocellin. Il se termine en l'an 2000 avec la soutenance du travail de thèse de Rafael Lozano. Avant d'aller plus loin dans la description scientifique du contenu de cette activité, notons que celle-ci a donné lieu à plusieurs collaborations académiques et industrielles dont un partenariat avec Alcatel Alsthom Recherche pour une étude sur les serveurs d'objets multimédias. Ce projet se déroulait dans le cadre d'un projet européen EUREKA dans lequel Alcatel Alsthom Recherche était impliquée. Ce projet appelé MASTER (Minimal Access Surgery by Telecommunications and Robotics) visait à créer un serveur de données multimédias pour aider à la formation de chirurgiens aux techniques d'opérations par endoscopie. Durant ce contrat, nous avons participé à la mise en place d'une architecture de services pour les présentations multimédias. Le standard émergeant MHEG avait été pris comme base de travail. Nous avons participé à la réflexion sur les solutions possibles de mise en œuvre d'un modèle recouvrant globalement les mêmes concepts que la norme MHEG. Nous avons également réalisé une étude comparative des différents logiciels de systèmes de gestion de bases de données à objets proposés sur le marché afin de choisir le SGBD destiné à jour le rôle de serveur de données multimédias.

Ce bref résumé de cette activité contractuelle est destiné à montrer que dès le début de nos travaux sur le multimédia, nous nous sommes intéressés au rôle du SGBD. En effet, l'approche suivie pour ce travail diffère de celles suivies par la plupart des autres projets sur le multimédia [NTB96, OSMV95] où le rôle du SGBD est réduit à un rôle de serveur de fichiers pour le stockage de données volumineuses. Notre travail est inspiré des réflexions suivantes :

1. Les SGBD sont des outils puissants pour le stockage, la modélisation et l'interrogation des données. Ils présentent plusieurs avantages. Par nature, les SGBD permettent de traiter de gros volumes de données. Tout SGBD supporte un modèle (qu'il soit réseau, relationnel ou objet) qui donne une vision logique de l'information. Un langage de requêtes, souvent normalisé, permet d'énoncer de manière déclarative des interrogations à la base. De plus, les SGBD sont maintenant très répandus dans le monde industriel et leur technologie bien maîtrisée. Ces avantages peuvent bénéficier aux données et aux applications multimédias.
2. Les SGBD se doivent de pouvoir intégrer tout type de données y compris les données multimédias type image, texte ou vidéo. Il n'y a aucune raison objective

pour qu'ils ne permettent pas la gestion de certains types de données avec un niveau de services supérieur à la fonctionnalité de stockage des Blobs (Binary Large Objects) que proposent la plupart des SGBD. Des travaux tels que [JMR99] proposent des solutions pour la gestion d'images. De même, les langages de requêtes doivent être étendus pour interroger des données multimédias et présenter aux utilisateurs le résultat de requêtes qui peut être lui-même multimédia.

L'intégration du multimédia dans les SGBD a été étudiée depuis de nombreuses années [AQ86] notamment par Woelk et Kim en 1987 dans [WK87]. A ma connaissance, la recherche sur les bases de données multimédias incluant les problèmes de synchronisation a véritablement débuté en 1993 avec un article de Ghafoor et Berra [GB93] sur les SGBD multimédias. La synchronisation des données multimédias avait déjà été abordée par Hoepner en 1992 [Hoepner92] avec un travail sur les objets et dans [BZ92] avec un travail sur les documents hypermédias. Depuis d'autres travaux se sont intéressés à la prise en compte de données multimédias dans les SGBD [AK94], Ghafoor95, ORS96]. Les principaux aspects de ces travaux concernent :

? **Gestion physique d'objets multimédias**. Les objets multimédias sont par nature volumineux et nécessitent des supports et des politiques de stockage appropriés à leurs caractéristiques [KEM97]. On trouve essentiellement trois types d'approches pour pallier ces problèmes.

1. ***Compression de données***. Plusieurs propositions ont été faites pour définir des formats de stockage compressés permettant d'une part de diminuer l'espace de stockage requis et d'autre part de permettre l'acquisition ou la restitution de données continues avec un débit adapté.
2. ***Création d'index multidimensionnels***. Usuellement les index sont des structures de données qui permettent d'optimiser le traitement de requêtes en réduisant les accès disques. Cette approche a notamment été très utilisée dans les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) [PTSE95] où il est courant d'effectuer des requêtes spatiales. Actuellement, les principales techniques d'indexation sont basées sur les R-Tree [Guttman84] qui sont des extensions des index B-arbres classiquement utilisés en bases de données. Ce type d'approche a également été utilisée dans le contexte des présentations multimédias [Vazirgiannis99].
3. ***Utilisation de serveurs dédiés***. Cette approche est notamment utilisée pour restituer des données continues telles que l'audio ou la vidéo qui nécessitent un flot continu de données avec une certaine qualité de service [LS93, JM98]. Des

techniques spécifiques de bufférisation sont utilisées. Un exemple d'une telle approche est fourni par Oracle Media Server[3].

? **Indexation du contenu**. L'indexation sur le contenu est une tâche qui peut être réalisée soit manuellement, soit automatiquement. Cette tâche consiste à définir sous une forme exploitable par un utilisateur le contenu d'une donnée multimédia. Certaines caractéristiques telles que la couleur, la forme, la texture sont calculables automatiquement. D'autres informations d'un niveau sémantique ou perceptif supérieur ne peuvent être obtenues que via une interaction avec un utilisateur. Le travail consiste donc à fournir des outils à cet utilisateur pour l'assister dans sa tâche. De plus, certaines données telles que la vidéo véhiculent une information de par leur organisation (scène, séquence, plan). Cette structuration, issue du cinéma [Monaco81] peut être extraite, soit manuellement soit automatiquement comme dans le cas des plans [BR96]. Dans tous les cas, elle doit pouvoir être modélisée afin de pouvoir être réutilisée ultérieurement. Le cas de la vidéo est particulièrement intéressant car la durée d'une vidéo nécessite l'utilisation d'outils performants [ZKS93, AJ94].

? **Modélisation de présentations ou documents multimédias**. Une présentation multimédia est une présentation de différents objets reliés sémantiquement. Les différents objets sont présentés suivant un scénario temporel prédéfini ou calculé. La position éventuelle des objets dans l'espace est également prédéfinie ou calculée. Certaines interactions avec l'utilisateur peuvent également être permises. On appelle généralement scénario la spécification a priori du déroulement de la présentation. L'auteur du scénario n'est pas nécessairement un informaticien et le parallèle avec la conception de bases de données semble judicieux. Une présentation constitue au sens propre du terme un objet multimédia. De nombreux standards ont été proposés (HYTIME [ISO92, NXN91], MHEG [ISO93], SMIL [SMIL98]) pour modéliser les présentations ou documents multimédias. Ces standards s'intéressent généralement aux points suivants :

1. ***Modélisation des propriétés temporelles*** : Beaucoup de travaux sur les relations temporelles entre les objets appartenant à un même document ou présentation multimédia sont inspirés des relations entre les intervalles mises en évidence par Allen [Allen83]. Les premiers travaux sur les documents multimédias temporisés datent de 1992 à la conférence ACM Multimedia d'Anaheim avec un

[3] http://www.oracle.com

article de M. Cecilia Buchanan et Polle Zellweger [BZ92] sur les spécifications temporelles d'une présentation multimédia. Les auteurs proposaient une approche à base de contraintes suivant l'algorithme du simplex afin de spécifier les propriétés temporelles d'une présentation.

2. ***Vérification de la cohérence temporelle*** : La cohérence temporelle exprime que les objets appartenant à une présentation multimédia doivent obéir à des contraintes temporelles spécifiques. En effet, une présentation multimédia est généralement élaborée de manière incrémentale. L'auteur construit sa présentation à partir de composants de base qu'il relie progressivement en spécifiant les relations d'ordre spatial, sémantique, logique et temporel. Il est possible que l'adjonction de nouvelles relations introduisent des incohérences qu'il faut détecter. Plusieurs approches ont été proposées pour détecter les incohérences temporelles [LK95, CO96].
3. ***Modélisation des propriétés spatiales* :** Cette modélisation concerne les médias tels que l'image, le texte ou la vidéo possédant une composante visuelle. Elle cherche à représenter les relations spatiales existants entre les différents éléments apparaissant dans le document. On s'intéresse aux relations topologiques [Egenhofer91] et directionnelles [PT97] entre les objets. Certains travaux ont également été initiés dans le cadre des SGBD multimédias [AZ99].
4. ***Modélisation du comportement*** : Il s'agit de permettre l'intervention de l'utilisateur sur la présentation. Cette modélisation doit permettre de déterminer quels types d'événements doivent être pris en compte, à quel moment et quelles actions doivent être entreprises suite à ces événements. Plusieurs propositions ont été faites pour extraire cet aspect de la présentation du scénario. En effet, dans les produits logiciel de type « système auteur » tels que MacroMedia ou ToolBook c'est l'approche par programmation qui est utilisée avec des langages comme Lingo pour le logiciel MacroMedia ou dans des propositions de recherche [MM94]. L'avantage d'une approche déclarative est la facilité de réutilisation induite ainsi que la facilité d'écriture : on exprime le *quoi ?* sans dire le *comment ?* Le standard MHEG proposait une spécification textuelle dans des classes ; on trouve dans [Vazirgiannis99] une proposition à base d'objets scénario. Nous montrons dans ce document le travail qui a été entrepris en nous servant des expériences des SGBD actifs [MM99a].

? **Interrogation d'objets multimédias**. L'interrogation d'objets multimédias regroupe à la fois la recherche d'un objet tel qu'une image particulière parmi un ensemble d'objets de même type mais également l'extraction d'une partie d'un objet telle que l'extraction d'un segment vidéo correspondant à un critère. Le terme

segment définit un intervalle quelconque d'images d'une vidéo. La possibilité de définir une algèbre a été envisagée dans [ASS99]. Cette algèbre est destinée à fournir un langage pivot d'interrogation de présentations multimédias. De manière générale plusieurs propositions ont été faites pour étendre le langage SQL ou pour s'inspirer de ce langage. Nous présentons ici les expériences menées sur OQL notamment dans le cadre des données vidéo.

Dans le cadre de notre travail, nous avons mis l'accent sur deux points qui nous semblaient fondamentaux pour les SGBD : le modèle de représentation de la connaissance (composition, structure temporelle, contenu) et le langage d'interrogation. Nous avons choisi l'approche objet qui présente quelques avantages par rapport au relationnel :

? Richesse du modèle de données qui permet de s'affranchir de la première forme normale et de décrire des objets complexes.
? Mécanisme d'héritage qui augmente les capacités de réutilisation en favorisant l'extension d'un schéma. Les instances de classes peuvent devenir des composants facilement réutilisables.
? Prise en compte du comportement au travers des méthodes. Cet aspect est particulièrement intéressant pour rendre transparente l'hétérogénéité des représentations via les mécanismes de surcharge et de liaison dynamique.
? Homogénéité avec les logiciels de construction d'interface qui utilisent une approche objet.
? Extensibilité du langage de requêtes au travers de l'utilisation de méthodes. Cette caractéristique permet l'adjonction de fonctions d'interrogation notamment sur les structures temporelles ou spatiales des présentations. Notons que cette possibilité est proposée dans le langage OQL et également dans des langages de type fonctionnel tels que [BL91]. Notons également que seul cette caractéristique est propre aux SGBD et que les caractéristiques précédentes pourraient être prises en compte au travers d'une bibliothèque de classes dans un langage objet avec persistance.

Néanmoins, la représentation objet utilisée dans notre travail doit être considérée comme un schéma pivot qui nécessite à la fois une vision « modèle » de plus haut niveau et une vision plus algorithmique qui permet de définir des présentations exécutables.

Nous avons travaillé sur le SGBD à objets O2 tant pour des raisons scientifiques (O2 participe à l'ODMG [Cattel97, CB97] et se veut conforme à cette norme notamment

pour le langage de requêtes OQL) qu'historiques puisque de nombreux développements ont été effectués autour, au-dessus ou à l'intérieur de ce logiciel, ce qui nous permet de profiter d'une expérience non négligeable.

Nous avons proposé plusieurs extensions au SGBD à objets O2 dans le but de permettre la manipulation de données multimédias. Nous sommes partis de la proposition initiale du modèle STORM [Adiba96] que nous avons étendu [ALMM97]. Un prototype au-dessus du SGBD O2 a été développé [MMA96]. Une interface pour la construction de présentations a été développée au-dessus de GraphTalk [FLM97]. Ces différents travaux permettent aujourd'hui à un utilisateur potentiel d'un SGBD objet :

? D'adjoindre des propriétés temporelles aux objets de la base (en particulier les objets de types audio, texte, image ou vidéo) pour les présenter. On peut par exemple spécifier le temps à attendre avant le début d'une présentation d'un objet, ainsi que le temps que devra durer cette présentation. On permet également de construire une présentation complexe composée de plusieurs objets à présenter en séquence ou en parallèle.

? De modéliser la structure hiérarchique d'une vidéo; de construire une vidéo virtuelle en utilisant une algèbre; d'annoter des vidéos physiques ou virtuelles afin de permettre l'extraction de séquences vidéo selon certains critères qui sont ensuite utilisés pour l'extraction de segments vidéo à partir de requêtes.

? De « jouer » des présentations multimédias. Dans son travail de thèse Raphael Lozano a proposé différentes extensions aux SGBD pour la mise en œuvre de présentations multimédias distribuées. Deux expérimentations ont permis de tester une vision centralisée de l'architecture et une vision distribuée. Dans la version centralisée, chaque objet est un objet autonome dont le comportement durant la présentation est décidé par l'objet lui-même. La seconde approche consiste à créer un environnement d'objets où un objet tient le rôle de chef d'orchestre. Les autres objets doivent réagir en fonction des ordres du chef d'orchestre.

? De définir des présentations en utilisant l'outil graphique GraphTalk [FLMM98]. Nous avons établi les prémisses d'un environnement de haut niveau pour la construction de présentations. Cet environnement est basé sur une méta-modélisation du modèle STORM. Il permet de manipuler les différents concepts du modèle (notamment les constructeurs temporels) et de construire une présentation en vérifiant sa cohérence d'un point de vue modèle. Ce travail n'était pas destiné à

définir un système auteur mais plutôt à favoriser la réutilisation de tout ou partie de présentation. La réutilisation est certes facilitée par les outils mais elle doit également l'être par la mise en évidence de plusieurs niveaux d'abstraction.

Nous présentons maintenant de façon détaillée différents travaux réalisés dans ce contexte. Le premier travail traite de la modélisation du comportement d'objets multimédias, le deuxième de présentations intentionnelles où le langage de requêtes joue un rôle central et enfin nous présentons deux travaux afférents aux données vidéo .

II.1. Modélisation du comportement d'objets multimédias

Contexte du travail

Le travail présenté ici a été réalisé dans le cadre de la thèse de Françoise Mocellin que j'ai co-dirigée avec Michel Adiba. Ce travail concernait la modélisation des présentations multimédias. Nous présentons ici la partie du travail qui concerne la modélisation du comportement des objets dans une présentation multimédia. Nous nous sommes inspirés des travaux sur les règles actives de type <Evénement, Condition, Action> (ECA)[4] en bases de données [Collet96] pour définir un mécanisme de règles au-dessus du modèle de présentations existant.

L'utilisation de règles dans les systèmes auteurs est largement répandue pour modéliser les actions à entreprendre suite à des événements de type « clic souris ». Notre proposition dépassait le cadre des interactions de l'utilisateur sur la présentation et visait trois objectifs :

1. Le premier objectif était d'unifier la représentation des interactions et des événements temporels. En effet, afin d'enrichir la puissance d'expression des modèles temporels, il est nécessaire de passer d'un modèle déclaratif basé sur les relations entre les intervalles à un modèle basé sur des relations causales ou plus généralement un modèle basé sur des opérateurs. Cette contrainte impose un modèle plus opérationnel et l'approche à base de règles semble pertinente.
2. Le deuxième objectif était d'étudier en quoi les SGBD multimédias pouvaient bénéficier des travaux sur les règles actives. En effet, les règles actives dans les

[4] La sémantique usuelle est : Si un événement E se produit et si la condition C est respectée, alors exécuter l'action A.

SGBD s'intéressent à différents types d'événements tels que des événements système, temporels, sur mise à jour, insertion ou suppression de données. La façon de traiter ces événements est elle-même très riche puisqu'il est possible de spécifier le moment d'exécution des actions liées à l'événement. Il paraissait donc pertinent d'étudier les apports de ces travaux dans le cadre de nos propositions.

3. Le troisième objectif était de donner la possibilité d'associer un comportement particulier aux objets en cours de présentation. On appelle comportement d'un objet l'ensemble des actions qu'il est susceptible d'entreprendre suite à des événements lors de sa présentation.

Il faut également noter que ce travail s'inscrivait dans le cadre plus général du projet STORM dont un axe de recherches, dirigé par Christine Collet, était consacré aux règles actives.

Propositions scientifiques

Afin de prendre en compte le comportement des objets durant la présentation, nous avons introduit le concept d'ombre comportementale [MM99a]. Ce concept appelé ainsi par analogie avec l'ombre temporelle proposée dans [Adiba96] joue essentiellement trois rôles :

1. Changer le déroulement prédéfini de la présentation en un déroulement qui suit différentes alternatives correspondant à différents comportements de la présentation.
2. Segmenter la présentation en plusieurs segments logiques. Ces segments peuvent éventuellement se chevaucher et il peut exister des discontinuités entre les segments. La figure 1 montre un exemple de segmentation d'une vidéo en plusieurs segments. Le premier segment remarquable nommé *Invisible* spécifie que durant l'intervalle [1, 13] la vidéo ne sera pas visible. Le second segment remarquable nommé *Ralenti* signifie qu'il est possible d'activer le ralenti durant l'intervalle [23, 43]. Enfin, le dernier segment nommé *Stop* signifie que la vidéo peut être arrêtée à partir du temps 33.
3. Donner la possibilité d'associer un comportement particulier à chaque segment. Chaque comportement est modélisé par un type d'événement (déclencheur du comportement), un intervalle de temps qui spécifie la validité de la règle et une liste d'actions à exécuter au cas où l'événement se produirait. La partie condition est intégrée à la partie événement comme c'est le cas dans certains travaux sur les règles actives.

L'ombre comportementale d'un objet appartenant à une présentation est définie par un triplet composé :

1. Du type d'événement. Les types d'événements qui ont été définis correspondent à différents besoins tels qu'interaction utilisateur, événement temporel, invocation d'une méthode. Dans notre exemple, il est possible de spécifier que :
   - Les actions correspondant à *Invisible* seront exécutées si une autre vidéo est activée (invocation de méthode).
   - Les actions correspondant à *Ralenti* seront exécutées sur clic souris
   - Les actions correspondant à *Stop* seront activées à l'instant 33
2. De l'intervalle de validité qui est borné.
3. De la liste des actions à entreprendre sous la forme d'appels de méthodes.

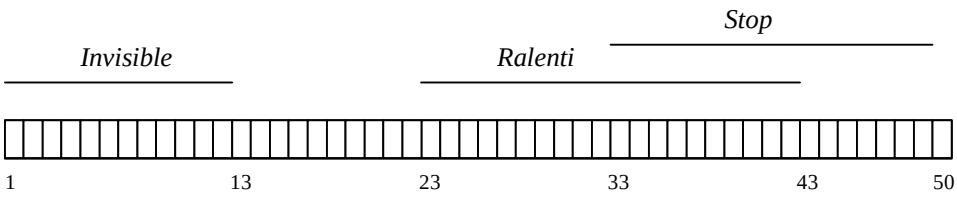


Figure 1 : Segmentation d'une vidéo par comportements

Une implémentation à base d'objets appelés objets scénarios a été réalisée. Cette modélisation objet permet une interrogation des comportements à l'aide d'un langage d'interrogation de type OQL.

Bilan

Par rapport aux objectifs initiaux, ce travail suscite plusieurs réflexions :

? La modélisation des propriétés temporelles sous une forme homogénéisée avec les autres types d'événements tels que les interactions permet une mise en œuvre du moteur d'exécution basée sur un système de règles actives.
? La notion de segments de comportements pour un même objet possède de nombreuses applications et augmente la puissance d'expression.

? Au niveau réalisation, certains mécanismes complexes des règles actives peuvent s'avérer utiles notamment pour la gestion des différents processus intervenant dans la présentation des objets.

Néanmoins, l'apport de ce travail qui est présenté plus précisément dans [MM99a] se situe sur la modélisation des comportements qui représente une innovation dans un domaine où il est usuel de considérer qu'un document multimédia comporte un contenu, une dimension temporelle et une dimension spatiale. Nous avons donc ajouté une dimension comportementale qui permet notamment d'exprimer divers comportements au cours de la présentation.

II.2. Présentations intentionnelles

Contexte du travail

Le but de ce travail était de montrer, en nous appuyant sur le modèle STORM, comment les SGBD pouvaient devenir un outil puissant pour la création d'applications multimédias. Nous avons montré comment en exploitant les possibilités offertes par un SGBD à objets, il est possible de définir des présentations multimédias ayant une puissance d'expression supérieure à celle des outils standards. Pour cela, nous avons introduit le concept de présentation intentionnelle qui donne une vision ensembliste et déclarative d'une présentation. L'originalité de cette approche consiste en l'utilisation de requêtes dans la spécification du contenu d'une présentation et dans l'introduction de contraintes temporelles sur les collections d'objets.

Propositions scientifiques

Une présentation intentionnelle définit la présentation de façon déclarative en fonction de son type plutôt qu'en référençant directement les objets. Cette approche permet notamment d'assurer la pérennité des présentations multimédias et de prendre en compte la notion d'ensemble pour des données spatio-temporelles. Comme dans le cas des vues relationnelles, nous spécifions une requête qui définit les critères de sélection de l'information à présenter.

La présentation consiste à construire un objet complexe qui contient la définition de la requête et qui impose des contraintes de synchronisation temporelles et spatiales sur la présentation. Comme pour les vues, un des avantages essentiels de cette approche est de

pouvoir travailler sur une vision logique de l'information et donc de pouvoir présenter à chaque exécution, une présentation prenant en compte le contenu réel de la base de données

L'exemple suivant montre l'intérêt pratique de notre proposition. Supposons avoir défini les classes et racine de persistance suivantes :

```
Class Employé                          class Projet
tuple ( nom : string,                  tuple ( intitulé : string,
        photo : image,                         DateDep : date,
        projet : Projet ,                      DateFin : date,
        cv : text)                             responsable : Employé)

name Les_Employés : list (Employé);
```

Supposons vouloir créer une présentation des photos et curriculum vitæ (CV) des membres du projet STORM à raison de 10 secondes par employé. Sans tenir compte des contraintes spatiales et temporelles, le langage OQL de l'ODMG [Cattel97], permet de spécifier le contenu de cette présentation :

```
select   tuple ( e->photo, e->cv)
from     e in Les_Employés
where    e->projet->intitulé = "STORM"
order by *
```

Le type du résultat est une liste de n-uplets composés d'une image et d'un texte. La requête sera exécutée au moment de jouer la présentation. Il est donc impossible de connaître a priori le nombre d'objets à présenter. Néanmoins, pour définir des contraintes sur une présentation, nous pouvons nous appuyer sur la propriété de typage. En effet le résultat d'une requête est typé et nous allons montrer comment ce résultat est interprété et peut être contraint.

Si aucune contrainte n'est spécifiée, par défaut, la sémantique inhérente au type du résultat (liste, ensemble ou enregistrement) doit être interprétée. L'interprétation utilisée est une adaptation des travaux proposés initialement dans [Adiba96] pour représenter une présentation multimédia. Pour une liste, les objets sont présentés en séquence en respectant l'ordre de la liste. Pour un ensemble et un enregistrement, les objets sont présentés en parallèle. Les durées de présentation ne sont pas contraintes et c'est une

interaction utilisateur (clic sur un icone représentant une gomme dans le cas du logiciel O2 utilisé) qui permet d'avancer dans une séquence.

Lorsque le type du résultat est une combinaison de ces constructeurs, les règles s'appliquent de façon itérative. Par exemple pour un type composé tel que `list (tuple (O1, ...,On))` la présentation consiste en un affichage séquentiel de tous les enregistrements. Pour chaque enregistrement, les objets `Oi` seront présentés en parallèle.

Dans notre exemple, l'interprétation par défaut (c'est-à-dire en l'absence de contraintes) de notre requête est une présentation séquentielle de couples (photo, CV). Le contenu de chaque couple sera présenté en parallèle (Type du résultat : list (tuple(image, text)))

On voit donc que l'interprétation par défaut des requêtes peut donner un résultat satisfaisant. Il faut cependant noter que si le type de la racine de persistance `Les_Employés` avait été `set(Employé)`, nous aurions obtenu, pour chacune des présentations un affichage en parallèle de tous les objets ce qui est nettement moins ergonomique. Aussi, il est parfois souhaitable voire nécessaire de définir des contraintes de synchronisation entre les différents objets.

Les contraintes de synchronisation que nous avons définies s'appuient sur les relations entre deux intervalles définies dans [Allen83] auxquelles nous ajoutons une sémantique ensembliste. De plus, nous affinons cette sémantique selon le type de l'objet auquel la contrainte s'applique. Les principales contraintes que nous avons proposées sont :

seq-before(Oi) impose que les objets `Oi` soient présentés de façon séquentielle quel que soit le type des objets `Oi` (list, set, tuple, …).
seq-meet(Oi) impose que les objets `Oi` soient présentés de façon séquentielle quel que soit le type des objets `Oi` (list, set, tuple, …). De plus, aucun délai n'est admis entre la présentation de deux objets.
par-start(Oi) impose que les objets `Oi` soient présentés en parallèle quel que soit le type des objets `Oi` (list, set, tuple, …). Les présentations de tous les objets débutent en même temps.
par-finish(Oi) impose que les objets `Oi` soient présentés en parallèle quel que soit le type des objets `Oi` (list, set, tuple, …). Les présentations de tous les objets se terminent en même temps.

par-equal(Oi) impose que les objets `Oi` soient présentés en parallèle quel que soit le type des objets `Oi` (list, set, tuple, …). Les présentations de tous les objets débutent et se terminent en même temps.

Les contraintes **`during`** et **`overlap`** définies par Allen n'ont pas de sens si elles sont appliquées à une liste ou un ensemble d'objets.

Les spécifications de la requête ainsi que de la contrainte de synchronisation et éventuellement des contraintes de durée et de délai sont stockées dans un objet de la base de données appartenant à la classe `SO-Query` et évaluées lors de la présentation. Dans notre exemple, nous créons un objet de la classe `SO-Query` avec une contrainte "`seq-meet`" entre les photos à afficher, avec un délai de zéro entre chaque affichage et une durée totale maximale de 10 secondes pour la présentation. Il faut noter ici que la contrainte de type `seq-meet` s'applique à la liste des objets résultats de cette requête. Par définition de la sémantique du constructeur tuple, la photo et le CV seront présentés en parallèle.

```
SO4 = (     content : (   select  tuple ( e->photo, e->cv)
                          from    e in Les_Employés
                          where   e->projet->intitulé='STORM'),
            delay : 0,
            duration : 10,
            constraint : 'seq-meet')
```

Dans certains cas, il est nécessaire de spécifier une contrainte à une granularité plus fine que le premier niveau. Par exemple si le type du résultat est `set(set(Image))`, cela implique une sémantique de présentation par défaut où l'on présente en parallèle toutes les images. Les contraintes que nous avons introduites dans le paragraphe précédent permettent de modifier cette sémantique pour obtenir une séquence d'ensembles d'images présentées en parallèle. Pour que toutes les images soient présentées en séquence, il faut pouvoir spécifier une contrainte sur le deuxième constructeur `set`. De manière plus générale, il faut prendre en compte la structure complexe de nos objets résultats afin de préciser le niveau d'application d'une contrainte. Dans [Martin97], nous avons proposé une identification simple basée sur les notations utilisées dans les parcours de graphes afin d'introduire cette possibilité.

Cette proposition a permis d'identifier clairement un apport des SGBD pour le traitement des données multimédias autre que la fonctionnalité de stockage généralement mise en évidence. En nous servant des possibilités offertes par les SGBD objets, principalement le langage de requêtes et les méthodes, nous avons montré les avantages suivants :

? Augmentation de la **puissance d'expression** du modèle de présentation en permettant la définition de présentations de façon intentionnelle plutôt qu'en référençant directement le contenu.
? **Pérennité des présentations** : Le travail présenté ici permet d'assurer la cohérence des informations présentées par rapport au contenu de la base de données. Les difficultés de maintien d'information à jour augmentent proportionnellement avec la quantité d'informations, et l'approche bases de données permet de nous affranchir d'une partie des évolutions.
? **Standardisation**. En globalisant la construction de la présentation, on assure une présentation standardisée. La présentation est définie sur un schéma plutôt que sur des instances.
? Prise en compte des **gros volumes** de données. Ce travail prend en compte les propriétés ensemblistes des bases de données. On peut définir une présentation et l'appliquer à un objet, un sous-ensemble d'objets ou un ensemble d'objets s'ils possèdent le même type.
? **Optimisation**. L'utilisation de requêtes permet de passer par une phase d'optimisation. La requête pourra être compilée pour assurer le niveau de performances requis par la présentation.
? **Réutilisation**. La création de présentations multimédias est un type d'application où il est nécessaire d'améliorer la réutilisation. Le fait de désigner un niveau logique plutôt que directement les objets contenus dans la présentation améliore les capacités de réutilisation.

Ce travail est présenté en détails dans [Martin97] et également dans [Martin98]. Il a été également à l'origine d'un autre travail sur la thématique « Bases de Données et Web » présentée dans la seconde partie du document.

II. 3. Données vidéo

Contexte du travail

Le travail sur les données vidéo a été initié dans le cadre du DEA (1995-1996) et poursuivi ensuite dans la thèse (1996-2000) de Raphael Lozano. Nous présentons tout d'abord le cadre général du travail et nous détaillons ensuite deux éléments du travail. Le premier point concerne les propositions sur les expressions de chemin généralisées et le second point concerne la création de résumés de vidéo.

La dernière décennie a été marquée par un nombre de recherches croissant sur les données vidéo [AH91, Rangan93, ORS96]. Les raisons principales à cet engouement sont les progrès de la technologie informatique qui offre maintenant à la fois des capacités de stockage élevées (que ce soit sur disques magnétiques ou optiques) et des taux de transferts rapides [JM98, RGF98, BT93]. Les données de types vidéo sont de grandes consommatrices de ressources systèmes telles que la ressource disque. A titre d'exemple, une heure de vidéo compressée au format MPEG-1 nécessite 675 Giga-octets pour une qualité VHS standard. Cette taille élevée et les aspects linéaires et continus de la vidéo rendent souvent fastidieux le visionnage d'une ou plusieurs vidéos pour accéder à une information donnée. La digitalisation de la vidéo et l'accès direct autorisé par le support de stockage permettent de nous abstraire de ces propriétés physiques et de référencer directement les segments voulus.

La vidéo est une donnée qui pose de nombreux problèmes de stockage, de représentation, d'interrogation et de présentation. Parmi les travaux existants, beaucoup ont utilisé des Systèmes de Gestion de Bases de Données (SGBD) mais il n'y a pas eu de véritable intégration des données vidéo dans un SGBD. Une telle intégration signifie le traitement homogène des données vidéo et des autres types de données à tous les niveaux du système et impose d'étudier les extensions nécessaires aux SGBD tout en gardant une approche qui conserve les propriétés structurelles et fonctionnelles de ces systèmes. C'est cette approche qui a été mise en avant dans nos travaux sur la vidéo. Notre problématique se place dans le contexte des SGBD à objets qui offrent tous les concepts et technologies nécessaires pour permettre une telle intégration et ouvrent de nombreuses perspectives pour les applications manipulant la vidéo.

L'évolution des standards de la famille MPEG (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 et MPEG-7) va clairement vers davantage de sémantique et de qualité. Le standard MPEG-1

(ISO/IEC 11172) très utilisé dans la production de CD propose des techniques de compression et de décompression de données avec pertes basées sur la suppression des redondances. Ce standard est basé sur un taux de transfert de 1,86 Mbit/sec pour une taille d'images de 720 x 576 pixels. Le standard MPEG-2 (ISO/IEC 13818) montre une évolution sur la qualité en visant les applications de télévision digitale ou la production de films en format DVD. Il propose quatre niveaux de représentation qui vont d'un taux de transfert de 4 Mbit/sec pour le niveau le plus bas à 60 Mbit/sec pour le plus élevé. La taille des images quant à elle varie de 352 x 288 pixels à 1920 x 1152 pixels. En dehors de ces caractéristiques, MPEG-2 propose des améliorations telles que la définition de trois niveaux de chrominance contre un seul pour MPEG-1. Le standard MPEG-4 (ISO/IEC 14496) représente une évolution considérable par rapport à ces deux prédécesseurs en ne s'intéressant plus à la compression des données mais à la création ascendante d'une vidéo en partant des objets qui la composent. La vidéo est considérée comme un ensemble d'objets qui sont composés dans l'espace et dans le temps en utilisant un langage de réalité virtuelle tel que le langage VRML pour décrire les animations. L'avantage essentiel de cette approche est le fait que la quantité de données pour reproduire une vidéo soit moins élevée que celle du flot vidéo dans son intégralité. Cette caractéristique est très appréciée pour les applications de type Web. Il offre également un ensemble de paramètres liés à la qualité de service. Enfin, le standard en cours de définition MPEG-7 est basé sur le standard MPEG-4 et s'intéresse à la description du contenu des différentes scènes. Cette description concerne à la fois les éléments visuels (couleur, texture, position) et les informations d'un niveau d'abstraction supérieur telles que le nom d'une personne présente sur la vidéo et son activité. Ce bref historique montre que la vidéo n'est plus considérée comme un type de données figé sans structure ni sémantique mais au contraire comme un type de données complexe à intégrer avec les autres types de données plus conventionnels.

Il est également possible de suivre une approche descendante (du flot vidéo aux objets qui composent la vidéo) pour définir la structure et le contenu d'une vidéo stockée comme un flot continu d'images. La structure représente l'organisation et les relations entre les différents segments de la vidéo. Le contenu représente l'information sémantique véhiculée par la vidéo. De manière générale, afin de pouvoir rechercher des segments de vidéos selon les besoins des utilisateurs, il est nécessaire de modéliser leur structure et leur contenu. Cette modélisation doit permettre d'extraire le contenu sémantique de la vidéo lors de la phase d'interrogation. L'aspect temporel des vidéos et notamment la notion de segment vidéo qui représente un intervalle d'images rendent complexe cette modélisation.

Les possibilités offertes par les SGBD telles que la différenciation schéma physique, schéma conceptuel et le langage de requêtes sont intéressantes pour les données vidéo. De plus, du point de vue des bases de données, il est nécessaire de permettre la prise en compte de tout type de données et pas exclusivement la fonction de stockage au travers des « Binary Large Objects » (Blob). Pour atteindre l'objectif d'intégration effective de données vidéo, les SGBD actuels doivent être étendus à tous les niveaux : gestion physique [Rangan93], modèle conceptuel, langage d'interrogation. Plusieurs projets ont choisi une approche de type SGBD pour le multimédia [CC96, CMCL95, DHB96] et en particulier pour la vidéo [OT93, EJHKA97].

Notre approche marque donc une volonté de ne pas considérer la base de données comme un seul support de stockage mais au contraire d'étendre les SGBD afin de donner la possibilité aux utilisateurs d'écrire leurs propres applications multimédias [Martin98, MM99a, MM99b] et en particulier des applications manipulant la vidéo [LAMM98].

Propositions scientifiques

La présentation de nos propositions scientifiques se subdivise en trois parties. La première partie concerne le modèle vidéo. La deuxième partie montre une adaptation de travaux sur les documents semi-structurés afin d'étendre le langage de requêtes OQL. Enfin, la dernière partie présente une fonctionnalité particulière qui consiste à construire des résumés de données vidéo.

? *MODELE VIDEO*

Nous avons choisi une approche de type système de gestion de bases de données à objets afin de bénéficier pleinement des avantages liés à la possibilité d'étendre un schéma par affinement des classes existantes. La plupart des concepts proposés ici sont modélisés sous forme de classes. Ces classes forment la bibliothèque de classes Vstorm et peuvent être raffinées par les utilisateurs afin de répondre à leurs besoins spécifiques. Néanmoins, l'intégration de la donnée vidéo dans un SGBD à objets ne peut se limiter à la proposition d'un ensemble de classes et nous décrivons les extensions que nous avons réalisées.

Nous avons proposé le concept de **vidéo virtuelle** afin de souligner la différence entre la vidéo physique telle qu'elle est stockée et la vidéo qui sera vue et manipulée par

l'utilisateur. Les systèmes de gestion de bases de données permettent de distinguer trois niveaux dans l'architecture du système [ANSI75] et, par effet de bord, trois niveaux de représentation des données : physique, conceptuel et externe. Nous nous sommes inspirés de cette différenciation et nous avons proposé d'appliquer à la vidéo la distinction suivante :

Le **niveau physique** qui représente la donnée brute (suite d'images ou vidéo compressée) qui doit être gérée par une politique de stockage spécifique [OBRS94, AOG92, GC92, LS93]. Nous avons proposé une bibliothèque de classes pour décrire différents formats vidéo tels que le format MPEG-2 [MPEG2]. Cette bibliothèque peut être étendue à d'autres formats sans influence sur les opérations et les modélisations de niveaux d'abstraction supérieurs. Nous avons donc une indépendance entre le niveau physique et les niveaux composition et conceptuel.

Le **niveau composition** qui spécifie le contenu de la vidéo qui sera proposée à l'utilisateur. A ce niveau, nous étendons la notion de vidéo afin de permettre la composition de segments issus de différentes vidéos et qui forment une vidéo que nous appelons vidéo virtuelle (voir Figure 2). Le terme « virtuelle » signifie qu'il n'y a pas de création physique de nouvelles vidéos par duplication des segments existants mais simplement une spécification algébrique. Il faut noter à ce niveau que les différents segments en provenance de différentes sources physiques peuvent être représentés avec des formats de compression différents. Chaque segment sera décompressé avec sa propre méthode de décompression et le flot d'informations décompressé sera transmis pour être joué. La présentation d'une vidéo est donc considérée comme une présentation multimédia où les différents segments qui la composent sont reliés par une relation temporelle de type « meet » [Allen83].

Le **niveau conceptuel** qui modélise la structure et le contenu d'une vidéo. De même que dans le contexte des bases de données conventionnelles, cette modélisation s'appuie en général sur un schéma conceptuel de haut niveau tel que le modèle Entité-Association ou ceux proposés dans la méthode OMT ou le langage UML. Une représentation OMT des concepts introduits au niveau de notre modèle a été proposée et décrite dans [FLM97].

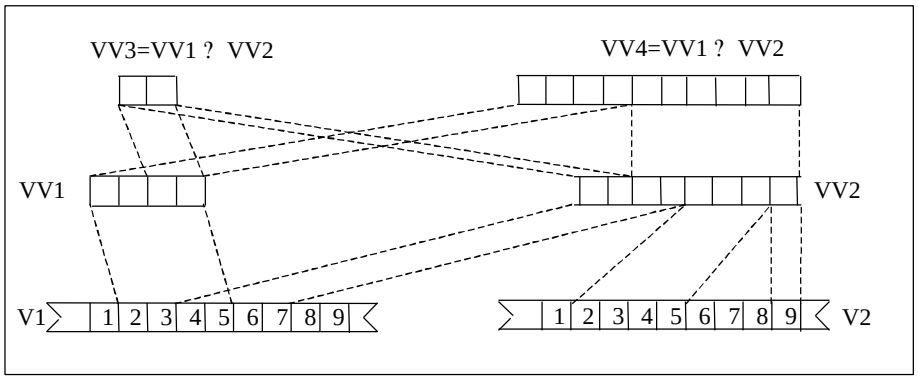


Figure 2 : Exemple de vidéo virtuelle

Une proposition de définition d'architecture pour une vidéo a été également faite dans [Ghafoor95] où l'on distingue trois niveaux : le niveau physique dépendant du format de représentation des images prises indépendamment les unes des autres, le niveau « vidéo » qui représente une suite d'éléments agrégés pour former un flot continu d'information et le niveau sémantique qui décrit la structure et le contenu. Par rapport à cette proposition, nous permettons une structuration des éléments de départ qui ne sont pas nécessairement des images mais qui peuvent être des éléments structurels de granularité quelconque. Cette prise en compte de la structure hiérarchique nous ouvre des perspectives notamment pour les annotations et la création de résumés de vidéos.

? *EXTENSION DU LANGAGE DE REQUETES*

Un des avantages des SGBD est de proposer un langage de requêtes permettant de retrouver facilement et en un temps opportun un ensemble de données pertinentes. Dans le cas des données vidéo, il est nécessaire de prendre en considération les relations temporelles entre les annotations, ainsi que la structure de ces annotations si l'on considère que les requêtes utilisent ces annotations.

Plusieurs langages de requêtes spécifiques pour les données vidéo ont été proposés. Le langage VIQS [HM94, HMS95] est une extension de SQL où les requêtes de la forme (FIND FROM WHERE) permettent de spécifier quels sont les intervalles de la vidéo à prendre en compte et quelles sont les portions de segments à extraire. Ce travail est très complet sur les aspects navigation mais il part d'une structure de données prédéterminée et ne prend pas en compte les relations temporelles entre les segments. Le langage

VideoSTAR [ACCES96] propose certaines extensions pour prendre en considération les relations temporelles qui sont équivalentes à celles proposées ici. Néanmoins, à notre connaissance cette proposition n'est pas intégrée au système et seul une interface graphique d'interrogation a été réalisée. Nous pensons qu'une approche de type « langage de requêtes » est préférable à une approche graphique pour conserver une approche « bases de données » qui soit cohérente avec les autres types de données.

Nous avons proposé certaines extensions au langage OQL sous la forme de fonctions afin de pouvoir tester les relations temporelles entre les segments. Ces fonctions sont directement inspirées des travaux sur les relations temporelles entre les intervalles définies dans [Allen83] que nous appliquons aux segments vidéo. Par exemple, la fonction *Before* teste la précédence d'un segment par rapport à un autre et la fonction *Overlaps* teste le recouvrement de deux segments.

Afin de nous affranchir de la complexité de la structure des annotations, qui dans notre modèle, sont modélisées sous forme de classes, nous avons proposé certaines extensions au langage OQL qui sont inspirées des travaux sur les expressions de chemin généralisées [CACS94]. Les expressions de chemin généralisées (GPE[5]) ont été proposées dans le contexte des documents afin de permettre une interrogation conjointe du contenu et de la structure et surtout la formulation de requêtes sans connaissance exacte de la structure de données.

Dans notre contexte de données vidéo, cette propriété est particulièrement intéressante. En effet, nous offrons la possibilité de définir des annotations mais ce travail d'indexation n'est pas nécessairement connu par la personne qui écrit la requête. Il est donc intéressant de pouvoir énoncer une requête sans connaissance exacte de la structure de représentation du contenu.

Les éléments introduits par les GPE et utilisés dans notre contexte sont les types *ATT* et *PATH*. Une valeur du type *ATT* représente un attribut et une valeur du type *PATH* représente un chemin d'accès à travers la structure des objets et valeurs complexes. Les types *ATT* et *PATH* possèdent leurs propres variables et opérations de base. Les variables d'attributs sont préfixées par # et celles de chemin d'accès par @. Ces variables sont utilisées comme des expressions de chemin généralisées. Nous utilisons également le raccourci syntaxique (..) qui exprime l'utilisation de n'importe quel chemin pour accéder à un attribut d'une classe à partir d'un autre attribut. La variable

[5] Generalized Path Expression

attribut #Attr qui peut être instanciée par n'importe quel attribut. Nous donnons maintenant trois exemples de requêtes représentatives des possibilités offertes par ces extensions temporelles et structurelles.

Exemple 1 : Quelles sont les scènes de vidéos où Marion apparaît ?

```
Select S
From Videos{V}..scene(S), Annotations{A}, S..segment(I)
Where "Marion" in A.keywords and During(A.segment, I)
```

Nous partons de la classe Vidéo pour atteindre toutes les scènes S de la vidéo. Nous analysons tous les segments I qui sont annotés dans la scène courante *S* et pour chaque segment nous regardons si « Marion » fait partie des mots clés. Les GPE permettent de spécifier précisément le type d'élément de structure à extraire. Dans cet exemple, nous sommes intéressés uniquement par les scènes. Néanmoins, si Marion apparaît dans un élément de structure d'un niveau inférieur (par exemple un plan), la scène correspondante est sélectionnée.

Exemple 2 : Quelles sont les séquences de vidéo où Marion apparaît et où elle est en vacances

```
Select S
From Videos{V}..sequence(S), S.segment(I), Annotations{A}..subject(SB)
Where "Marion" in A.keywords and SB= "vacances" and During(A.segment, I)
```

Ce deuxième exemple, montre comment référencer des attributs de classes définis par l'utilisateur tel que l'attribut *subject*. Le point de départ reste la classe *Annotations* et l'expression de chemin généralisée permet de dire que nous souhaitons accéder à un attribut *subject* sans donner explicitement le parcours nécessaire pour y accéder. La seule contrainte imposée par notre schéma d'annotations est que cet attribut *subject* soit défini dans une sous-classe de la classe Annotation.

Exemple 3 : Créer une vidéo constituée de tous les segments concernant la ville de Grenoble

```
Union (     Select I
            From Videos{V}.segments(I), Annotations{A}..#Attr(x)
            Where x = "Grenoble" and equal(A.segment, I))
```

Dans cette requête, nous cherchons tous les segments atteignables à partir d'une vidéo V. Nous sélectionnons tous les segments qui possèdent 'Grenoble' comme valeur de l'un des attributs descriptifs. Cet attribut doit pouvoir être atteint à partir d'un objet *Annotation* et obligatoirement de type *string*. La variable *#Attr* est une variable attribut qui est instanciée durant l'évaluation de la requête avec le nom et le type de chacun des attributs atteignables. L'opérateur Union possède la même sémantique que dans les travaux sur la vidéo algébrique [WDG95].

Nous n'avons présenté ici que trois requêtes montrant l'originalité de notre approche. Ces propositions sont des extensions du langage OQL et il est évidemment possible de poser des requêtes « classiques » en OQL. De plus, l'approche proposée ici permet de construire dynamiquement des vidéos. En fonction de la taille de la base de données, ces vidéos peuvent être d'une durée prohibitive. C'est pourquoi, nous avons proposé un moyen de réduire la taille de vidéos en créant des résumés de vidéos.

? *RESUMES DE VIDEOS*

Par nature, une vidéo possède une certaine durée proportionnelle à sa taille. La recherche d'un segment particulier à l'intérieur d'une vidéo ou d'un ensemble de vidéos nécessite donc pour l'utilisateur un temps de recherche qui peut être prohibitif. Il est patent que les mécanismes d'avance rapide proposés par les magnétoscopes ou autres outils de visualisation ne suffisent pas. La digitalisation de la vidéo a ouvert certaines possibilités dont l'objectif est d'extraire les segments représentatifs ou images clés d'une vidéo. La plupart des travaux existants [LPE97, DKD98, MM97] visent à réduire la taille d'une vidéo en utilisant soit la suppression aléatoire d'images, soit la sélection d'images possédant des propriétés caractéristiques telles que la couleur et la texture, ou de segments vidéo particuliers tels qu'un segment lors duquel un zoom a été effectué.

Notre approche diffère des approches précédentes dans le sens où nous considérons un résumé de vidéo comme une vidéo virtuelle construite à partir des éléments suivants :

? La **source** : comme pour toute autre vidéo virtuelle, il est possible de créer un résumé de plusieurs vidéos en utilisant les différentes annotations. L'utilisateur peut donc spécifier son domaine d'intérêt.
? La **durée** : l'utilisateur détermine la durée souhaitée du résumé et c'est cette durée qui détermine la taille du résumé.

? La **structure** : la connaissance de la structure et la durée de chaque élément est un point important pour créer un résumé. Le résumé doit être le reflet de la vidéo et les résumés des éléments de structures doivent respecter les durées proportionnelles initiales.
? La **granularité** de structure : un résumé est a priori construit en extrayant les segments représentatifs mais il est possible d'extraire les scènes ou les séquences représentatives.
? La **pertinence** : nous nous appuyons sur les coefficients de pertinence spécifiés par l'expert pour déterminer les éléments à extraire en priorité.

A partir de ces éléments, nous avons proposé un algorithme qui détermine les segments à extraire. Le principe général de cet algorithme est le suivant.

Etape 1 : Exécuter la requête afin de déterminer la vidéo virtuelle à partir de laquelle le résumé doit être réalisé. Cette étape retourne l'ensemble des segments candidats avec pour chaque segment une pondération qui exprime la relation entre le segment et le but recherché. En terme de recherche d'information cette pondération est l'expression de la distance entre la requête et le but [VanRijsbergen79].

Etape 2 : Calcul du facteur de résumé qui est la combinaison linéaire de trois facteurs : la pondération calculée lors de l'étape précédente, la durée proportionnelle de chaque segment et la pertinence du segment. La durée proportionnelle de chaque segment est calculée par rapport à sa position dans la structure hiérarchique. Par exemple, nous attribuons à une scène SC1 définie sur une séquence SQ1, une valeur en fonction de la durée proportionnelle de SC1 par rapport aux autres scènes de la séquence SQ1 et de la durée de SQ1.

Etape 3 : Calcul de la durée de chaque segment à extraire et ordonnancement des segments les uns par rapport aux autres.

A partir de cet algorithme, nous avons proposé une interface de navigation sur une vidéo (Figure 3). Cette interface permet de visualiser une vidéo dans sa globalité et de choisir dynamiquement de réduire ou d'augmenter la durée de la vidéo. Le panneau central visualise la vidéo en cours de présentation. Nous avons situé en dessous de ce panneau les contrôles sur la durée de la vidéo qui permettent d'allonger ou de diminuer ce temps par un facteur de 2. Respectivement à gauche et à droite se trouvent les indications sur les durées réelles (par rapport à la vidéo initiale) et effectives (par rapport au résumé) de la partie située avant et après l'image. L'addition de RTS et de

RTE donne la durée réelle de la vidéo (ici 5'30). L'addition de ATS et de ATE donne la durée du résumé (ici 1'23). La différence entre le calcul théorique (application d'un facteur de 4) et le calcul réel est due à l'algorithme de création des résumés qui tient compte de différents facteurs tels que la compression ou le temps minimum de durée d'un segment pour la perception humaine[6]. En dessous, du tableau de bord de type magnétoscope se trouvent les premières images des séquences et scènes suivantes ou précédentes. Ces images sont actives et leur activation via un clic souris permet de visualiser directement la scène ou séquence suivante ou précédente.

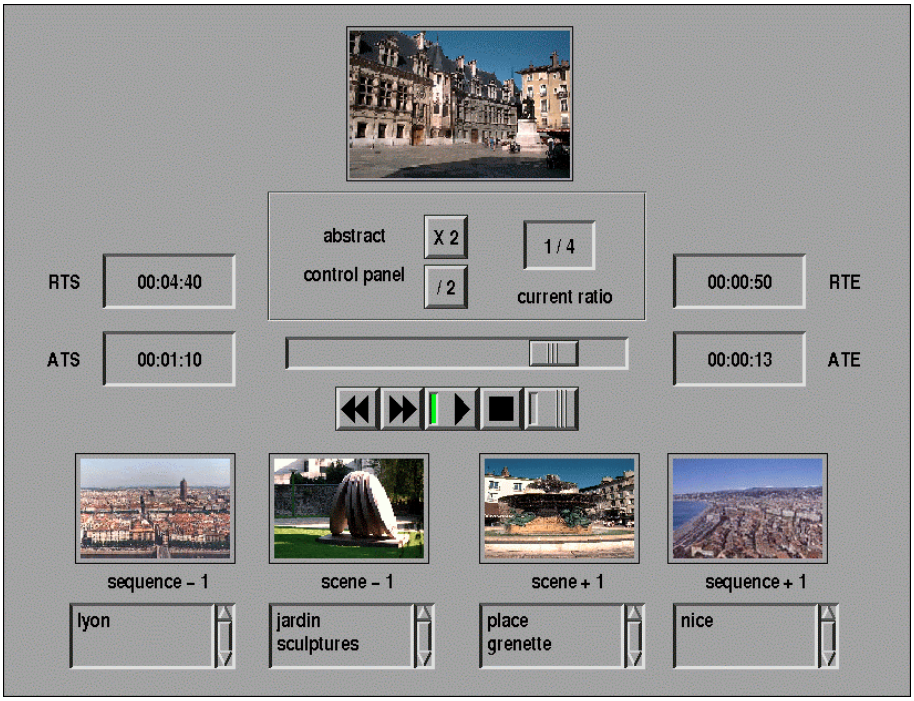


Figure 3. Interface pour la création dynamique de résumés vidéo

Les mots clés sous chaque image fournissent une information textuelle attachée à chaque élément (scène ou séquence).

Cette création de résumés vidéo et l'approche proposée sont inspirés des travaux effectués dans le domaine de la recherche d'information [KPC95, SSMB97]. En effet, les travaux effectués sur les données textuelles peuvent être appliqués au niveau de la modélisation et de l'extraction de connaissances. Néanmoins, contrairement à du texte

[6] Ce temps a été évalué à 3.5 secondes pour que l'image soit entièrement traité par le cerveau.

où il est possible de créer un nouveau document synthétique, il est difficile d'envisager actuellement la création de nouvelles images ou segments et le travail sur la vidéo se concentre sur l'extraction d'images existantes. Cependant, les avancées en terme d'images de synthèse et de réalité augmentée autorisent à penser que de telles approches devraient pouvoir être entreprises prochainement.

Bilan

Nous avons présenté différents résultats de nos recherches sur l'intégration des données vidéo dans un SGBD à objets. Les différentes propositions sont faites selon une approche qui respecte à la fois la « philosophie » des SGBD et la « philosophie » objet.

L'intérêt majeur d'une approche objet pour ce type de problématique est la possibilité de construire une bibliothèque directement utilisable et de donner des possibilités d'extension. Du point de vue de la modélisation, l'approche objet permet de considérer différentes vues sur une vidéo physique. Un objet représente la vidéo physique qui est un objet volumineux et qui pourra être traité de manière spécifique. Différents objets que nous avons appelés « vidéos virtuelles » représentent des vues de cette vidéo physique ou la combinaison de différentes vidéos.

Nous considérons l'objet comme un moyen de diffuser différentes vues d'une même entité qui est, en l'occurrence, la vidéo. Plus précisément, nous offrons aux futurs utilisateurs différentes classes attachées aux différents concepts. Il est ainsi possible de naviguer à travers la représentation physique, structurelle, sémantique ou de composition d'une vidéo. Les méthodes définies dans ces classes modélisent les comportements associés. Ainsi, la ré-utilisation et l'extensibilité sont permises dans un cadre qui respecte les définitions du modèle.

Du point de vue système, la vidéo nous a posé plusieurs problèmes pour l'adressage exact et l'extraction de segments vidéo. Plusieurs problèmes n'ont pas été traités tels que la gestion des mémoires tampons et la qualité de service. Néanmoins, les extensions réalisées permettent d'offrir un cadre de développement d'applications manipulant la vidéo satisfaisant et des démonstrations ont été réalisées à plusieurs occasions [Lozano97, LAMM98].

Le travail présenté ici est intégré avec les travaux sur les présentations multimédias présentés précédemment. La donnée vidéo et toutes les possibilités proposées ici sont développées dans le même environnement. Du point de vue de la vidéo, cela permet

notamment de jouer différentes vidéos en parallèle ou de distribuer les vidéos sur un réseau. Une vidéo virtuelle peut être ainsi construite à partir de vidéos issues de différents serveurs.

De manière plus générale, les travaux actuels sur les données vidéo tendent à généraliser les recherches réalisées dans d'autres domaines tels que le traitement d'images, les documents multimédias, la recherche d'information ou les bases de données temporelles. Cependant, seul une synergie entre ces domaines permettra d'atteindre l'intégration de la vidéo. Nous avons, pour notre part, initié une collaboration avec des collègues travaillant sur les bases de données temporelles qui est présentée dans [DLFMS00b]. Une discussion plus détaillée sur la notion de granularité est proposée dans [DLFMS00a].

Parmi les pistes de travail possibles, une piste me semble particulièrement intéressante : comment étendre les résultats obtenus sur la vidéo à d'autres types de données ayant des besoins d'indexation et de structuration ? Les présentations multimédias sont par exemple des données qui possèdent ce type de besoin et qui bénéficieraient d'une indexation et d'une structuration aussi évoluées que celles proposées pour les données vidéo.

Les principaux aspects présentés ici sont détaillés dans [LM00] pour le modèle vidéo, dans [LM98] pour l'utilisation des expressions de chemin et enfin dans [ML00a, ML00b] pour le travail sur les résumés.

III. SGBD multimédias et Web

La seconde partie de ce document est dédiée au lien entre SGBD et Web. Ce travail a été suscité par la révolution provoquée par le Web sur la publication électronique de données. En effet, le Web tend à dépasser aujourd'hui largement le cadre de la publication électronique de documents pour devenir un environnement permettant d'accéder, de partager et de gérer différents types de données sur un réseau. Bien que cette vision soit quelque peu idéaliste, l'évolution de HTML vers XML va dans ce sens.

Les recherches que nous avons réalisées dans le domaine des bases de données et du Web ont été effectuées dans le cadre de cette évolution des documents vers les données. Nous avons au départ utilisé la technologie Web pour sa simplicité et sa convivialité pour ensuite nous intéresser à la gestion des données au travers du Web. C'est cette démarche que retrace cette partie du document, en commençant par la présentation d'une activité contractuelle sur les systèmes d'information pour les risques naturels. Nous présentons ensuite deux travaux de recherches suscités par ce contrat. Le travail sur la définition d'un modèle de processus pour le Web réalisé dans le cadre du projet de DEA de Marlène Villanova, co-encadré ave Noureddine Belkhatir de l'équipe ADELE du LSR-IMAG, et le travail réalisé en coopération avec Philippe Mulhem du laboratoire CLIPS-IMAG sur la création dynamique de présentations pour le Web.

Le contrat sur les systèmes d'information pour les risques naturels marque également une évolution de notre thématique de recherche vers les systèmes d'information multimédias. Nous limitons volontairement ici la vision du système d'information à sa composante informatique car les caractéristiques socio-économiques et organisationnelles d'un système d'information dépassent largement le cadre de ce travail.

La composante informatique d'un système d'information peut être définie comme un ensemble de logiciels permettant de grouper, stocker, gérer, analyser et interroger des grandes masses de données multimédias relatives à un même domaine d'application et distribuées sur un réseau tel que le Web. Par abus de langage, nous confondons souvent le système d'information et le système informatique opérationnel.

Cette vision du système d'information implique la prise en compte de diverses catégories d'utilisateurs et l'intégration de différents logiciels tels que les systèmes de gestion de bases de données ou les systèmes d'information géographiques. Cet

élargissement de notre thématique de recherche aux systèmes d'information ouvre de nombreuses perspectives et nous avons abordé ce domaine en suivant une démarche scientifique similaire à celle suivie sur les SGBD multimédias. Cette démarche de recherche consiste à s'appuyer sur deux caractéristiques des SGBD :

1. La possibilité de modéliser la connaissance à différents niveaux d'abstraction en utilisant un langage tel que le langage UML pour spécifier différentes propriétés de l'information et un modèle tel que le modèle objet pour la réalisation.
2. La possibilité d'utiliser un langage assertionnel ou déclaratif afin d'exprimer des besoins d'information indépendamment de la satisfaction de ces besoins.

En nous appuyant sur ces propriétés, nous faisons donc certaines propositions en tentant de montrer comment l'application de cette démarche permet de mettre en œuvre des systèmes d'information multimédias.

III.1. Système d'information pour les risques naturels : le projet SIRVA

Contexte du travail

L'informatique est devenue omniprésente dans l'étude et la prise en compte des risques naturels. De nombreuses expériences ont démontré les bénéfices liés à l'utilisation de l'informatique pour répondre à différents besoins tels que la modélisation, l'inférence, le calcul numérique et la prévision des phénomènes [KGP96].

Dans le cadre d'un accord contractuel avec la division ETNA du CEMAGREF de Grenoble et l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE) de Lyon, nous avons tout d'abord recensé et analysé les différents travaux appliquant soit des résultats de recherche en informatique, soit une technologie informatique de pointe au domaine des risques naturels [MAMFC97]. Cette étude a donné lieu à plusieurs conclusions :

1. L'informatique était très utilisée par des organismes ou équipes de recherche pour modéliser des phénomènes de type éboulement, inondation ou avalanche. En revanche, elle n'intervenait que très ponctuellement dans les services opérationnels de l'Etat pour la gestion du risque.
2. Cette situation amenait un décalage remarquable entre le possible et le réel, c'est-à-dire entre les avantages susceptibles d'être amenés par l'informatique et la gestion au quotidien des risques naturels.

3. Seul un effort pour réunir des compétences, actuellement disséminées entre les équipes de recherche dans le domaine du risque, les chercheurs en informatique et les services opérationnels permettrait à terme de produire des résultats satisfaisants et notamment d'envisager la construction de véritables systèmes d'information pour les risques naturels. Ces systèmes sont particulièrement intéressants dans le contexte de la gestion et la prévention des risques naturels car ils représentent une mémoire collective de ce qui s'est passé et permettent de fédérer différentes sources de connaissances. Ils améliorent la connaissance des phénomènes et des mécanismes, permettent d'enregistrer les événements en temps réel, d'extraire rapidement certaines données répondant à des besoins spécifiques et d'établir des prévisions à court, moyen et long termes.

La technologie existante aujourd'hui offre déjà de nombreuses possibilités pour concevoir des systèmes pour l'analyse et la prévention des risques naturels. Ces derniers doivent faire coopérer des systèmes spécifiques hétérogènes, faciliter leur utilisation par des acteurs variés : spécialistes du traitement des risques, personnels des collectivités territoriales, experts informatiques, ... De plus, les systèmes doivent prendre en considération l'existence de sources hétérogènes accessibles via les réseaux et le Web en particulier. C'est dans le but de promouvoir de tels systèmes que l'appel d'offres du contrat de plan état de région a été proposé.

Le projet SIRVA (Système d'Information pour les Risques naturels sur la haute Vallée de l'Arve) était notre réponse à cet appel d'offres et avait pour objectif de permettre de valider l'approche systèmes d'information dans le cadre des risques naturels. Une des contraintes imposées par l'appel d'offres était de proposer un projet de taille réaliste ou reproductible sur une échelle plus grande et réunir les différents acteurs intervenant dans la conception et l'utilisation du Système d'Information. Les partenaires impliqués étaient le CEMAGREF en tant que laboratoire de recherche dans le domaine des risques naturels, le laboratoire LSR en tant que laboratoire de recherche en informatique et notamment en bases de données et systèmes d'information et le RTM Haute-savoie qui est un service opérationnel possédant une fonction liée à la gestion des risques sur le territoire.

Propositions scientifiques

Le système SIRVA est assez représentatif des tendances actuelles en matière de SIG. Par rapport au cahier des charges, il devait prendre en compte les éléments suivants :

1. Les utilisateurs sont répartis géographiquement.
2. Ils doivent partager un ensemble d'informations et opérer sur les informations de manière synchrone ou asynchrone.
3. La communication entre les usagers du système est essentielle et des outils de communication tels que la visioconférence doivent être disponibles.
4. Les matériels et outils logiciels sont hétérogènes (logiciels de simulation, SGBD, SIG) et doivent fonctionner dans des environnements spécifiques tout en communiquant avec l'extérieur.
5. Les données manipulées sont des données scientifiques, réglementaires ou cartographiques et donc par nature multimédias.
6. La cohérence des informations est essentielle car la confiance en un tel système est vitale vu le caractère sensible du domaine d'application.

Nous avons commencé par faire le recensement des sources d'informations puis une spécification des besoins, des données, des acteurs et de leurs rôles en utilisant le langage UML qui fait de plus en plus figure de standard dans le monde des systèmes d'information. Toutes les informations capitalisées dans le système d'information actuel ont été analysées et définies selon différentes approches (structure, organisation, fonctionnalité, …).

D'un point de vue recherche, nous avons étudié différentes méthodes de modélisation telles que Merise, SADT, OMT [Rumbaugh95] et UML qu'il était possible d'utiliser dans ce contexte particulier. Nous avons choisi d'utiliser le langage UML non seulement pour structurer les données mais aussi pour concevoir un site Web. Au moment où a été réalisé ce travail, il existait encore peu de réflexions sur la conception d'un site Web. Dans un projet à taille réaliste comme celui-ci, la précision dans la définition des entités ainsi que la spécification des domaines d'information accessibles sont des éléments essentiels quant à l'utilisation du système. Il convenait donc d'utiliser une méthode ou un langage permettant cette précision et cette finesse de modélisation. Cette démarche, basée sur UML, a été validée lors d'une réunion de présentation du projet à des utilisateurs allant de l'expert informatique au maire d'une commune.

Parallèlement à ce travail, nous avons testé différentes technologies allant de l'utilisation d'applets Java à l'utilisation de logiciels propriétaires tel que Oracle Web Server. C'est cet outil qui a été choisi pour la réalisation. Le choix d'une architecture relationnelle et plus spécifiquement du SGBD Oracle était imposé par nos partenaires,

mais il est probable qu'une architecture à objets permettrait de faciliter les éventuelles extensions du système.

Cet aspect du contrat était plus lié à un travail de modélisation et développement d'applications qu'à une véritable activité de recherche. Néanmoins, cela nous a permis de mettre en évidence certains manques de la technologie actuelle qui sont présentés ci-après.

Nous avons ensuite effectué un travail important pour la mise en place effective de la base de données. Ceci regroupe à la fois l'intégration de données multimédias (images, textes) et de données scientifiques.

Cette phase du travail a permis notamment de mettre en évidence la difficulté de récupérer des données anciennes. Il est nécessaire que le système soit très flexible afin de permettre la collecte d'informations incomplètes et ouvert afin de référencer des données se trouvant sur différents supports. Cette thématique relative aux données historiques qui a été abordée dans le cadre du projet SIRVA fait actuellement l'objet d'un contrat européen ESPRIT nommé SPHERE. Ce projet est présenté dans la dernière partie de ce document car nous sommes fortement impliqués dans celui-ci pour les trois années à venir.

Les aspects cartographiques, essentiels dans le contexte des risques naturels, ont été étudiés. Nous avons proposé des outils permettant la visualisation pour les cartes via le Web, la définition de zones géographiques, la spécification et la mise en œuvre de liens sémantiques entre ces zones géographiques et l'information contenue dans la base de données et enfin la réalisation de liens entre différentes cartes. Ces travaux ont globalement atteint leur objectif mais de nombreux problèmes liés à la cartographie largement abordés dans les SIG restent ouverts : problèmes liés aux aspects multi-échelles, problèmes liés à la représentation du 3D, problèmes de performances et de sécurité pour la mise en réseau, … De plus, les solutions proposées par les SIG sont des solutions propriétaires qui posent un problème d'accessibilité (licence) et figent les utilisations, ce qui n'est pas souhaitable dans un environnement tel que SIRVA où l'on doit par exemple pouvoir coupler le système avec des logiciels de simulation issus de la recherche. De plus, le format hétérogène des cartes ne facilite pas cette tâche. Certaines cartes sont vectorisées alors que d'autres cartes ne sont même pas disponibles en format bitmap. Dans le premier cas, il faut donc essayer d'extraire l'information des fichiers en format propriétaire (type format ArcInfo) et dans l'autre cas il est nécessaire d'acquérir des formats digitaux soit par simple digitalisation via un scanner, soit par une phase

complexe de vectorisation. Notons qu'il existe certains consortiums tels que SLOGIC[7] et UCGIS[8] qui s'intéressent à l'échange et au partage de données digitales et qui vont dans le sens d'une plus grande ouverture des systèmes d'information géographiques.

Bilan

Le projet SIRVA a permis de jeter les bases des futurs systèmes d'information pour les risques naturels en utilisant une approche méthodologique rigoureuse et en se basant sur les nouvelles technologies associées à l'Internet.

Les conclusions qui peuvent être apportées à ce projet peuvent différer en fonction de la perspective dans laquelle nous nous plaçons.

D'un point de vue contractuel, on peut dire que le projet a atteint ses objectifs. Le système SIRVA permet de rendre compte clairement de ce que peut être un système d'information sur les risques naturels dans un environnent distribué. Différentes informations cartographiques, textuelles, scientifiques et réglementaires ont été regroupées au sein d'un même système. Différents accès sont possibles en fonction du profil de l'utilisateur. Les mises à jour et les consultations peuvent se faire à distance. La modélisation des données peut être effectuée dans d'autres contextes avec une capitalisation certaine du travail réalisé dans SIRVA.

Au niveau de notre participation au projet, nous dressons un bilan extrêmement positif de cette collaboration. Ce travail a notamment permis de mettre en évidence les forces et faiblesses de la technologie actuelle :

? La technologie Web ouvre effectivement de nombreuses perspectives mais il est nécessaire de proposer des méthodes pour spécifier et contrôler la cohérence des processus d'utilisation de tels systèmes.
? Le lien entre les Systèmes de Gestion de Bases de Données et le Web est nécessaire dans de telles applications où les données doivent obligatoirement être modélisées et organisées, et stockées dans un contexte « bases de données ».
? Les SGBD doivent être étendus notamment pour prendre en considération de façon plus appropriée les données multimédias. Le projet SIRVA donne deux exemples allant dans ce sens. Le premier exemple concerne les règlements saisis sous la forme

[7] http://www.slogic.org/

[8] http://www.ucgis.org/

de documents HTML et qui n'ont pu être véritablement intégrés à la base de données. Les documents HTML sont référencés par la base de données mais le contenu n'est pas modélisé à cause de la difficulté qu'il y aurait eu à modéliser à un niveau fin et à générer les règlements. Une telle intégration permettrait notamment une interrogation plus fine des extraits de règlements. Un autre exemple concerne la cartographie où il a fallu intégrer des données brutes. Les cartes vectorisées peuvent évidemment être gérées par des SIG mais dans de nombreux cas (cartes PPR par exemple) cette numérisation n'existait pas. Il est donc nécessaire de proposer des modélisations et outils plus simples pour répondre à ce type de besoin.

? Les formats propriétaires tels que ceux proposés pour la cartographie par des logiciels type Arc Info[9] ou MapInfo[10] ont l'avantage d'être fournis avec une palette d'outils professionnels. Néanmoins, dans de tels projets il est souvent nécessaire d'aller plus loin que ce qui est proposé et cela nécessite des développements coûteux en temps et pas nécessairement pérennes dans le temps. Il est donc probable que la cartographie bénéficierait de formats de données plus ouverts permettant de faciliter les futures adaptations et extensions. Cependant, des produits comme GEOMEDIA 4.0[11] permettent une certaine interopérabilité entre les principaux SIG du marché et les consortiums tels que SLOGIC et UCGIS travaillent dans ce sens.

? La méthode de modélisation proposée par le langage UML convient parfaitement à ce type de développement où le système doit être envisagé selon des perspectives diverses. La présentation de Chamonix en juin 1988 devant des utilisateurs de différents horizons a permis de démontrer la cohérence et la visibilité de la modélisation.

Au niveau de l'utilisateur final, en l'occurrence le RTM, les conclusions peuvent apparaître plus mitigées. En effet, même si le système laisse entrevoir des perspectives intéressantes, il n'en demeure pas moins à l'état de prototype et l'utilisation effective d'un tel système au quotidien de façon opérationnelle nécessite encore de nombreux efforts. Un des principaux obstacles à cette utilisation est la difficulté d'intégrer les données issues du passé et nécessaires aux décisions d'aujourd'hui à l'intérieur du système.

La dernière remarque sur l'utilisation effective de SIRVA suscite différents commentaires. Le premier est assez simple, le but initial du projet n'était pas la mise en

[9] http://www.esri.com/

[10] http://www.mapinfo.com/

[11] http://www.intergraph.com/geomedia/

place effective et opérationnelle d'un système d'information pour les risques naturels dans la haute vallée de l'Arve. Il est évident qu'un tel travail dépasse le cadre du projet en termes de temps et de moyens. Comme nous l'avons souligné, la récupération des données issues du passé nécessite beaucoup plus qu'un simple recensement, elle nécessite une véritable analyse a posteriori qui peut déboucher sur des incohérences, des exceptions ou des incomplétudes difficiles à prendre en compte dans les systèmes d'information.

Un tel système pour être opérationnel doit pouvoir être pris en charge par une structure spécialisée à la fois en informatique et dans les risques naturels. En effet, la gestion d'un tel système nécessite une personne à plein temps afin d'assurer le travail technique mais également l'évolution du système. Ce dernier point est important pour fidéliser et assurer la confiance des usagers du système. Nous sommes en train via la Régie de Gestion des Données du département de la Haute Savoie (RGD'74) d'assurer le transfert des résultats obtenus dans SIRVA pour une exploitation directe par différents services (mairies, pompiers, EDF, …). Ceci est sans nul doute un succès pour le projet et une réussite pour toutes les personnes ayant collaboré à celui-ci.

Le système d'information SIRVA est à l'heure actuelle une plate-forme d'expérimentation idéale et nous souhaitons continuer à utiliser SIRVA pour d'autres expérimentations, notamment pour démontrer les apports des nouvelles technologies. Nous souhaitons en particulier poursuivre sur les aspects cartographie et multimédia particulièrement importants dans le domaine des risques naturels et qui sont en pleine évolution.

L'expérience du projet SIRVA a permis d'identifier certains points de recherche tels que le traitement des données hétérogènes, la distribution des données et des capacités de traitement, le besoin d'offrir des mécanismes de réutilisation ainsi que le maintien de la cohérence et de la sécurité des systèmes d'information. Ces sujets de recherches n'ont pas tous été abordés et constituent des éléments essentiels dans l'élaboration de mon projet de recherche actuel.

D'un point de vue diffusion scientifique, il est clair que le caractère opérationnel du projet ne se prêtait pas à une large diffusion dans le monde de la recherche en informatique. Néanmoins, le projet a été choisi pour être présenté dans la revue annuelle « Perspectives Scientifiques » du CEMAGREF de l'année 2000. De plus, nous

organisons un colloque[12] sur Systèmes d'Information et Risques Naturels à Grenoble les 28 et 29 septembre 2000. Ce colloque devrait permettre de réunir les personnes impliquées dans des recherches et des projets autour de cette thématique.

III.2. Modèle de processus logiciel pour applications multimédias

Contexte du travail

Ce travail a été effectué en 1999 dans le cadre du travail de DEA de Marlène Villanova en collaboration avec Noureddine Belkhatir de l'équipe ADELE du LSR-IMAG dont le domaine de recherche est les ateliers de génie logiciel. Nous avons proposé ce sujet de recherche afin de répondre à des besoins très concrets des concepteurs de systèmes d'information qui avait été mis en évidence dans le cadre du projet SIRVA.

1. Comment spécifier des activités complexes dont la durée peut varier entre quelques minutes et plusieurs jours ?
2. Comment spécifier des propriétés telles que « activité optionnelle » ou « activité pouvant être substituée à une autre activité ».
3. Comment, en utilisant le Web comme support d'exécution et moyen de communication, s'assurer qu'une démarche définie au préalable soit effectivement suivie ?

D'un point de vue plus général, une démarche peut se définir comme un ensemble d'activités reliées par des relations de composition, des relations temporelles ou des relations de substitution. De plus, l'administrateur du système d'information doit pouvoir s'appuyer sur les technologies multimédias et pouvoir mettre en œuvre un environnement flexible. Il est évident qu'une telle problématique dépasse largement le cadre d'un DEA et nous avons ici essentiellement cherché à étudier comment la technologie des bases de données multimédias et celle du génie logiciel pouvaient contribuer à faire évoluer les systèmes d'information dans ce sens.

La plupart des travaux de recherche dans le domaine des systèmes d'information multimédias [CK95, MS95, BK99, BFS99] sont principalement centrés sur la gestion et le partage de documents. La problématique posée dans le travail présenté ici consistait à définir un modèle et un cadre général pour le guidage et le contrôle des utilisateurs d'un

[12] http://same.grenoble.cemagref.fr/public/sirnat/

système d'information utilisant le Web et était donc plus en rapport avec les travaux réalisés dans le contexte du génie logiciel [DKW99].

Par rapport à ces travaux, nous nous sommes fixés trois contraintes :

1. Le Web devait servir de support pour le contrôle du processus. Cette contrainte vise à prendre en considération l'évolution naturelle des systèmes d'information pour qui la diversité et la pluralité des utilisateurs, souvent géographiquement distants, rend cette technologie incontournable à l'heure actuelle.
2. Le système devait être suffisamment flexible et interactif pour être utilisable dans des applications sensibles telles que celles sur les risques naturels. Il est clair que, comme nous le disions en préambule, ce travail a été suscité par nos travaux sur les systèmes d'information pour les risques naturels et que l'un des objectifs était de pouvoir proposer des solutions sur ce problème à nos partenaires.
3. Le temps devait être pris en compte et notamment les contraintes temporelles de synchronisation entre les activités. Cette contrainte impose une spécification fine des relations temporelles entre les activités. Les processus liés aux systèmes d'information sont souvent longs et nécessitent une spécification claire des propriétés temporelles (durée, condition de déclenchement ou date d'arrêt d'une activité).

Propositions scientifiques

Nous avons choisi une approche processus qui nous paraissait plus adaptée qu'une approche workflow qui est à l'origine plus centrée document. Nous avons proposé un modèle de processus ainsi qu'un environnement afin de permettre le contrôle des processus d'utilisation de même que l'utilisation d'outils multimédias tels qu'un outil de visioconférence assurant une communication synchrone entre différents utilisateurs du système. Le modèle de processus défini reprend plusieurs concepts du domaine des processus logiciel tels que processus, activités, données, acteurs, rôles et ressources. Par rapport à l'existant, le modèle proposé met l'accent sur les caractéristiques temporelles. Ainsi, un processus est défini comme une entité organisatrice qui détermine un ensemble d'activités et spécifie les relations temporelles entre ces activités. L'organisation des activités à l'intérieur du processus est définie en utilisant des opérateurs temporels directement inspirés des travaux sur le multimédia et notamment les travaux présentés dans le chapitre précédent que nous avions effectués sur cette thématique.

D’un point de vue fonctionnel, nous avons envisagé l’utilisation du système de la même manière suivante : un utilisateur se connecte avec un objectif qui peut être un objectif de consultation ou de mise à jour et le système doit lui permettre à la fois d’exprimer son objectif, de le guider dans sa démarche et d’assurer la validité de celle-ci par rapport au monde extérieur (autres utilisateurs, contraintes d’intégrité sur les données, notification, …). Il s’agit donc de déterminer les scénarios du système d’information. De même que pour le multimédia, une démarche déclarative dans l’expression des besoins et des contraintes autorise une plus grande flexibilité.

Nous avons donc proposé différents opérateurs entre les activités tels que Meet(A, B, d) pour exprimer un enchaînement séquentiel avec un délai d déterminé ou Start(A, B, d) pour définir deux activités parallèles A et B avec un délai d. D’autres opérateurs tels que Subst(A, B,d) pour exprimer le déclenchement d’une activité de substitution en cas de non-réalisation d’une autre activité ou Replay(A, x) permettant de spécifier une activité récurrente telle que l’envoi automatique d’un mail tous les x jours pour une notification quelconque ont également été définis.

De même que pour nos bibliothèques digitales réalisées pour le multimédia, nous avons défini une bibliothèque de composants permettant l’utilisation et surtout la réutilisation des éléments développés dans ce contexte.

Nous avons également proposé un outil intégré sur le Web permettant la traçabilité des processus.

Bilan

Ce travail a tout d’abord permis de faire le parallèle entre plusieurs domaines tels que les systèmes d’information, processus logiciels ou multimédias. D’un point de vue scientifique, il nous a permis de mettre en évidence certaines faiblesses des méthodes ou langage de modélisation type UML.

Ce travail nous a été inspiré par nos activités dans le domaine des risques naturels. Nous étudions aujourd’hui la possibilité d’adapter ce travail dans le contexte de l’enseignement à distance qui est le domaine d’application choisi dans le projet STIMULI qui se déroule dans le cadre d’une coopération que nous avons mise en place avec le Brésil et qui est soutenue par le CAPES/COFECUB.

Par rapport à nos activités contractuelles, ce travail a permis de mettre en évidence certaines caractéristiques essentielles pour les systèmes d'information sur les risques naturels du futur. En effet, ce type d'application nécessite conjointement une rigidité dans la démarche et une flexibilité dans l'utilisation. L'intégration au niveau du système d'information d'outils de communication tels que la visio-conférence ou l'envoi automatique de courriers électroniques constitue également des éléments novateurs pour la mise en œuvre de ce type de systèmes.

Les perspectives de ce travail se situent au niveau d'une réflexion plus globale sur les systèmes d'information. Le modèle et l'outil proposés dans le cadre de ce travail ne constituent qu'un embryon de solution au problème crucial de l'utilisation des systèmes d'information. Nous sommes en train de mettre en place, via les réponses à deux appels d'offres de la région et du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, une réflexion plus approfondie avec un laboratoire de sociologie (Centre de Sociologie des Représentations et des Pratiques Culturelles de l'Université Pierre Mendès-France, Grenoble 2) sur cette problématique de l'utilisation des systèmes d'information et des impacts à prendre en compte au niveau du développement.

III.3. Construction automatique de présentations multimédias

Contexte du travail

Ce travail est issu d'une réflexion sur la possibilité d'utiliser les présentations intentionnelles [Martin97] dans le contexte plus général de la création dynamique de pages Web. Il est le résultat d'une collaboration avec Philippe Mulhem du laboratoire CLIPS de l'IMAG.

De nombreux produits commerciaux tels que Oracle Web Server[13], Informix Universal Server[14] ou VersantWeb/VIA[15] assurent une passerelle entre les bases de données et le Web et l'apparition de la technologie Web a eu une incidence certaine sur la technologie bases de données [EKR97, SC98]. Plusieurs travaux traitent de cette thématique et s'intéressent à différents aspects de recherche :

[13] http://www.oracle.com

[14] http://www.informix.com

[15] http://www.versant.com

? Recherche de données sur le Web. Les solutions proposées par les portails tels que Yahoo ou Alta Vista sont basées sur des modèles très simples et principalement sur le nombre d'occurrences d'un terme dans une page HTML. Les travaux issus du domaine de la recherche d'information permettent des recherches plus fines basées sur la sémantique de la recherche plutôt que sur la syntaxe des éléments recherchés. L'expression de requêtes via des langages de requêtes inspirés des bases de données semi-structurées autorisent également des interrogations plus complexes [GW99]. Le domaine de l'extraction de données (orpaillage ou « data mining » offre également des moyens pour extraire et analyser les données accessibles via le Web [Brin98, SF98].

? Optimisation de caches et caches sémantiques. Cet axe de recherche tend à optimiser les accès aux sites Web afin d'améliorer les performances [CRS99]. Il est patent que les travaux sur les mémoires caches issus du domaine des bases de données sont susceptibles de proposer des solutions pertinentes à ce type de problèmes.

? Transactions sur le Web. Plusieurs travaux de recherche s'intéressent à cette problématique [YK98, WCJS97, Billard98]. Nos travaux sur les modèles de processus pour le Web ne visent pas à fournir un modèle de transaction doté des propriétés ACID[16]. Néanmoins, ils montrent clairement un besoin de modularité dans les traitements ainsi qu'un besoin d'expression de la cohérence.

? Présentation de données sur le Web. Il existe de nombreux produits tels que MicroSoft Frontpage[17] pour la création de sites web. Dans la plupart de ces produits, la présentation de résultats de requêtes bases de données se fait via un langage de programmation tel que PL/SQL pour Oracle Web Application Server. Cette solution est peu satisfaisante car elle possède les mêmes inconvénients que le couplage Langage de Programmation/Bases de données c'est-à-dire : manque de déclarativité, obligation d'utiliser des curseurs pour parcourir des collections d'enregistrements ou cohabitation de deux environnements logiciel. Pour éviter ce couplage qui pourrait être qualifié de couplage faible, plusieurs travaux de recherche ont proposé d'inclure des spécifications de présentation à l'intérieur de la requête. Par exemple, le travail sur les TFE (Target Form Expression) présenté dans [SNT97, TN98] s'intéresse à la présentation du résultat de requêtes SQL sous la forme de documents HTML. Les auteurs proposent de modifier l'écriture d'une requête SQL en substituant la clause SELECT par une clause appelée GENERATE HTML. Le séparateur usuel ',' entre les attributs est conservé mais d'autres séparateurs appelés connecteurs sont

[16] Atomicité, Cohérence, Isolation et Durabilité

[17] http://www.microsoft.com/frontpage

proposés pour exprimer des propriétés de présentation. Ce travail est relativement proche de nos propositions dans sa philosophie. Néanmoins, il n'inclut pas la dimension temporelle qui est le point fort sur lequel reposent nos propositions.

D'un point de vue problématique de recherche, nous visons à offrir un environnement conceptuel et logiciel permettant de générer des présentations multimédias sur le Web à partir de spécifications données par un utilisateur dans un contexte de bases de données à objets. Nous souhaitons apporter une solution à la difficulté de maintenir un site Web multimédia. L'originalité du travail proposé repose sur la prise en compte à la fois de l'utilisation d'un langage de requêtes et des caractéristiques spatiales et temporelles des données comme cela est traité par le standard SMIL en cours de définition [W3C98].

Propositions scientifiques

L'environnement proposé repose sur trois composants facilement modifiables : un générateur de présentations qui génère les présentations en utilisant les données stockées dans la base de données ainsi que les informations sur leur type, un langage de définition qui exprime sans ambiguïté la description des présentations et une interface utilisateur qui facilite la spécification des schémas de présentations.

Le modèle de présentation est basé sur la notion de *template* qui représente une unité logique de présentation. Chaque *template* possède un identificateur unique et peut être lui-même composé de plusieurs *templates*. Cette définition récursive permet de définir des présentations complexes à partir de présentations de base et induit une démarche de conception ascendante. Plus précisément, chaque définition de *template* comporte les parties suivantes :

- **Signature** : définition du type des éléments présentés qui peut être, soit un type de base (entier, texte, image, vidéo), soit un type composé (ensemble ou liste), soit une référence à une classe existante.
- **Contenu** : le contenu de la présentation est exprimé en combinant une requête OQL d'accès à la base de données et l'application de *templates*.
- **Synchronisation spatiale** : cette contrainte de synchronisation définit l'organisation spatiale de la présentation du résultat. Des opérateurs permettent d'exprimer les relations spatiales entre les objets à présenter, leurs tailles relatives et des effets de présentation tels qu'un empilement d'objets. Il est ainsi possible de définir une pile d'images occupant le même espace et où seul le sommet de pile est visible à un instant donné.

? **Synchronisation temporelle** : cette contrainte de synchronisation est identique à la formulation des présentations intentionnelles et permet donc d'énoncer les relations temporelles entre les différents éléments de présentation.
? **Synchronisation spatio-temporelle** : nous avons introduit deux contraintes permettant de relier des spécifications temporelles avec des spécifications spatiales. La première contrainte appelée *stk_par** permet de définir des piles d'objets et d'indiquer que les sommets de pile doivent changer simultanément. L'autre contrainte, nommée *stk_ind** assure une certaine indépendance entre les piles.
? **Durée** : spécification de la durée de présentation d'un *template*. Cette durée est particulièrement utile pour limiter le temps de présentation de grandes quantités d'objets.

Dans notre premier article [MM99b], nous avons montré comment appliquer notre modèle à la présentation d'un laboratoire sur le Web. Nous ne nous sommes pas intéressés à l'aspect interface de définition des *templates*. L'objectif était simplement d'introduire une spécification des *templates* nécessaires à la présentation.

Dans un second article [MM00], nous avons fait le lien entre les templates définis dans un style objet et les standards SMIL et XML proposés par le consortium W3. L'architecture que nous avons mise en place est illustrée dans la figure suivante :

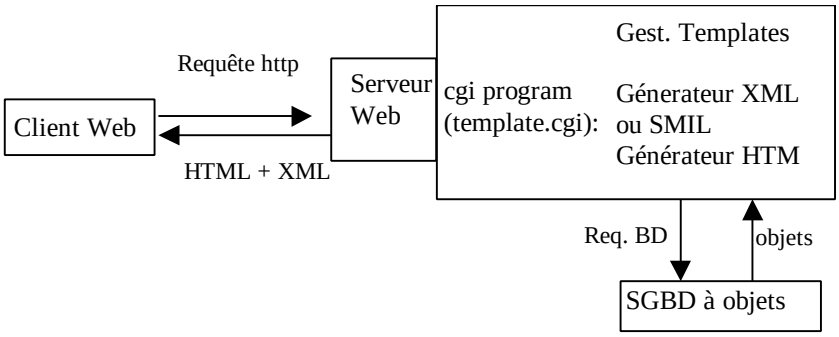


Figure 4 : Architecture de l'environnement

Cette architecture a été testée à la fois en utilisant un générateur SMIL et un générateur XML simplifiés. Nous avons utilisé des navigateurs tels que Soja, Grins et G2 pour SMIL. L'avantage de SMIL est de proposer une gestion de l'espace au travers de la notion de région. Une région est un rectangle qui est décrit par un identificateur, une largeur, une hauteur et les coordonnées du point supérieur gauche par rapport au coin gauche de la zone d'affichage. Cette approche nous a permis de traduire directement en passant d'un positionnement relatif à un positionnement absolu nos contraintes spatiales en SMIL. Le seul problème que nous avons identifié est dû au fait qu'il est impossible

de définir la taille des éléments à l'intérieur d'une région, ce qui amène à des coupures pour les textes ou images trop grands. Nous avons donc pris en compte la taille au moment de la génération pour éviter ce type de problèmes. Le standard SMIL autorise également la définition d'un scénario temporel qui est basé sur des tags qui indiquent s'il s'agit d'une présentation séquentielle, parallèle ou d'une composition. Cela convient parfaitement à notre modèle lorsque le nombre d'éléments à présenter est a priori connu. Pour les contraintes spatio-temporelles faisant intervenir les piles, il est également possible de trouver une traduction en SMIL.

Bilan

Le bilan scientifique de ce travail est tout d'abord une réflexion approfondie sur la nature des relations entre bases de données et Web. Il permet également une ouverture sur les standards XML et SMIL avec notamment une comparaison de ces deux approches pour notre réalisation. Notre apport peut être vu à différents niveaux :

? Les propositions que nous avons faites peuvent être considérées comme des extensions possibles aux standards XML et SMIL pour prendre en compte les collections. Certaines propositions commencent à apparaître sur l'aspect langage de requêtes XML[18].
? D'un point de vue des recherches sur les modèles spatio-temporels, notre approche basée sur les *templates* montre comment garder une spécification sous forme de contraintes pour les propriétés spatiales et les propriétés temporelles tout en référençant des contenus sous forme de requêtes.
? D'un point de vue bases de données, ce travail peut être considéré comme une proposition d'interprétation et de présentation de résultats de requêtes complexes.
? Au niveau « système d'information » et plus spécifiquement gestion de sites Web ce travail permet d'assurer une certaine déclarativité et une mise à jour automatique des présentations.

Ce travail est présenté plus en détails dans deux articles [MM99b, MM00]. Il devrait se poursuivre dans différentes directions. La première concerne une utilisation plus intensive du standard XML que ce soit pour le stockage des composants du document ou par l'utilisation de langage de requêtes tel que LOREL [AQM97] adapté aux documents XML. La seconde extension envisagée concerne la structuration et l'indexation de tels documents en nous inspirant notamment de nos travaux sur la vidéo.

[18] http://www.w3.org/XML/Query.html

IV. Projet de recherche

La dernière partie de ce document présente mon projet de recherche dans le domaine des systèmes d'information multimédias distribués. Ce projet de recherche s'inscrit à la fois, dans la re-structuration de l'équipe STORM et la création de l'équipe SIGMA, ainsi que dans l'évolution thématique relatée dans ce document. Nous commençons par décrire le contexte général de cette recherche, nous spécifions ensuite nos hypothèses de travail et nous terminons par la présentation des axes de recherche que nous souhaitons privilégier.

IV.1. Contexte

L'évolution des SGBD et des technologies multimédias et Web permet aujourd'hui de développer de véritables systèmes d'information multimédias distribués. Cette évolution est en particulier marquée par l'introduction du langage XML qui efface quelque peu les frontières entre données et documents en favorisant la communication d'informations. La plupart des SGBD relationnels comme le SGBD Oracle et des SGBD objets comme le SGBD POET[19] proposent déjà des passerelles vers XML en assurant la persistance de documents XML et en permettant l'exportation de données en format XML.

Néanmoins, le succès du langage XML est loin d'être la solution à tous les problèmes des systèmes d'information multimédias distribués. Pour pallier certains manques, nous assistons à l'arrivée de nombreux outils autour de XML. Divers travaux de recherche sont initiés afin d'étudier l'adaptation de la technologie Bases de Données à XML. Ces travaux concernent notamment les langages de requêtes au-dessus de XML [CCS00, STZ99], la spécification de vues [Abiteboul99, PV00], les contraintes d'intégrité [FS00] et l'optimisation du stockage de documents XML [SYU99, LS00, KM00].

Il est évident que XML ne constitue pas un environnement idéal pour modéliser des documents multimédias dans un contexte plus général allant de l'indexation du contenu à la modélisation de la structure. Néanmoins, le document XML paraît être un support de représentation de l'information de bas niveau intéressant s'il est couplé avec un ou des modèles de niveau d'abstraction supérieur. Il est relativement aisé de représenter en XML des expressions temporelles telles que celles proposées dans la norme SMIL.

[19] http://www.poet.com/products/cms/xml_library/xml_lib.html

Au niveau système d'information, le langage XML permet de véhiculer des documents ou des données au travers du Web, tout en donnant la possibilité d'ajouter des informations sur le contenu. Néanmoins, de nombreux problèmes de recherche restent posés allant de la modélisation du système d'information à son utilisation.

IV.2. Hypothèses

Notre projet de recherche se situe donc au carrefour des systèmes d'information et des bases de données multimédias. Plus précisément, nous fixons principalement deux hypothèses de travail :

? Utilisation systématique du multimédia au niveau des données et également comme moyen de communication.
? Utilisation de technologies issues du Web pour assurer les échanges de données (XML) et la communication entre les usagers du système d'information.

Ces hypothèses recouvrent différents besoins technologiques liés à une problématique plus large de conception et d'utilisation de tels systèmes d'information :

1. Disposer de **modèles** de représentation des connaissances qui doivent être flexibles et à granularité variable. Une variété de modèles est nécessaire pour représenter convenablement toute la richesse des connaissances des divers domaines d'application (systèmes documentaires, SIG, …). Cette variété ne peut être prise en compte par un standard tel que XML. Les systèmes d'information se doivent d'assurer l'interopérabilité entre différents modèles de représentation. La flexibilité du modèle est imposée par les données souvent incomplètes, ainsi que par la nature semi-structurée de ces données qui sont souvent difficiles à intégrer dans un schéma rigide. Sur ce point les travaux autour de XML et les récents travaux sur les données semi-structurées constituent de réelles avancées. Les modèles doivent offrir des facilités pour exprimer des connaissances à différents niveaux.
2. Disposer de **démarches** qui permettent de concevoir des systèmes d'information multimédias distribués. Ces démarches doivent guider le choix d'environnements logiciel adéquats : stockage de l'information, spécification de différents niveaux d'information, prise en compte de différents cas d'utilisation. Ces caractéristiques imposent une réutilisation de la connaissance et du savoir-faire. Les travaux sur UML prennent en compte certains de ces aspects en terme de modèle mais non en terme de démarche. La technologie des patrons [RG99] est particulièrement adaptée pour formaliser et capitaliser le savoir-faire et l'expérience.

3. Prendre en considération les **profils des utilisateurs**. Les mécanismes de définition de groupes et de droits d'utilisations proposés dans SQL s'avèrent insuffisants dans de nombreuses applications visées par les systèmes d'information multimédias. En effet, les notions d'utilisateur et de droits sont à élargir afin d'y associer des considérations très diverses telles que le niveau de responsabilité, le niveau d'expertise, le contexte d'utilisation ou l'environnement matériel et logiciel. Sur ce point précis les travaux sur la technologie des agents [MATA99] s'avèrent prometteurs.
4. Proposer des **mécanismes systèmes**. Les trois principaux aspects systèmes à intégrer sont issus de trois technologies de base : transactions, réseaux et versions. Les mécanismes de **transactions** doivent considérer les besoins des nouvelles applications telles que le commerce électronique ou les applications de travail collaboratif. Les caractéristiques du **réseau** doivent être modélisées au niveau du système d'information afin d'établir une politique cohérente de distribution de l'information. Les mécanismes de **versions** tels que ceux utilisés dans les SGBD ou en génie logiciel doivent permettre de conserver une mémoire des données et des traitements afin de comprendre et parfois de justifier des décisions antérieures. Cette caractéristique nous est apparue essentielle dans les applications que nous avons traitées.

IV.3. Objectifs

Notre projet scientifique s'inscrit dans ce contexte. Nous souhaitons proposer des méthodes et des outils afin d'aider à la conception interactive ou/et dynamique d'un document multimédia en fonction des données contenues dans le système et du profil de l'utilisateur. Cela nécessite un travail sur les technologies d'indexation permettant d'offrir différentes vues à différents niveaux de granularité sur les données mais également un travail sur les méthodes permettant de créer et de modéliser des documents composés d'informations semi-structurées et multimédias. Il s'agit de proposer des méthodes et des outils qui guident l'utilisateur dans sa démarche de conception en utilisant les schémas d'indexation et en nous adaptant au contexte souhaité par l'utilisateur. Nous souhaitons ici réfléchir et proposer des solutions méthodologiques et technologiques permettant de faciliter la démarche des utilisateurs.

Notre objectif est aussi de proposer une méthode et des outils permettant une mise en œuvre rapide d'un système d'information regroupant un certain nombre de ces besoins. Cette mise en œuvre sera basée sur la réutilisation et plus précisément sur la capacité de

concevoir et créer un système d'information à partir de modèles, de logiciels et d'expériences issues du développement d'un autre système d'information. Cela nécessite de pouvoir regarder le système d'information à différents niveaux d'abstraction, d'étendre ou de spécialiser des schémas existants et enfin de considérer les démarches comme une capitalisation de l'expérience faisant apparaître clairement les points critiques mais également les points où la flexibilité est autorisée. Ces aspects concernent les concepteurs d'environnements de développement de systèmes d'information.

IV.4. Projets en cours

Nous sommes déjà impliqués dans plusieurs projets qui intègrent les thématiques de recherche introduites précédemment. Ces projets concernent principalement deux domaines d'application : l'environnement au travers du projet européen SPHERE et l'éducation au travers du projet STIMULI.

? Le projet SPHERE est un projet de la Communauté Européenne[20] qui s'intéresse aux systèmes d'information sur les inondations avec l'objectif de prendre en compte les informations historiques. Il s'agit notamment de développer une méthode et des outils pour l'analyse, l'acquisition et la manipulation de données historiques. Ce projet s'appuie sur une technologie de type système d'information afin de pouvoir :

1. Structurer l'information selon différents critères (période, localisation, archives, dégâts…). Cette démarche nécessite un effort de modélisation des documents existants (textes, images) ainsi que leur intégration dans le système.
2. Faire communiquer le système avec des outils de simulation. Ces outils servent à visualiser des phénomènes avec un objectif de sensibilisation pour le grand public ou un objectif de recherche pour des experts. Les phénomènes étudiés se situent dans des périodes qui vont du paléolithique (il y a 1 million d'années !) à nos jours.
3. Assurer la communication entre différentes bases de données reliées via le Web afin de référencer et de manipuler les informations qui affèrent à divers bassins versants situés notamment en France (Isère, Drac et Ardèche) et en Espagne (Ter, Llobregat, Segre).

[20] Contrat N° EVG1-CT-1999-00010

Comme pour le projet SIRVA, il s'agit de concevoir un véritable système d'information basé sur la technologie Web. Par rapport à nos objectifs de recherche, ce projet nous donne un exemple d'application où l'utilisation conjointe de bases de données, du Web, de données semi-structurées et multimédias est essentielle pour la validation du système. Nous souhaitons utiliser une technologie XML/Bases de données pour le stockage et l'échange des informations.

? le projet STIMULI qui est de type « Université Virtuelle » est réalisé dans le cadre d'un accord CAPES/COFECUB avec le Brésil. Il concerne trois universités brésiliennes (Université Fédérale de Rio Grande do Sul, Université de Sao Paulo et l'Université de Fortalezza), le laboratoire LSR-IMAG (équipes SIGMA et DRAKKAR[21]) et l'Institut National des Télécommunications d'Evry. L'objectif scientifique du projet est de réunir des compétences complémentaires afin de mettre en place une plate-forme d'expérimentation de diffusion de cours multimédias à travers le Web. Pour cela, nous avons réuni des compétences dans le domaine de la modélisation, du travail collaboratif, des réseaux, des systèmes d'information multimédias et des bases de données distribuées. La plupart des développements sont prévus autour de la norme XML.

Ces deux projets sont représentatifs des applications visées par les systèmes d'information distribués multimédias. Le projet de travail sur l'université virtuelle est motivé d'une part par le nombre important de problèmes de recherches présents dans ce domaine d'application mais également par une volonté d'approfondir la réflexion sur le lien entre mes activités de recherche et mes activités d'enseignement notamment en ce qui concerne l'utilisation des Nouvelles Technologies d'Information et de Communication.

[21] http://www-lsr.imag.fr/drakkar.html

Bibliographie

[Abiteboul99] S. Abiteboul, *On Views and XML*, Symposium on Principles of Databases Systems (PODS), Philadelphia, PA, USA 1999

[AC93] M. Adiba, C. Collet, *Objets et Bases de Données: le SGBD O2*, Hermes 1993

[ACCES96] S. Adali, K. Candan, S. Chen, K. Erol, V. Subrahmanian, *The Advanced Video Information System: data strutures and query processing*, Multimedia Systems, Août 1996

[Adiba96] M. Adiba, *STORM : an Object-Oriented Multimedia DBMS*, chapitre 3 du livre Multimedia Database Systems : design and implementation startegies, K. Nwosu, B. Thuraisingham et B. Berra, Kluwer Academic Publishers Edition, Mai 1996

[AH91] D.P. Anderson, G. Homsy, *A continuous media I/O server and its synchronization mechanism*, Computer journal, Octobre 1991

[AJ94] P. Aigrain, P. Joly , *The automatical real-time analysis of film editing and transition effects and its applications*, Computer and Graphics, Vol.18.1, 1994

[AK94] K. Aberer, W. Klas, *Supporting Temporal Multimedia Operations in Object-Oriented Database Systems*, International Conference on Multimedia Computing and Systems, Boston, Mai 1994

[Allen83] J. Allen, *Maintaining knowledge about temporal intervals*, CACM, Vol. 26, N° 11, 1983

[ALMM97] M. Adiba, R. Lozano, H. Martin, F. Mocellin, *Management of multimedia data using an Object-oriented Database System*, DEXA QPMIDS workshop, Toulouse, 1997

[ANSI75] ANSI/X3/SPARC, *Study Group on Database Management Report*, Tsichritzis editeur, Février 1975, réédité dans Information System, Vol 3. 1978

[AOG92] D. Anderson, Y. Osawa, R. Govindan, *A file system for continuous media*, ACM Transactions on Computer Systems, Vol. 10, N° 4, Novembre 1992

[AQ86] M. Adiba, N. Bui Quang, *Historical Multi-Media Databases*, VLDB 1986, Kyoto Japon

[AQM97] S. Abiteboul, D. Quass, J. McHugh, J. Widom, J. L. Wiener, *The Lorel Query Language for Semistructured Data*, Int. J. on Digital Libraries 1(1): 68-88 1997

[ASS99] S. Adah, M.L. Sapino, V.S. Subrahmanian, *A Multimedia Presentation Algebra*, ACM SIGMOD 1999, Philadelphie

[AZ99] M. E. Adiba, J.-L. Zechinelli-Martini, *Spatio-Temporal Multimedia Presentations as Database Objects*, DEXA, Florence, Italie 1999

[BFS99] E. Bertino, E. Ferrari, M. Stolf, *A System for the Specification and Generation of Multimedia Presentations*, IEEE Transactions on Multimedia Systems, 1999

[BK99] S. Boll, W. Klas, *Z Y X --- A Semantic Model for Multimedia Documents and Presentations*, 8th IFIP Conference on Data Semantics (DS-8): "Semantic Issues in Multimedia Systems". Kluwer Academic Publishers, Rotorua, New Zealand, Janvier 1999

[Billard98] D. Billard, *Transactional Services for the Web*, World Wide Web and Databases, International Workshop WebDB'98, LNCS, Vol. 1590, Springer, 1999

[BL91] O. Boucelma, J. Le Maitre, *An Extensible Functional Query Language for an Object Oriented Database System*, DOOD 1991: 567-581, Munich, Germany

[BR96] J. S. Boreczky, L. A. Rowe, *A Comparison of Video Shot Boundary Detection Techniques*, Journal of Electronic Imaging,Vol 5, N° 2, Avril 1996

[Brin98] S. Brin, *Extracting Patterns and Relations from the World Wide Web*, World Wide Web and Databases, International Workshop WebDB'98, LNCS, Vol. 1590, Springer, 1999

[BT93] P. Boursier, P. Taufour, *La Technologie Multimédia*, Hermes, 1993

[BZ92] M. C. Buchanan, P. Zellweger; *Specifying Temporal Behavior in Hypermedia Documents*, European Conference on Hypertext (ECHT), 1992 : Milan

[CACS94] S. Christophides, S. Abiteboul, S. Cluet, M. Scholl, *From Structured Documents to Novel Query Facilities*, SIGMOD RECORD, 1994

[Cattel97] R. Cattel, The *Object Database Standard : ODMG 2.0*, Morgan-Kaufmann, 1997

[CB97] R. Cattel, D. Barry, *The Object Database Standard* : ODMG 2.0, Morgan Kaufmann,1997

[CC96] S. Campbell, S. Chung, *Database approach for the management of multimedia information*, chapitre de Multimedia Database Systems: design and implementation strategies, éditeur Kluwer Academic Publishers, Mai 1996

[CCS00] V. Christophides, S. Cluet, J. Siméon, *On Wrapping Query Languages and Efficient XML Integration*,SIGMOD Conference, Dallas, Texas, USA, 00

[CK95] S. Christodoulakis, L. Koveos, *Multimedia information systems, issues and approaches*, editor, Modern Database Systems, W. Kim, Addison-Wesley, 1995

[CMCL95] C. Chen, D. Meliksetian, M. Cheng-Sheng Chang, L. Liu, *Design of a Multimedia Object-Oriented DBMS*, journal Multimedia Systems, Vol. 3, N° 5/6, Novembre 1995

[CO96] J. P. Courtiat, R. C. De Oliveira, *Proving Temporal Consistency in a New Multimedia Synchronization Model*, ACM Multimedia 1996 Conference

[Collet96] C. Collet, *Bases de Données Actives : des systèmes relationnels aux systèmes à objets*, Diplôme d'Habilitation à Diriger les Recherches, LSR-IMAG, Université Joseph Fourier, octobre 1996

[CRS99] B. Chidlovskii, C. Roncancio, M-L Schneider, *Optimizing Web Queries through Semantic Caching*, 15ième journée BDA 1999

[DHB96] C. Djeraba, K. Hadouda, H. Briand, *Management of Multimedia Scenario in an Object-Oriented Database*, IEEE International Workshop on Multi-Media Data Base Management Systems, NewYork, Août 1996

[DKD98] D. DeMenthon, V. Kobla, D. Doermann, *Video Summarization by Curve Simplification*, ACM Multimedia Conference, Bristol, UK, 1998.

[DKW99] J-C. Derniame, B. Kaba, D. Wastell, editors, *Software Process : Principles, Methodology and Technology*, LNCS 1500, Springer Verlag 1999

[DLFMS00a] M. Dumas, R. Lozano, M. C Fauvet, H. Martin, P. C. Scholl, *Orthogonally modeling video structuration and annotation : exploiting the concept of granularity*, Conference AAAI'2000, Workshop on Spatial and Temporal Granularity. Austin Texas, Juillet 2000

[DLFMS00b] M. Dumas, R. Lozano, M. C Fauvet, H. Martin, P. C. Scholl, *A sequence-based model for video databases*, rapport LSR RR 1024 –I- LSR 12, Novembre 1999, Article accepté en cours de modification pour la revue Multimedia Tools and Applications, Kluwer Press

[DM93] B. Defude, H. Martin, *A Precondition and Postcondition Mechanism to Enforce Integrity in an Object-Oriented Database*, International Symposium on Computer and Information Sciences ; Istanbul, Turkey, Novembre 1993

[DM94] B. Defude, H. Martin, *From a Passive to an Active Database Supporting Exceptions*, International Conference on Database and Expert System Applications ; Lecture Notes in Computer Sciences, number 856, Springer Verlag, 1994

[DM96] B. Defude, H. Martin, *Integrity Checking for Nested Transactions*, Seventh International Workshop on Database and Expert Systems Applications ; IEEE Computer Society Press, Zurich, Suisse, Septembre 1996

[DMP95] B. Defude, H. Martin, A. Picault, *Un système de contrôle des exceptions*, Actes des 11 ièmes Journées Bases de Données Avancées ; Nancy, Août 1995

[Egenhofer91] M. J. Egenhofer, *Reasoning about Binary Topological Relations*, Symposium on Large Spatial Databases (SSD), Zurich 1991

[EJHKA97] A. Elmagarmid, H. Jiang, A. Helal, A. Joshi, M. Ahmed, *Video Database Systems, Issues, Products and Applications*, livre publié par Kluwer Academic Publishers, 1997

[EKR97] G. Ehmayer, G. Kappel, S. Reich, *Connecting Database to the Web : A Taxonomy of Gateway*, 8th International Conference on Database and Experts Systems Applications (DEXA'97) , LNCS 1308, septembre 1997

[FLM97] J-C. Freire, R. Lozano, F. Mocellin, *Vers un atelier de structuration et construction de présentations multimédias*, Actes du XVème Congrès INFORSID, Toulouse, Juin 1997

[FLMM98] J. Freire, R. Lozano, H. Martin, F. Mocellin, *A STORM Environment for building Multimedia Presentations*, 12th International Conference on Information Networking ; Tokyo - Japon, Janvier 1998

[FS00] W. Fan, J. Siméon, *Integrity Constraints for XML*, Symposium on Principles of Databases Systems (PODS), Dallas, Texas, USA, 2000

[GB93] A. Ghafoor, P. B. Berra; *Multimedia Database Systems*, LNCS 759 : Advanced Database Systems, 397-411,1993

[GC92] J. Gemmel, S. Christodoulakis, *Principles of delay_sensitive multimedia storage and retrieval*, ACM Transactions on Information Systems, Vol. 10, N° 1, Janvier 1992

[Ghafoor95] A. Ghafoor, *Multimedia Database Management Systems*, ACM Computing Surveys, Vol 4, N° 27, Décembre 1995

[Guttman84] A. Guttman, R-*Trees : A Dynamic Index Structure for Spatial Searching*, ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, 1984

[GW99] R. Goldman, J. Widom, *Interactive Query and Search in Semistructured Databases*, World Wide Web and Databases, International Workshop WebDB'98, LNCS, Vol. 1590, Springer, 1999

[HM94] R. Hjelsvold, R. Midtstraum, *Databases for Video Information Sharing*, IS&T/SPIE's Symposium on Electronic Imaging : Science & Technolog, San Jose, Février 1994

[HMS95] R. Hjelsvold, R. Midtstraum, O. Sandsta, *A temporal fundation of video databases*, international workshop on temporal databases, Zurich, Suisse, septembre 1995

[Hoepner92] P. Hoepner, *Synchronizing the Presentation of Multimedia Objects*, Computer Communications, Vol. 15, N°. 9, Novembre 1992

[ISO92] International Standard Organization, *Hypermedia/Time-based Document Structuring Language (HyTime)*, ISO/IEC IS 10744, Avril 1992

[ISO93] International Standard Organization ISO/IEC. JTC 1/SC 29, *Coded Representation of Multimedia and Hypermedia Information Objects (MHEG)*, Part I, Committee Draft 13522-1, Juin 1993.ISO/IEC 10031

[JM98] T. Johnson, E. Miller, *Performance measurements of tertiary storage devices*, 24th Very Large Database Conference, New York, 1998

[JMR99] G. Jomier, M. Manouvrier, M. Rukoz, *Stockage et gestion d'images par un arbre quaternaire générique*, 15ième journées Bases de Données Avancées, BDA 1999

[KEM97] A. Karmouch, J. Emery, O. Megzari, *Architecture and Storage Manager forMultimedia Documents*, chapitre 14 du livre Multimedia Information Storage and Management, pages 346-371, Kluwer Academic Publishers, 1997

[KGP96] N.Karacapilidis, T. Gordon, D. Papadias, H. Voss, *Building an Interactive Multimedia Information System : The GeoMed Case Study*, ECAI 96 Workshop. KRIMS 96. Edited by G. Vouros and al.

[KM00] C. C. Kanne, Guido Moerkotte, *Efficient Storage of XML Data*, conference ICDE, San Diego, California, USA, 2000

[KPC95] J. Kupiec, J. Pedersen, F. Chen, *A trainable document summarizer*, 18th annual international ACM SIGIR. Conference on research and development in information retrieval, text summarization, 1995

[LAMM98] R. Lozano, M. Adiba, F. Mocellin, H. Martin, *An Object DBMS for Multimedia Presentations including Video Data*, ECOOP'98 Workshop Reader, Springer Verlag, Lecture Notes in Computer Science, 1543

[LK95] N. Layaïda, C. Keramane, *Maintaining Temporal Consistency of Multimedia Documents*, ACM Workshop on Effective Abstractions in Multimedia, San Francisco, Novembre 1995

[LM98] R. Lozano, H. Martin, *Querying Virtual Videos Using Path and Temporal Expressions*, ACM Symposium on Applied Computing Multimedia Systems Track; Atlanta - USA, Février 1998

[LM00] R. Lozano, H. Martin, *Intégration de données vidéo dans un SGBD à objets*, *revue l'objet*, Edition Hermes, Volume 6, numéro 3, numéro spécial, objets et multimédia, à paraître en 2000

[LOS96] J. Li, T. Özsu, D. Szafron, *Spatial Reasoning rules in Multimedia Management Systems*, International Conference on Multimedia Modeling, Toulouse, France, Novembre 1996

[Lozano97] R. Lozano, *VSTORM : un modèle pour la donnée vidéo*, Journée O2, conférence BDA'97, Grenoble, Septembre 1997

[Lozano00] R. Lozano, *Intégration de données vidéo dans un SGBD à objets*, Thèse de doctorat; Université Joseph Fourier, Grenoble, Avril 2000

[LPE97] R. Lienhart, S. Pfeiffer, W. Effelsberg, *Video Abstracting*, Communications of the ACM, Vol. 40, N° 12, décembre 1997

[LS93] P. Lougher, D. Shepherd, *The design of a storage server for continuous media*, Computer journal, Vol. 36, N° 1, 1993

[LS00] H. Liefke, D. Suciu, *XMILL: An Efficient Compressor for XML Data*, SIGMOD Conference, Dallas, Texas, USA 2000

[MAD93] H. Martin, M. Adiba, B. Defude, *Consistency checking in object oriented databases: a behavioral approach*, International Conference on Information and

Knowledge Management (CIKM'92), Baltimore Maryland, USA, Novembre 1992, selected paper for publishing in LNCS 752, published in 1993

[MAMFC97] H. Martin , M. Adiba , F. Moutte, R.M. Faure , V. Cligniez, *Système d'information pour l'analyse et la prévention des risques naturels*, rapport final dans le cadre du Programme Risques Naturels du Contrat de Plan Etat-Région, 1997

[Martin91a] H. Martin, *Contrôle de la cohérence dans les bases objets : une approche par le comportement*, Thèse de doctorat; Université Joseph Fourier, Grenoble, Janvier 1991

[Martin91b] H. Martin, *GECO : un générateur de contrôles de cohérence pour les SGBD objets*, Actes des 7ièmes Journées Bases de Données Avancées ; Lyon, Septembre 1991

[Martin97] H. Martin, *Specification of Intentional Multimedia Presentations using an Object-Oriented Database*, International Symposium on Digital Media Information Base ; Nara - Japon, Novembre 1997

[Martin98] Publication de [Martin97] dans Advanced Database Research and Development Series, volume 8 ; World Scientific Edition

[MATA99] A. Karmouch, R. Impey Editors, *First International Workshop on Mobile Agents for Telecommunication Applications*, World Scientific Ottawa, Canada, octobre 1999

[ML00a] H. Martin, R. Lozano, *Dynamic Video Abstract Generation Using an Object DBMS*, IEEE International Conference on Multimedia and Expo 2000, New York, Juillet 2000

[ML00b] H. Martin, R. Lozano, *Dynamic Generation of video abstracts using an object-oriented video DBMS*, Article accepté à la revue Network and Information Systems, Special Issue on Video Data, Hermes Editor

[MM94] S. Meira, A. Moura, *A scripting language for multimedia presentation*, International Conference on Multimedia Computing and Systems, Boston, Mai 1994

[MM97] M. Maybury, A. Merlino, *Multimedia summaries of broadcast news*, International Conference on Intelligent Information Systems, Décembre 1997

[MM99a] F. Mocellin, H. Martin, *Modelling behavioral aspects of multimedia presentations using an active object DBMS*, ACM Symposium on Applied Computing, San Antonio, Texas, USA, Février 1999

[MM99b] H. Martin, P. Mulhem, *Generic multimedia documents for the WWW using an object DBMS*, 9th International Database Conference on Heterogeneous and Internet Databases, Hong Kong, July 1999

[MM00] H. Martin, P. Mulhem, *A Comparison of XML and SMIL for on the fly generation of Multimedia Documents from Databases*, 6th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis (ISAS2000), Orlando, USA, July 23-26, 2000

[MMA96] F. Mocellin, H. Martin, M. Adiba, *STORM : a Structural and Temporal Object-oRiented Multimedia database system*, Conference EDBT96, demonstration and poster, Avignon, Mars 1996

[Mocellin97] F. Mocellin, *Gestion de données et de présentations multimédias par un SGBD à objets*, Thèse de doctorat; Université Joseph Fourier, Grenoble, Décembre 1997

[Monaco81] J. Monaco, *How to Read a Film*, The Art, Technology, Language, History and Theory of Film and Media, Oxford University Press, 1981

[MPEG2] International Standard Organisation, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, coding of moving pictures and audio, http://drogo.cselt.stet.it/mpeg/standards/mpeg-2/mpeg-2.htm, Juin 1996

[MS95] S. Marcus, V. S. Subrahmanian, *Foundations of multimedia information systems*, In S. Jajodia and V. S. Subrahmanian editors, Multimedia Database Systems: Issues and Research Directions. Springer Verlag, Novembre 1995

[NTB96] K. Nwosu, B. Thuraisingham, B. Berra, *Multimedia Database Systems: design and implementation strategies*, Kluwer Academic Publishers, Mai 1996

[NXN91] S. Newcomb, N. Xipp, V. Newcomb, *The Hytime Hypermedia Time-based Document structuring language*, journal CACM, Vol. 34, N° 11, Novembre 1991

[OBRS94] B. Ozden, A. Biliris, R. Rastogi A. Silberschatz, *A low-cost storage server for movie on demand databases*, 20th VLDB Conference, Septembre 1994

[ORS96] B. Ozden, R. Rastogi, A. Silberschatz, *The Storage and Retrieval of Continuous Media Data*, Multimedia Database Systems, Issues and Research Directions, Edition, Springer Verlag, 1996

[OSMV95] M. Ozsu, D. Szafron, G. El-Medani, C. Vittal, *An object-oriented multimedia database system for a news-on-demand application*, Multimedia Systems, N°5/6, Novembre 1995

[OT93] E. Oomoto, K. Tanaka, *OVID: design and implementation of a video-object database system*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, août 1993

[O295] Manuel de l'utilisateur O2, *ODMG C++ Binding Guide Release 4.6.*, Versailles 1995

[PT97] D. Papadias, Y. Theodoridis, *Spatial Relations, Minimum Bounding Rectangles and Spatial Data Structures*, International Journal on Geographical Information Science 11(2), 1997

[PTSE95] D. Papadias, Y. Theodoridis, T. Sellis, M. Egenhofer, *Topological Relations in the World of Minimum Bounding Rectangles : A Study with R-Trees*, SIGMOD Conference 1995

[PV00] Y. Papakonstantinou, V. Vianu, *DTD Inference for Views of XML Data*, Symposium on Principles of Databases Systems (PODS), Dallas, Texas, USA, 2000

[Rangan93] P. Rangan, *Efficient storage techniques for digital continuous multimedia*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1993

[RG99] D. Rieu, J.-P. Giraudin, coordonnateurs de *Patrons orientés objet*, revue l'objet, n° 2/1999 , Editions Hermes

[RGF98] E. Riedel, G. Gibson, C. Faloutsos, *Active storage for large-scale data mining and multimedia*, 24th VLDB Conference, New York, 1998

[Rumbaugh95] J. Rumbaugh, *OMT Modélisation et Conception Orientée Objet*, Livre paru chez Masson, 1995

[SC98] J. Siméon, S. Cluet, *Using YAT to Build a Web Server*, World Wide Web and Databases, International Workshop WebDB'98, LNCS, Vol. 1590, Springer, 1999

[SF98] M. Spiliopoulou, Lukas Faulstich , *WUM - A Tool for WWW Ulitization Analysis*, World Wide Web and Databases, International Workshop WebDB'98, LNCS, Vol. 1590, Springer, 1999

[SMIL98] Synchronized Multimedia Integration Language, W3C Worrking Draft 2-Février 1998, disponible sur http://www.w3.org/TR/WD-smil/

[SNT97] T. Seto, T. Nagafuji, M. Toyama, *Generating HTML Sources with TFE Enhanced SQL*, ACM Symposium. on Applied Computing (SAC'97)

[SSMB97] G. Salton, A. Singhal, M. Mitra, C. Buckley, *Automatic Text Structuring and Summarization*, Information Processing and Management, Volume 33, Numéro 2, Mars1997

[STZ99] J. Shanmugasundaram, K. Tufte, C. Zhang, G. He, D. J. DeWitt, J. F. Naughton, *Relational Databases for Querying XML Documents: Limitations and Opportunities*, VLDB, Edinburgh, Scotland, 1999

[SYU99] T. Shimura, M. Yoshikawa, S. Uemura, *Storage and Retrieval of XML Documents Using Object-Relational Databases*, DEXA, Florence, Italie, 1999

[TN98] M. Toyama, T. Nagafuji, *Dynamic and Structured Presentation of Database Contents on the Web*, Advances in Database Technology (EDBT'98) Lecture Notes in Computer Science 1377

[VanRijsbergen79] C. Van Rijsbergen, *Information Retrieval*, second edition, Buttersworth, London 1979

[Vazirgiannis99] M. Vazirgiannis, *Interactive Multimedia Documents, Modeling, Authoring and Implementation Experiences*, Editeur Springer Verlag, Lecture Notes in Computer Science 1564

[WCJS97] M. Winslett, N. Ching, V. Jones, I. Slepchin, *Assuring Security and Privacy for Digital Library Transactions on the Web: Client and Server Security Policies*, ADL 1997

[WDG95] R. Weiss, A. Duda, D. Gifford, *Composition and Search with a Video Algebra*, IEEE multimedia, 1995

[WK87] D. Woelk, W. Kim, *An Extensible Framework for Multimedia Information Management*, Data Engineering Bulletin 10(2): 55-61 (1987)

[W3C98] World Wide Web Consortium, *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL)*, SMIL Specification W3C Recommendation, http://WWW.W3.org/TR/REC-smil

[YK98] J. Yang, G. Kaiser, *JPernLite: An Extensible Transaction Server for the World Wide Web*, Hypertext 1998

[ZKS93] H. Zhang, A. Kankanhalli, S. Smoliar, *Automatic video partitioning and indexing*, IFAC World Congress, Sydney, Australie, Juillet 1993