

---

# Un système multimédia complet pour la documentation technique aéronautique

**Franck Duluc\*** – **Cécile Roisin\*\*** – **Laurent Tardif\*\*** – **Lionel Villard\*\***

\* *Aerospatiale Matra Airbus et IRIT*  
316, route de Bayonne,  
31060 TOULOUSE Cedex 03  
franck.duluc@airbus.aeromatra.com

\*\* *Unité de Recherche Rhône-Alpes, Projet OPERA*  
655 avenue de l'Europe  
38330 Montbonnot Saint-Martin  
{Cécile,Laurent,Lionel}.{Roisin,Tardif,Villard}@inria.fr

---

*RÉSUMÉ.* Dans cet article nous analysons comment les documents multimédia peuvent être utilisés dans le contexte de l'aéronautique et quels sont les problèmes que cela pose en termes d'édition, de production et de gestion cohérentes d'un fonds documentaire tout au long de leur cycle de vie. Nous présentons ensuite les choix de modélisation et d'architecture objet qui ont été expérimentés par Aerospatiale Matra Airbus et par le projet Opéra de l'INRIA. Nous décrivons l'architecture et l'implémentation du système multimédia, résultant de l'intégration des deux approches, qui permet de couvrir les besoins identifiés dans les différentes étapes du cycle de vie de la documentation aéronautique multimédia. Ce travail est le fruit d'une collaboration scientifique en cours entre Aerospatiale Matra Airbus et l'INRIA.

*ABSTRACT.* In this paper we analyze how multimedia documents may be used within an aeronautical framework and what the related issues are in terms of edition, management, and production during their complete life cycle. Then, we present some modelling choices that have been tested by Aerospatiale Matra Airbus and INRIA Opéra Project. We will describe the architecture and the implementation of the multimedia system, which is the result of the integration of the two approaches. This system allows all the identified needs identified during all the life-cycle steps to be met. This work is the result of a on-going scientific collaboration between Aerospatiale Matra Airbus and INRIA.

*MOTS-CLÉS.* fonds documentaire, multimédia, environnement auteur, système de production.

*KEYWORDS.* repository, multimedia, authoring tool, production tool.

---

## 1. Introduction

Tous les secteurs économiques sont concernés par les documents électroniques puisque le document est un vecteur majeur de communication et donc d'activité. Cependant, jusqu'à très récemment, les techniques issues des documents structurés ont principalement suscité l'intérêt des secteurs dans lesquels les volumes d'information sont importants et pour lesquels l'échange de documents sous une forme électronique exploitable était nécessaire. Ainsi des solutions à base de formats standard comme SGML [ISO 86] ou HyTime [ISO 97a] ont-elles émergées. Elles reposent sur une structuration et un typage fort des données documentaires. Certains secteurs comme l'aéronautique font appel aux techniques SGML dans leurs chaînes documentaires depuis la création et la gestion de fonds documentaires jusqu'à la diffusion des documents techniques à leurs clients (grâce à la définition de DTD communes comme celles de l'ATA<sup>1</sup>). Cependant, si des solutions à base d'hypermédia commencent à être employées pour permettre la mise en ligne de ces documents, ce secteur n'est pas encore prêt à introduire massivement le multimédia pour des raisons liées au mode de fonctionnement de ce marché qui s'appuie sur des standards, au volume d'informations à gérer et à un important existant à prendre en compte [DUL 98a].

Par ailleurs, les techniques multimédia prennent une importance de plus en plus grande dans notre société, notamment par le fait que la communication se fait de plus en plus en utilisant des supports qui intègrent du son, de la vidéo, du texte, etc. Les cédéroms, les sites web, les bornes interactives ou la télévision interactive ne sont plus maintenant considérés comme des technologies futuristes mais entrent dans le quotidien des entreprises et du grand public. L'émergence à grande échelle de ces applications multimédia implique d'apporter des solutions pour la création et pour la présentation de ces informations sur des terminaux aussi divers que des PC, des PDA (Personal Digital Assistant), des téléphones avec accès au web, etc. La définition de formats standard est bien sûr au cœur de ce domaine puisqu'ils doivent répondre aux besoins de portabilité, d'échange, de pouvoir d'expression et de faisabilité. Le domaine de la documentation technique aéronautique se tourne lui aussi vers ces technologies dans le but d'en exploiter les richesses pour améliorer ses documents. Ainsi, des initiatives telles que les « graphiques intelligents » et la définition du profil WebCGM [W3C 99a] trouvent-elles leurs origines dans ce domaine.

L'objectif de cet article est de traiter les aspects liés à la conception et à l'implémentation de systèmes multimédia au moyen des techniques de programmation par objets dans le cadre d'applications industrielles ; en particulier dans le domaine de la documentation technique aéronautique.

La section 2 présente le contexte général de l'utilisation des documents multimédia dans différents domaines d'applications et se focalise par la suite sur leur utilisation dans le cadre d'une documentation technique aéronautique.

---

<sup>1</sup> Air Transport Association: organisme international de réglementation aéronautique

La section 3 présente les différentes problématiques rencontrées lors de l'utilisation, la création et la gestion des documents multimédia en s'appuyant sur le cycle de vie des documents techniques aéronautiques.

Enfin, la section 4 présente les travaux menés conjointement à l'INRIA Rhône-Alpes (Projet Opéra) et à Aerospatiale Matra Airbus (Pôle Support) et qui visent à offrir une solution intégrée pour la documentation aéronautique multimédia.

## **2. L'utilisation de documents multimédia : application à l'aéronautique**

### **2.1. Contexte général de l'utilisation des documents multimédia**

Dans la suite de cet article, nous utiliserons le terme de *document multimédia* pour désigner un ensemble d'objets média de nature diverse (son, image, texte, vidéo, graphique) regroupés et organisés spatialement et temporellement pour constituer une unité sémantique qui est présentée à des lecteurs. Le côté dynamique induit par la nature temporelle de certaines de ces informations ainsi que par les possibilités d'interaction auxquelles le lecteur a accès ont amené certains concepteurs à parler d'*applications multimédia*.

De nombreux secteurs d'activité sont concernés par l'émergence des techniques multimédia : les jeux électroniques, le tourisme, l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) sont actuellement le cadre des plus nombreuses applications multimédia car l'apport de ces techniques est (potentiellement) important. Ainsi, l'EAO peut tirer parti des caractéristiques de différents média pour réaliser des supports pédagogiques qui soient d'une part plus attractifs grâce aux images, aux animations et au son, et qui soient d'autre part plus interactifs et adaptables aux élèves grâce aux fonctions de navigation hypermédia. Par exemple, de nombreuses applications à la fois ludiques et pédagogiques (visites virtuelles, simulations, jeux coopératifs, télélecture) ont été développées par la Cité des Sciences et de l'Industrie de La Villette dans le cadre du projet Cité Cœur de Réseaux.

D'autres domaines s'intéressent aux documents structurés multimédia et notamment la médecine. Les données issues des plateaux techniques d'imagerie médicale, comme les images par rayons X, par résonance magnétique ou par échographie, peuvent être exploitées sous forme numérique et intégrées à des données textuelles (par exemple les informations relatives au patient), et sonores (les commentaires du médecin), pour former de véritables documents multimédia médicaux qui peuvent être consultés à distance par les médecins.

L'apport du multimédia dans ce type d'applications vient non seulement de la dynamique et de l'interactivité, mais aussi de l'augmentation de la qualité de l'information présentée. La variété des types de média utilisés apportent enfin de nouvelles possibilités aux créateurs en leur permettant de jouer sur un plus grand nombre de modes de perception.

## 2.2. Contexte Aéronautique

### 2.2.1 La Problématique documentaire Aérospatiale Matra Airbus

Aérospatiale Matra Airbus assure la maîtrise d'œuvre de l'intégration de la documentation technique pour les gammes d'avions qu'elle produit aujourd'hui.

De façon générale, la documentation technique d'un produit présente des caractéristiques spécifiques au produit et à son utilisation par son client. Dans ce contexte, le produit est l'*avion* et le client est la *compagnie aérienne*.

La documentation technique avions décrit l'avion et son fonctionnement. La finalité de cette documentation est de constituer un véritable outil de travail pour la compagnie aérienne. Elle est donc conçue dans ce but et par voie de conséquences présente de nombreuses spécificités qui sont :

- Une grande diversité : la documentation technique avions est décomposée en trois familles dans le but de satisfaire trois besoins clients essentiels : la formation, l'exploitation des appareils et l'entretien de la flotte. Chaque famille est rédigée en fonction du profil de l'utilisateur visé ce qui entraîne de nombreuses redondances d'information : la même source d'information sera utilisée différemment pour les documents à l'intention des mécaniciens ou des pilotes.

- Un volume important : à titre d'exemple, un Airbus A320 est livré avec 39 manuels différents fournis en plusieurs exemplaires. Le manuel de maintenance, à lui seul, compte environ 35 000 pages.

- Une documentation personnalisée : la documentation livrée avec un avion représente exactement et uniquement l'état technique de cet avion. Les avions d'une compagnie donnée sont différents de ceux des autres compagnies et dans la même compagnie chaque avion est différent. La documentation est donc fortement personnalisée.

- Une pérennité nécessaire : la durée de vie de la documentation technique est la même que celle de l'avion qu'elle accompagne : plusieurs dizaines d'années. Aérospatiale Matra Airbus maintient et fournit des révisions de la documentation technique tant que l'avion est en service.

- Une documentation réglementée et échangeable : en termes de documentation technique, Aérospatiale Matra Airbus est liée à des engagements contractuels vis à vis de ses clients. La documentation technique est soumise à des règles strictes. Dans le domaine civil, le contenu, la forme et le support de la documentation technique sont définis par l'ATA, organisme international de normalisation de l'aviation civile. Les besoins d'échange de la documentation technique aéronautique ont conduit les intervenants du secteur aéronautique à se mettre d'accord sur l'utilisation du format SGML pour l'échange de données électroniques. Ce choix a fortement été souhaité par les compagnies aériennes qui ne sont pas désireuses de recevoir des données dans un format dépendant du constructeur de l'avion.

### 2.2.2 Le cycle de vie de la documentation technique avions

Aérospatiale Matra Airbus, constructeur aéronautique, conçoit et produit la documentation technique qui est ensuite utilisée par les compagnies aériennes.

Du point de vue de Aerospatiale Matra Airbus, la conception et la production de cette documentation peuvent être découpée en trois phases distinctes qui composent une part importante du cycle de vie documentaire. Ces trois phases sont la création, la gestion et la production des documents. Une dernière phase est propre à la compagnie aérienne et correspond à l'exploitation des documents qui lui sont fournis par l'avionneur. Il est important de noter que devant le nombre croissant de clients et d'avions vendus les phases de gestion et production des données ont largement été automatisées.

Nous tenons à préciser que lorsque nous utilisons le terme *document*, il désigne les unités d'édition que les rédacteurs techniques rédigent et qui correspondent aux unités de consultation de la documentation technique (une tâche de maintenance par exemple).

Afin de ne pas créer de confusion nous utiliserons le mot *manuel* pour les documents contractuels qu'un avionneur doit livrer à son client (manuel de maintenance AMM...).

Nous décrivons tout d'abord les trois phases de traitement de la documentation telles qu'elles sont actuellement mises en œuvre pour la documentation « papier », puis l'évolution vers une documentation multimédia.

#### 2.2.2.1 La création des documents

Lors du changement de l'état technique d'un avion dû à l'installation d'un matériel ou encore à la modification d'une caractéristique, un jeu complet de documents doit être créé pour cette nouvelle configuration. Ces documents sont rédigés à partir des documents existants et font référence aux documents applicables et déjà définis. Cette phase d'édition met en œuvre l'utilisation d'un éditeur de documents structurés selon la norme SGML.

#### 2.2.2.2 La gestion des documents (données documentaires)

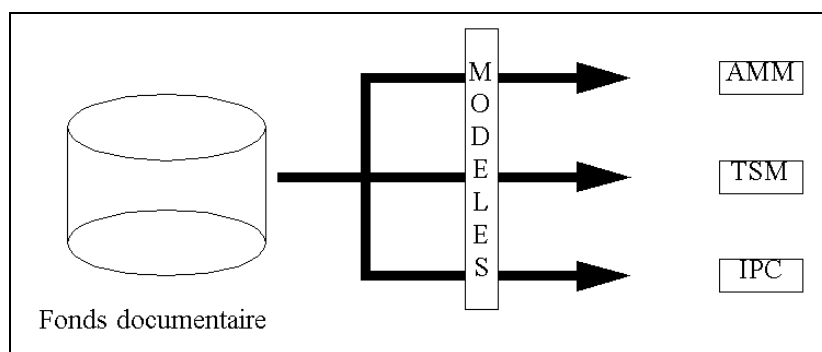
Les documents créés dans la phase précédente sont par la suite intégrés à un *fonds documentaire* de la documentation technique aéronautique. Celui-ci manipule des *unités documentaires* qui sont les entités de gestion documentaire. Les unités documentaires étant plus petites que les documents manipulés dans la phase précédente, le passage des documents aux unités documentaires est réalisé par un processus de désassemblage qui assure la fragmentation des documents.

Ce fonds documentaire prend alors en charge la gestion des mises à jour des unités documentaires et permet également la réutilisation des informations pour la gestion de la redondance des documents de sortie. Cette gestion des unités documentaires sert également de support pour la réédition des documents ainsi que pour la phase de production que nous exposons ci-après.

#### 2.2.2.3 La production des documents

La documentation technique est révisée contractuellement par le constructeur pour assurer à la compagnie une information toujours à jour et en accord avec l'état technique de ses avions. Ceci signifie que la documentation technique est republiée à

chaque révision. Dans le cadre de la documentation électronique, ceci signifie que les documents sont recréés pour intégrer ces mises à jour. Cette phase de production s'appuie sur des processus fortement automatisés qui utilisent le fonds documentaire



**Figure 1.** Production de documents à partir du fonds documentaire

ainsi que les modèles de documents définis par les organismes normatifs comme l'ATA. A partir des unités documentaires ces processus reconstruisent les manuels conformément aux modèles définis pour chacun d'eux. Ainsi sur la figure 1 ci-dessous, trois manuels (AMM<sup>2</sup>, TSM<sup>3</sup> et IPC<sup>4</sup>) sont produits à partir du fonds. Ces mécanismes d'assemblage permettent de découpler les évolutions de la structure du document (son modèle) de son contenu (les unités documentaires).

L'évolution d'une des données du fonds documentaire se fait de manière transparente. Les modifications sont entièrement prises en compte lors d'une nouvelle publication du manuel. Le rédacteur du document initial, qui a assemblé et créé les différentes unités, n'est pas obligé de rééditer le document.

### 2.2.3 Documentation technique et documents multimédia

À ce jour la documentation technique aéronautique est délivrée sous deux formes : d'une part une documentation papier incluant textes et graphiques, et d'autre part une documentation électronique au format SGML, TIFF<sup>5</sup> CCITT Grp IV<sup>6</sup> et CGM [ISO 92].

D'un autre côté l'émergence des technologies Web (XML [W3C 98b], SMIL [W3C 98a]...) et la vulgarisation du multimédia promettent à la documentation technique des nouveaux supports pour véhiculer l'information tout en améliorant sa lisibilité, sa convivialité et son interactivité. L'adoption des technologies multimédia et hypermédia permettrait en effet de rendre possible les mécanismes de consultation

<sup>2</sup> Aircraft Maintenance Manual

<sup>3</sup> Trouble Shooting Manual

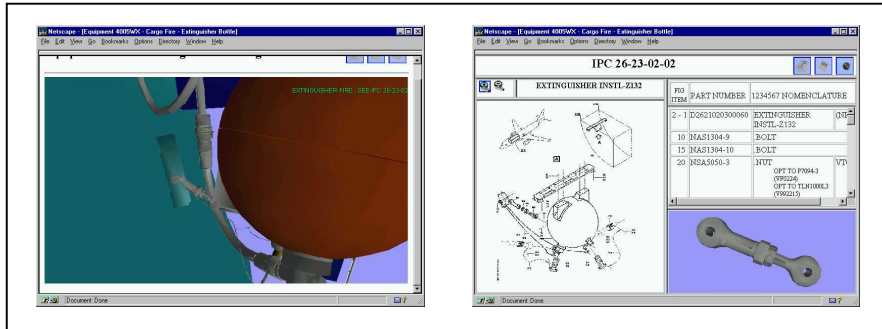
<sup>4</sup> Illustrated Part Catalog

<sup>5</sup> Tagged Image Format File: format de fichier Bitmap, standard de facto

<sup>6</sup> Mode de compression défini par le Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique

de la documentation en ligne et de présenter à ses utilisateurs des données plus riches et plus proches (c.f. section 2.1), de ce qu'ils voient lorsqu'ils interviennent sur un avion.

Des maquettes visant à montrer les apports des différentes technologies



**Figure 2.** Maquette ANIMIS

multimédia (images de synthèse, vidéos, son, navigateur Web) et à collecter les besoins des utilisateurs ont d'ores et déjà été développées (Maquette ANIMIS, présentation aux Journées Micado : « La Réalité Virtuelle dans le monde industriel », 19 juin 1996, Paris). Ces maquettes utilisent en grande partie les technologies Web telles que HTML et le format de réalité virtuelle VRML [ISO 97b] et ont permis la présentation d'une navigation hypermédia dans une documentation technique nouvelle génération.

Cependant, si ces travaux ont montré l'intérêt et l'applicabilité de telles techniques, il apparaît que dans le cadre de la documentation technique et notamment dans le cadre de son cycle de vie, la mise à disposition de documents multimédia passe d'abord par la résolution des problématiques plus larges qui sont présentées dans la section qui suit.

En effet, il est primordial pour Aerospatiale Matra Airbus d'obtenir pour les documents multimédia, un niveau d'automatisation équivalent à celui mis en place tout au long du cycle de vie documentaire (cf. 2.2.2).

### 3. Problématique des documents multimédia

Dans cette partie, nous décrivons les problèmes posés par l'introduction d'informations multimédia dans les différentes phases du cycle de vie des documents techniques : lors de leur création (phase d'édition), lors de leur mise à jour (phase de gestion du fonds documentaire) et lors de leur restitution (phase de production). En amont de cette analyse, il est nécessaire de préciser les choix de représentation de l'information multimédia.

#### 3.1. Représentation de l'information multimédia

De même que les processus actuels de traitement de la documentation technique (non multimédia) s'appuient sur des formats standard, de même il est nécessaire de

disposer d'un format de représentation des documents multimédia. Ce format doit servir de format d'échange, non seulement entre les différents outils qui traitent les documents dans les différentes étapes du cycle de vie de la documentation technique, mais aussi entre les acteurs du domaine (constructeurs d'avions et compagnies aériennes) [DUL 98b]. Un objectif à plus long terme, qui devra être mené par les instances de normalisation de ce secteur (comme l'ATA), est la définition de modèles de document standard pour la documentation aéronautique multimédia.

Dans le cadre des travaux exploratoires présentés dans cet article, nous avons identifié différents critères pour répondre aux besoins de représentation multimédia et nous avons spécifié un langage qui répond à ces critères (voir section 4.1). Plus précisément, un modèle de document multimédia doit :

- Offrir un pouvoir d'expression puissant (structuration, définition d'informations temporelles et spatiales) qui réponde aux besoins de spécification des documents aéronautiques.
- Être fondé sur des concepts qui sont proches de la représentation mentale des auteurs et qui facilitent le processus d'édition, cf. section 3.2 ci-dessous (manipulation d'informations relatives et non absolues).
- Rendre possible la réutilisation et l'évolution des informations multimédia dans les documents (modularité).
- Avoir une syntaxe qui respecte les standards existants (utilisation de XML) de façon à tirer parti des outils disponibles (comme les parsers).

De nombreux langages de spécification ont été proposés pour la spécification des documents multimédia, et notamment pour l'expression des informations temporelles (placement des objets dans le temps, synchronisation entre les objets, etc.). Les standards actuels sur le multimédia, à savoir HyTime, MHEG et SMIL, ne couvrent qu'une partie des critères définis précédemment.

En effet, avec HyTime [ISO 97a], les scénarios sont décrits en plaçant des événements à des dates précises du temps absolu et/ou à des positions géométriques sur l'écran, ce qui limite le pouvoir d'expression, la modularité et les possibilités d'édition. Le standard MHEG [MEY 95] s'appuie sur le paradigme des langages de programmation orientés objets, ce qui est intéressant pour répondre au critère de modularité. Par contre, la description de la synchronisation se faisant sous forme de programmes, rend plus difficile la construction d'environnements d'édition (cf. section 3.2 ci-dessous). Plus récemment, un nouveau standard de documents multimédia, appelé *SMIL* [W3C 98a] (*Synchronized Multimedia Integration Language*) a été proposé au sein du consortium World Wide Web. Ce standard propose un format de documents qui s'appuie sur une structure d'arbre d'opérateurs temporels et sur l'utilisation d'un marquage descriptif défini par une DTD XML. C'est le format qui paraît le plus adapté aux objectifs que nous avons identifiés. Son pouvoir d'expression, actuellement limité, fait l'objet de nouveaux travaux par le groupe de travail SYMM qui a publié récemment une proposition pour une nouvelle version de SMIL [W3C 99b].



### 3.2. *Problématique édition*

Les documents multimédia intègrent une dimension temporelle en plus des dimensions spatiale, logique et hypertexte. Cette dimension temporelle est définie d'une part par les caractéristiques temporelles des objets multimédia et d'autre part par l'enchaînement temporel de ces objets. L'édition de documents comportant des objets multimédia (image, son, vidéo, ...) organisés dans la dimension temporelle est une tâche complexe car l'entité à construire est une entité dynamique dont il faut spécifier le *scénario* temporel. De plus, le comportement d'un document multimédia peut varier d'une présentation à une autre du fait des réactions aux interactions du lecteur et/ou du contexte de présentation. De ce fait, la nature dynamique des objets manipulés ainsi que la variété des comportements qui en résulte empêche la fusion simple des phases d'édition et de présentation.

L'objectif d'un environnement de composition de documents multimédia est de combiner au mieux un fort pouvoir d'expression tout en conservant un mode d'édition interactif et convivial. Aujourd'hui nous pouvons distinguer plusieurs catégories d'approches pour les environnements d'édition multimédia :

- Les approches fondées sur des langages de script comme Lingo de Director [MAC 99] par exemple. Avec ce type de langage de programmation, il est possible d'exprimer des scénarios aussi complexes que l'on veut : le scénario est spécifié sous forme opératoire par un ensemble d'instructions « événement & conditions -> actions ». Le point faible de ces approches vient de leurs capacités limitées à répondre aux besoins des auteurs : les compétences en programmation requises pour les utiliser restreignent leur emploi aux seuls informaticiens ; il est de plus très difficile de percevoir l'enchaînement temporel des objets par la simple lecture d'un script car la composition temporelle est dispersée dans le script ; enfin, comme pour tout langage de programmation, la mise à jour d'un scénario est une tâche souvent délicate du fait des erreurs qu'il est facile d'y introduire.

- Les approches fondées sur l'utilisation d'une interface conviviale, mais qui ont souvent un pouvoir d'expression relativement pauvre. L'environnement Director [MAC 99] est de ce type et c'est pour cela qu'il est couplé avec un langage de programmation (en l'occurrence Lingo) pour pallier son manque d'expressivité. C'est aussi le cas des environnements qui offrent un ensemble de modèles prédéfinis où l'auteur n'a plus qu'à affecter un contenu aux objets prédéfinis [REA 99]. L'inconvénient majeur de cette approche, qui a le mérite de permettre à des auteurs non informaticiens de réaliser des présentations multimédia, est son incapacité à s'adapter à des besoins de création plus avancés, notamment en ne permettant pas à l'auteur de sortir des structures prédéfinies.

- Les approches qui essayent d'avoir à la fois un environnement convivial tout en offrant un fort pouvoir d'expression dans la dimension temporelle. C'est par exemple ce que l'on voit émerger avec les éditeurs pour le langage SMIL [GRi 99], [TAG 99] qui permettent d'exprimer l'enchaînement temporel entre les objets pas les biais d'opérateurs temporels comme l'opérateur séquence et l'opérateur parallèle.

Ces opérateurs sont suffisamment simples et intuitifs pour être utilisés par des auteurs non informaticiens. Cependant on peut regretter dans ces environnements la faible intégration de la phase d'édition, pendant laquelle l'auteur définit la structure spatiale et temporelle du document, avec la phase de présentation où l'auteur voit le résultat de ses opérations d'édition.

De cette analyse, il est clair que la problématique d'édition multimédia est loin d'être résolue. Nous proposons ci-dessous un certain nombre de critères à respecter pour qu'un environnement de création de document multimédia aide l'auteur à maîtriser la complexité de la tâche d'édition :

- L'environnement auteur doit être utilisable sans compétences en programmation informatique.

- L'environnement doit permettre à l'auteur de réduire la complexité de son document et de lui faciliter la réutilisation des parties déjà spécifiées. Ceci peut être permis par exemple par l'utilisation d'une méthode de décomposition du document (décomposition hiérarchique et/ou logique).

- L'environnement auteur doit permettre de modifier facilement les documents en cours de conception de façon à permettre un processus incrémental de création. Ceci peut être permis par exemple par l'utilisation de relations entre les objets pour décrire leur placement plutôt que l'utilisation d'un placement absolu.

- L'environnement auteur doit offrir des supports visuels permettant de percevoir le scénario en cours de spécification. Cette perception peut se faire de plusieurs façons : soit par une visualisation directe du document, soit par la visualisation du scénario temporel avec l'aide de métaphores, comme par exemple avec des vues timeline comme dans Director. Il faut cependant que le basculement vers le mode présentation soit facile.

Les travaux menés dans le projet Opéra et décrits dans la section 4.2 ont pour but la création d'outils auteur de documents multimédia qui répondent à ces critères en alliant un fort pouvoir d'expression et avec une interface qui permet une édition « directe » proche d'un mode Wysiwyg<sup>7</sup>.

### **3.3. *Problématique de gestion d'un fonds documentaire***

Cette section identifie les problèmes qui se posent lors de la phase de gestion des unités documentaires (cf section 2.2). Elle décrit ainsi ce que l'introduction de données multimédia, intégrant la composante temps, induit dans les mécanismes de gestion de configuration et lors de l'évolution d'une unité documentaire. Elle se termine par l'identification de la gestion de la qualité des documents multimédia dans ce même fonds documentaire.

---

<sup>7</sup> *What You See Is What You Get*: ce qui est présenté à l'écran lors de l'édition est ce qui sera perçu par le lecteur du document.

### 3.3.1 *Gestion en configuration*

Chaque avion est différent, même à l'intérieur d'une même famille d'avion dans la flotte d'une même compagnie ; on parle de *configuration avion*. La documentation se doit de refléter ces différences de configuration, et par conséquent les unités documentaires qui la composent sont gérées en configuration. Une unité documentaire est applicable pour une configuration donnée. Dans le contexte des documents multimédia, l'apparition des mécanismes de synchronisation va ajouter à la gestion de configuration les difficultés liées à l'utilisation de données multimédia.

Par exemple, une unité documentaire spécifie la synchronisation d'une vidéo et d'une bande sonore ; dans le cas de l'avion 823, la vidéo et la bande sonore sont de durée égale, alors que pour l'avion 827, la bande sonore dure 2 fois plus que la vidéo. Dans ce cas les mécanismes de gestion de configuration vont devoir prendre en compte cette différence et vérifier que ce scénario temporel est valable pour chacune des configurations.

### 3.3.2 *Évolution des données*

Il est courant dans les processus actuels que les unités documentaires subissent des évolutions (correction d'une donnée, ajout d'informations...). Pour une documentation classique de type texte et graphique, ces évolutions sont gérées à la production des documents finaux : l'incorporation de l'unité documentaire met à jour automatiquement ces derniers.

Dans le cadre de documents multimédia, la présence de la dimension temporelle induit que la prise en compte des évolutions de données soit réalisée avant la production des documents. On pourrait en effet se retrouver devant l'impossibilité d'assurer l'assemblage du document : une vidéo et une bande son doivent avoir la même durée lors de la présentation mais la bande son a vu sa durée doubler. Dans ce cas une partie de la bande son risque d'être présentée sans être accompagnée d'une image vidéo.

Il est donc nécessaire de vérifier que la donnée qui évolue pourra être présentée en accord avec les spécifications temporelles de l'unité documentaire dont elle fait partie, et que le système disposera des informations nécessaires à sa présentation. Du fait de la réutilisation des unités documentaires, cette vérification devra être réalisée dans chacun des contextes d'utilisation de la donnée qui évolue.

### 3.3.3 *Cohérence et qualité des unités documentaires*

Nous avons également identifié la nécessité de gérer dans un fonds documentaire multimédia des informations pour garantir la cohérence et la qualité des unités documentaires. Par exemple lorsque le rédacteur d'un document décide d'afficher un graphique pendant au moins 5 secondes parce qu'il estime qu'une durée inférieure ne permettrait pas de le comprendre, il faut garder la trace de cette information pour pouvoir l'utiliser lors de la modification des scénarios temporels. De même un scénario temporel recalculé automatiquement peut générer la présentation simultanée d'une vidéo de 3 minutes avec une bande son de 20 secondes sans que cela ait vraiment un sens pour l'utilisateur du document.

En allant plus avant, nous pensons que ces informations sont des données *intrinsèques* aux média (images, vidéos, graphiques...) et en tant que telles, elles doivent être gérées avec ceux-ci. Ceci est très important dans le cadre de la réutilisation des données du fonds, puisque cela permet à un rédacteur de document multimédia de connaître les contraintes d'utilisation du média qu'il emploie et d'éviter de spécifier des scénarios temporels en désaccord avec celles-ci.

### **3.4. Production et présentation**

Dans le cadre de la gestion d'une documentation multimédia, il est nécessaire de distinguer le processus de production de celui de présentation, contrairement à la documentation classique (cf. section 2.2.2.3) pour laquelle la présentation correspond simplement à la fourniture des sources SGML et/ou au format papier de la documentation. Le caractère dynamique introduit par les données multimédia induit des besoins spécifiques tant au niveau de la production qu'au niveau de la présentation des documents.

De plus, le cadre d'utilisation de la documentation technique aéronautique fait qu'elle nécessite une qualité sans faille et l'assurance d'un contenu clair et cohérent. Nous discutons ici de ce que ces nécessités signifient pour la production et la présentation de documents multimédia.

#### *3.4.1 Processus de production*

Comme pour la publication de documents classiques (textes et graphiques) la publication de documents multimédia consiste à rassembler les unités documentaires pour les présenter en accord avec les modèles de documents. Dans l'hypothèse où la cohérence temporelle des documents est gérée dans le fonds documentaire (cf. 3.3), il s'agit de recomposer, à partir des unités documentaires du fonds, un document directement exploitable par son utilisateur : par exemple, à partir du fonds, produire le document en vigueur pour l'avion 823. C'est aussi dans cette phase qu'il est nécessaire de prendre en compte les caractéristiques de la plate-forme et le profil de l'utilisateur.

Cette phase de production intervient également lors du processus de réédition, les unités d'édition et les unités de gestion étant différentes. En effet les documents à rééditer sont contenus sous la forme d'unités documentaires dans le fonds et il est nécessaire de les recomposer avant de les modifier.

#### *3.4.2 Processus de présentation*

La fonction de présentation (ou exécution) d'un document multimédia est nécessaire lors de plusieurs phases de son cycle de vie : lors de la création et lors de la consultation. La présentation d'un document multimédia consiste en la restitution des objets média qu'il contient en respectant d'une part les contraintes internes représentées par les relations de composition entre ces objets et d'autre part les contraintes externes imposées par la disponibilité des ressources de la plate-forme d'exécution. La prise en compte de ces contraintes soulève de nombreux problèmes

dans la réalisation des fonctions de présentation comme la synchronisation et la navigation temporelle :

- La synchronisation de la présentation comprend la *synchronisation intra-objets*, c'est-à-dire entre les composants d'un même objet média (par exemple pour assurer la succession régulière des images d'une vidéo ou des échantillons d'une audio) et la *synchronisation inter-objets* entre des objets différents : c'est celle qui est spécifiée par l'auteur dans le scénario temporel du document (par exemple, un texte s'affiche en même temps qu'une vidéo commence). Un cas particulier de synchronisation inter-objets est la synchronisation fine (ou lip-sync) lorsqu'une synchronisation interne à deux objets doit alors avoir lieu pour assurer une cohérence entre leur état d'avancement respectif (par exemple entre une vidéo et son commentaire audio).

- La navigation temporelle comprend les hyperliens classiques, étendus pour prendre en compte la dimension temporelle, ainsi que des fonctions de parcours dans le temps, de façon similaire aux boutons d'accélération, pause, etc. des lecteurs de disques ou de cassettes audio ou vidéo. Nous distinguons donc :

- *La navigation indépendante du document* : cette forme de navigation est fournie au travers de boutons de contrôle du temps (TAC : Temporal Access Control) au niveau du système de présentation, comme les boutons de pause, reprise, accélération en avant ou en arrière, saut d'une scène à l'autre, etc. Ces fonctions de navigation étant indépendantes du document présenté, elles n'apparaissent pas dans la spécification du scénario du document.

- *La navigation dépendante du document* : cette forme de navigation est conçue par l'auteur du document de façon à aider les lecteurs dans leur parcours du document. Elle fait donc partie de la spécification du document. Cette navigation est définie par des *objets activables* (ou boutons d'interaction).

Dans le cadre particulier de la documentation aéronautique, le contenu des documents possède certains caractères critiques liés aux types de travaux qu'ils décrivent et aux produits qu'ils traitent. On peut prendre comme exemple les *Warnings* dont la lecture est obligatoire avant l'exécution d'une tâche de maintenance sur un avion. Pour prendre en compte ce type de contrainte de lecture, il est nécessaire de spécifier des scénarios de navigation et de contrôler l'interactivité des utilisateurs avec les documents. On peut penser par exemple à établir le caractère obligatoire ou non d'un document, ou encore s'assurer que les documents pré-requis ont été consultés.

### 3.5. Bilan de l'analyse

De cette étude des problèmes liés au traitement de l'information multimédia tout au long du cycle de vie des documents techniques aéronautiques, il résulte un certain nombre de principes qui sont à la base de la conception de l'environnement intégré présenté dans la section 4 ci-dessous.

Tout d'abord, il est nécessaire de pouvoir traiter l'information multimédia selon des niveaux de décomposition multiples : niveau document lors de la création et de la production, unités documentaires et média de base pour le stockage dans le fonds.

De plus, pour permettre la réutilisation de parties de documents (voire de documents entiers), d'autres niveaux intermédiaires sont nécessaires.

À chaque niveau de décomposition, il est nécessaire d'attacher d'une part des comportements temporels qui spécifient le résultat attendu de l'exécution du document lors de la production, et d'autre part des contraintes qui spécifient les conditions d'évolution et de réutilisation des unités du fonds documentaire.

Enfin, nous avons vu qu'il n'y a pas encore de proposition de format de représentation qui couvre les besoins identifiés ici. Il est donc nécessaire de concevoir un environnement qui soit le plus indépendant du format utilisé et dont l'architecture soit évolutive.

Ces principes de décomposition, évolutivité et réutilisation sont au cœur des systèmes à objets. Il est donc naturel que les choix de conception de l'environnement que nous proposons s'appuient sur des concepts objet, que ce soit pour les modèles de données ou bien pour l'architecture de l'environnement.

#### **4. Un environnement intégré pour l'aéronautique**

Le système décrit dans cette section résulte d'une part de travaux menés initialement séparément à Aerospatiale Matra Airbus (Toulouse) et à l'Inria Rhône-Alpes (projet de recherche Opéra), et d'autre part d'une activité commune qui vise à intégrer les savoir-faire acquis dans les deux équipes pour mieux couvrir les besoins d'une chaîne documentaire multimédia.

Les points forts des travaux de Aerospatiale Matra Airbus portent sur la modélisation de l'information multimédia (initialement hypermédia [FRA 97]) et sa gestion sous forme d'un fonds documentaire permettant l'évolution et la réutilisation de l'information. Les expérimentations ont été effectuées avec une base de données objet [O2 98].

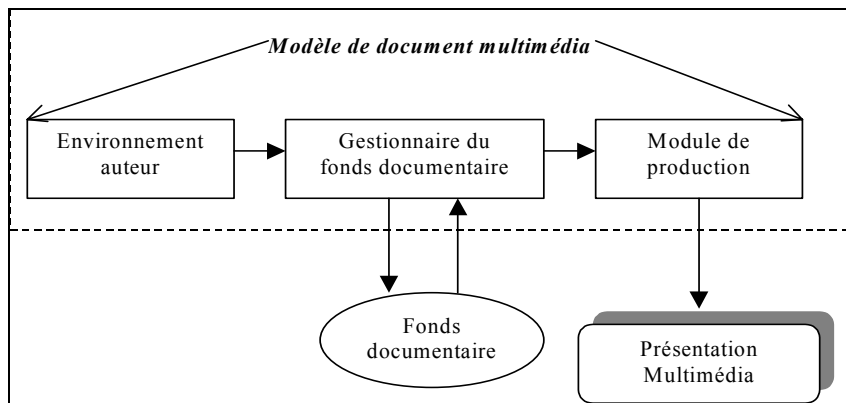
De son côté, le projet Opéra a abordé les recherches sur le multimédia depuis 1994 selon trois directions complémentaires : la modélisation de l'information temporelle [LAY 97], la conception d'environnements auteur réellement conviviaux ([JOU 98b] et [JOU 98c]) et la conception de systèmes de présentation multimédia performants [SAB 99]. Ces travaux sont expérimentés dans le système d'édition/présentation Madeus [JOU 98] caractérisé par une approche de spécification à base de contraintes. Plus récemment, l'architecture de ce prototype a été redéfinie de façon à offrir les fonctions de base de l'environnement sous forme d'une boîte à outils (appelée Kaomi [JOU 99]) à partir de laquelle des environnements spécifiques à chaque type de langage peuvent être construits.

L'environnement que nous décrivons ci-dessous est constitué des composants suivants (cf. figure 3) :

- Un modèle de document multimédia issu des deux expériences précédentes (cf. section 4.1).
- Un environnement auteur construit avec la boîte à outils Kaomi (cf. section 4.2).

- Un système de gestion de fonds documentaire qui prend en compte les contraintes liées aux aspects temporels au travers d'un modèle de données comportant le concept de «granule de synchronisation» (cf. section 4.3).
- Un module de production qui réalise les fonctions d'assemblage des unités documentaires du fonds et en assure leur présentation synchronisée (cf. section 4.4).

#### 4.1. *Modèle de document*



**Figure 3 .** *Organisation des composants*

Dans cette section, nous commençons par décrire un premier niveau de modèle pour les objets média de base. Nous introduisons ensuite le modèle de composition.

##### 4.1.1 *Le modèle des objets de base*

Les documents multimédia sont composés d'un ensemble de média de nature très diverse. L'objectif du modèle décrit dans cette section est de regrouper de façon homogène ces média, ceci grâce aux mécanismes d'encapsulation et d'abstraction de l'approche objet [HER 95]. Nous en rappelons les principaux concepts ci-dessous de ce modèle qui a fait l'objet d'un précédent article [SAB 98].

La figure 4 représente la hiérarchie de classes du modèle des objets de base. La classe *MediaObject* caractérise les propriétés communes à tous les média de base. Ces propriétés peuvent être par exemple la taille d'affichage, la nature critique ou non de l'information contenue, etc. Cette classe peut être spécialisée (par relation d'héritage) afin de répondre à l'évolution de nouveaux types de média. Les média sont classés selon qu'ils sont statiques (*GraphicObject*, *TextObject*, etc.) ou dynamiques (*VideoObject*, *SoundObject*, etc.) [DUL 98c].

*Erreur ! Des objets ne peuvent pas être créés à partir des codes de champs de mise en forme.*

**Figure 4.** *Modèle des objets de base*

4.1.2 *Modèle de composition*

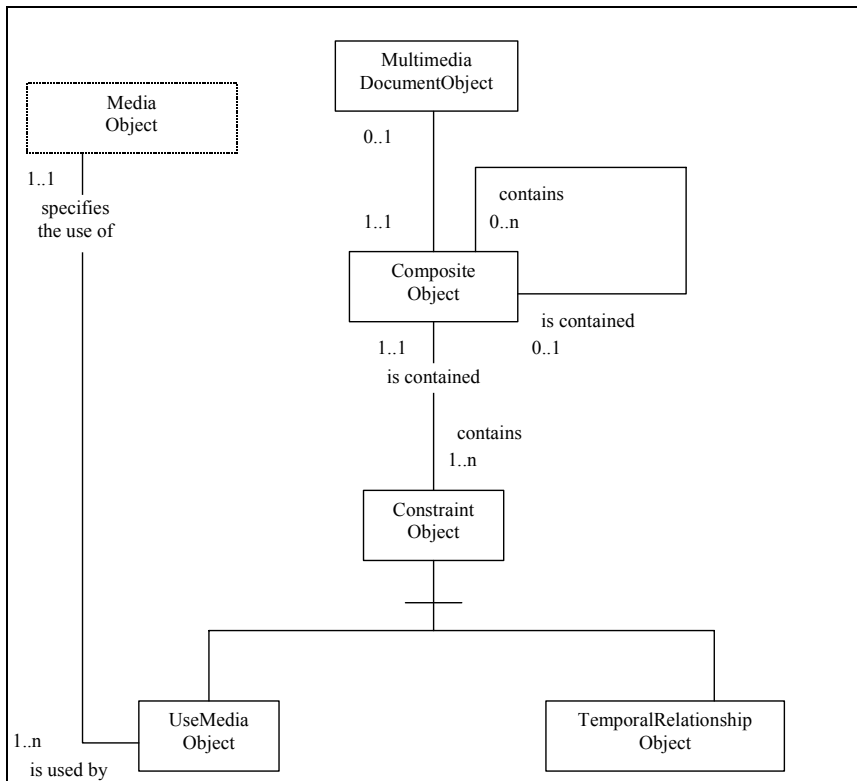
Au modèle des objets média, nous ajoutons un modèle qui décrit les différents types de relation de composition et de synchronisation qui existent entre ces objets à l'intérieur d'un document multimédia. Ce modèle décrit en particulier l'approche structurelle qui a été choisie aussi bien par l'INRIA que par Aerospatiale Matra Airbus [DEC 99], et également envisagée par [MOC 97] [SEN 96] [HAR 93].

Un document multimédia (MultimediaDocumentObject) se décompose ainsi en une structure arborescente dont les nœuds portent le nom de CompositeObject. Ceux-ci contiennent en plus de leurs CompositeObject fils, des objets de type ConstraintObject qui correspondent soit à des contraintes d'utilisation des média (UseMediaObject), soit à des relations temporelles (TemporalRelationshipObject) :

- L'objet UseMediaObject est défini pour apporter une solution à la possible réutilisation d'un même média dans un ou plusieurs documents multimédia, comme par exemple une bande sonore réutilisée dans plusieurs tâches de maintenance. Pour traiter au mieux la réutilisation, il est nécessaire de ne pas dupliquer les informations dans le fonds documentaire (élimination des incohérences). Toutefois un même média peut être utilisé de plusieurs façons différentes, une image sera affichée 5 secondes dans un cas et 10 secondes dans l'autre. Il faut alors pouvoir garder dans le fonds documentaire ces deux types d'utilisation. C'est pourquoi avec les objets de type UseMediaObject nous formalisons cette notion d'utilisation comme dépendante du document et partie intégrante de sa structure.



- L'objet TemporalRelationshipObject est la représentation de relations de synchronisation de type binaire entre des objets de type CompositeObject ou UseMediaObject.



**Figure 5.** Modèle de composition

Chaque composite dispose d'un jeu de relations temporelles (et éventuellement spatiales) qui exprime le placement temporel (par exemple, qu'une vidéo soit présentée après un texte et en même temps qu'un commentaire sonore) des objets de ce composite. On parle alors de *scénario* d'un composite et donc d'un document multimédia. Ce mode d'expression permet un placement relatif plus souple par rapport au placement absolu qui nécessite de spécifier toutes les informations temporelles attachées à ces objets (instants de début et de fin, durée).

De nombreux travaux ont porté sur le problème de la spécification temporelle, la référence dans ce domaine étant le jeu de relations proposé par Allen [ALL 83] et qui est représenté dans le tableau 1. Nous avons choisi d'utiliser ces relations en les complétant par un jeu de relations d'interruption (c.f. tableau 2). Ainsi, par exemple :

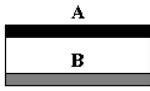
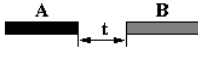
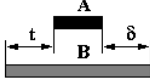
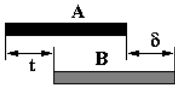

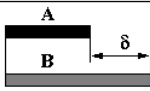
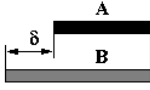
Relations	Représentation Graphique	Contraintes Numériques
A equals B		$dur(A) = dur(B)$
A before(t) B		—
A during(t) B		$t < dur(B) - dur(A)$ & $t > 0$ & $\delta > 0$
A overlaps(t) B		$t > dur(A) - dur(B)$ & $t > 0$ & $\delta > 0$
A meets B		—
A starts B		$dur(A) < dur(B)$
A finishes B		$dur(A) < dur(B)$

Tableau 1. Relations d'Allen

- A equals B spécifie que les objets A et B se jouent en même temps et avec une même durée ;

- A before(t) B spécifie que l'objet A se joue avant l'objet B, avec un décalage de t unités de temps ;

- A parmin B spécifie que les deux objets démarrent en même temps et se terminent lorsque le plus court se termine.

À partir de cette liste de relations (contraintes), le système peut vérifier la cohérence du document : l'existence d'au moins une solution (pour chaque objet, une date de début et une durée) qui respecte toutes les contraintes ; il peut ensuite produire statiquement et/ou dynamiquement une (des) solution(s) de placement temporel à partir des spécifications : par analogie aux systèmes d'édition conventionnels, on parle de *formatage temporel*. Le document formaté peut alors être présenté à l'auteur/ lecteur dans une vue de présentation sur laquelle ce dernier peut agir selon les fonctions d'interaction qui lui sont proposées.

Relations	a) $B \ll A$	b) $A \ll B$	c) Durée (X)
1 Parmi (A, B)			$[l_A, u_A]$
2 Pendant (A, B)			$[\min(l_A, l_B), \min(u_A, u_B)]$
3 Pendant (A, B)			$[\max(l_A, l_B), \max(u_A, u_B)]$

#### 4.2. Environnement auteur

Dans cette partie nous décrivons le composant d'édition de la chaîne documentaire qui permet de créer et de modifier des documents multimédia selon le modèle décrit précédemment. Nous décrivons tout d'abord les fonctions d'édition principales proposées pour l'environnement aéronautique (principalement issu de l'environnement auteur Madeus). Nous présentons ensuite comment cet environnement auteur est construit au-dessus de la boîte à outils Kaomi : description de ses principes, de son utilisation, de son architecture et de son extensibilité. C'est grâce aux services de cette boîte à outils qu'il nous est possible de réaliser le composant d'édition pour la documentation technique aéronautique.

##### 4.2.1 Fonctions d'édition de haut niveau

Le modèle de Madeus [LAY 97], [JOU 98] fait partie des modèles déclaratifs à base de contraintes. L'auteur spécifie ce qu'il souhaite obtenir comme placement temporel (par exemple, qu'une vidéo soit présentée après un texte et en même temps qu'un commentaire sonore) sans avoir à spécifier toutes les informations temporelles attachées à ces objets (instants de début et de fin, durée). Un scénario est donc défini par un ensemble de relations temporelles (avant, pendant, ...) entre les objets et une spécification de la durée souhaitée de chaque objet sous forme d'un intervalle de valeurs possibles.

À partir de ce modèle, l'environnement d'édition et de présentation de documents structurés multimédia offre les fonctions d'édition suivantes :

- Édition incrémentale.
- Vérification statique et incrémentale de la cohérence des scénarios à chaque étape d'édition, c'est-à-dire de l'existence d'au moins une solution (pour chaque objet, une date de début et une durée) qui respecte toutes les contraintes.
- Calcul des informations temporelles (*formatage temporel*).

- Visualisation des scénarios.

Grâce à la phase de formatage, la modification d'un document est plus simple. En effet, une modification locale comme le changement de la durée d'un objet, l'ajout ou le retrait d'une relation ou d'un objet sera automatiquement répercutée sur le reste du document, tout en conservant les synchronisations temporelles auparavant exprimées. Étant donnée la nature très itérative du processus de création d'un document, cette facilité avec laquelle l'auteur peut modifier son document constitue un avantage certain.

Ces principales fonctions se retrouvent dans la boîte à outils décrite ci-dessous. Les points forts de cet environnement sont d'une part les possibilités liées à l'usage de contraintes (vérification du scénario, incrémentalité) et d'autre part l'intégration de fonctions de présentation au sein de l'environnement d'édition.

#### 4.2.2 *Principes de la boîte à outils Kaomi*

Kaomi a été développé en Java en utilisant une architecture orientée objet qui permet l'implantation d'un ensemble de services pour l'édition dans un environnement multi-documents et multi-vues extensible [JOU 99].

Les principaux critères retenus pour la conception de cette boîte à outils ont été :

- la portabilité de l'application ;
- la réutilisation de composants logiciels existants (JMF, xml4j, Swing) ;
- l'extensibilité pour l'ajout de nouveaux services, de nouvelles vues ;
- l'évolutivité des services existants qui permet de remplacer certains des composants utilisés (résolveur de contraintes, players de média, ...).

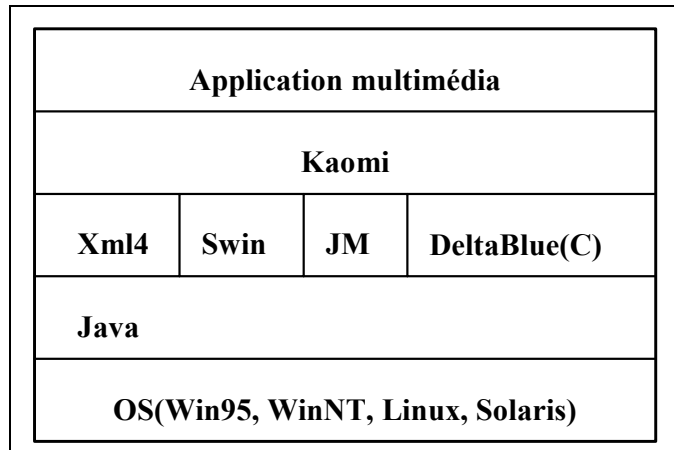
#### 4.2.3 *Utilisation de Kaomi*

L'utilisation de la boîte à outils Kaomi est conditionnée par un ensemble de pré-requis liés au langage source dont on veut créer un environnement auteur :

- L'interprétation (d'une partie) de la dimension temporelle du document doit pouvoir se traduire sous la forme d'un graphe pour pouvoir bénéficier des services prédictifs offerts par Kaomi (visualisation du scénario, ...).
- Il faut fournir un ensemble de méthodes d'interprétation du format source (qui seront utilisées par l'analyseur syntaxique lors du chargement du document). Les méthodes inverses doivent également être fournies pour permettre la sauvegarde du document selon ce format source.

Si ces deux pré-requis sont assurés, la boîte à outils Kaomi offre les services suivants :

- Un ensemble de vues d'édition prédéfinies : la vue textuelle, la vue de présentation, la vue des objets et la vue scénario. Les opérations d'édition peuvent être effectuées dans chacune de ces vues.
- Un mécanisme d'extension dans le but de construire de nouvelles vues, par exemple pour afficher la structure hypermédia du document ou pour montrer des informations spécifiques au langage d'édition.



**Figure 6.** Boîte à outils Kaomi

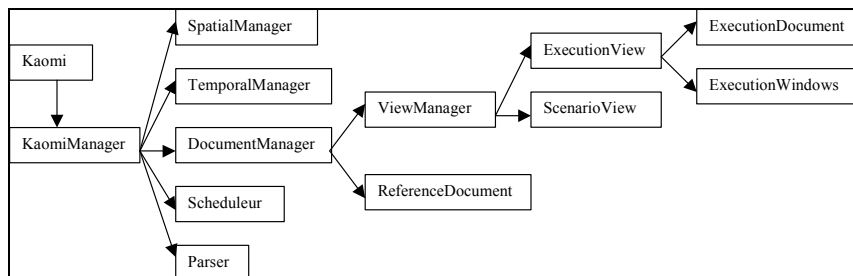
- Une synchronisation entre les vues : lorsqu'un objet est sélectionné dans l'une d'elles, les autres vues sélectionnent également cet objet en modifiant en conséquence leur affichage.
- Un ensemble d'opérations d'édition de base, comme l'ajout d'objets et de relations, la modification d'un attribut.
- Un mécanisme d'extension des services d'édition de base soit par l'ajout de nouveaux services (par exemple l'édition des régions SMIL dans la vue de présentation), soit par l'enrichissement de ces services (ajout de nouveaux opérateurs spatiaux et/ou temporels).

À titre indicatif, la boîte à outils représente environ 75.000 lignes de code. Outre l'expérience avec le langage Madeus, un environnement auteur pour le langage Smil a été réalisé à partir de Kaomi. Chacun de ces environnements représente environ 5000 lignes de code.

#### 4.2.4 Architecture objet de la boîte à outils Kaomi

Nous allons maintenant décrire de façon plus précise l'implémentation de Kaomi. Dans la figure 6 ci-dessous, on peut voir comment s'intègre Kaomi dans une application multimédia (par exemple l'environnement d'édition multimédia aéronautique). Kaomi est construite au-dessus d'un ensemble de boîtes à outils existantes (JMF, Swing,...) et de services de base (comme par exemple Xml4j qui fournit un cadre générique pour réaliser des analyseurs syntaxiques de fichiers XML).

Les principales classes sur lesquelles repose l'architecture de Kaomi (voir figure 7) sont les suivantes :



**Figure 7 :** Relations de composition entre les principales classes de Kaomi

- Kaomi est le point d'entrée de l'application : elle gère le contexte global de l'application comme les préférences de l'utilisateur et l'accès aux ressources du système.

- KaomiManager implante les fonctions pour assurer les traitements multi-documents. Elle accède ainsi aux services partagés par les documents, comme les résolveurs de contraintes (TemporalManager, SpatialManager) ou l'ordonnanceur (Scheduler). Elle permet aussi de fournir un ensemble de services impliquant une interaction entre plusieurs documents : copier/coller entre documents, insertion d'hyperliens.

- DocumentManager a la responsabilité de gérer les traitements sur un document. Pour cela il accède aux informations relatives au document (classe ReferenceDocument) au gestionnaire de vues (classe ViewManager) et au gestionnaire de fenêtres.

- ReferenceDocument contient les structures internes du document (structures d'arbre et de graphe). Cette classe contient les données communes à toutes les vues, ainsi que toutes les données nécessaires à l'environnement auteur. Le document de référence repose sur une structure hiérarchique, les nœuds implantant les média composites et les feuilles les média de base.

- ViewManager gère l'ensemble des vues ouvertes. Chaque vue est gérée par une classe (ExecutionView, ScenarioView, etc.) qui contient les données correspondant à celles du document de référence étendues par des attributs dépendant de la vue (par exemple les informations de placement spatial de la vue scénario). La classe ViewManager s'occupe de gérer la cohérence entre les vues, ainsi que la communication entre les différentes vues d'un même document.

#### 4.2.5 Extensibilité de la boîte à outils

Nous avons vu que Kaomi offrait plusieurs services de base, et notamment la possibilité d'étendre facilement cette boîte à outils. Techniquement, la mise en œuvre de l'extension se réalise soit par l'utilisation d'algorithmes génériques s'appuyant sur un ensemble de paramètres externes sous forme de fichiers de configuration, soit grâce au mécanisme d'héritage, soit en proposant plusieurs implémentations d'interface des services de la boîte à outils. Par exemple, il est possible de :

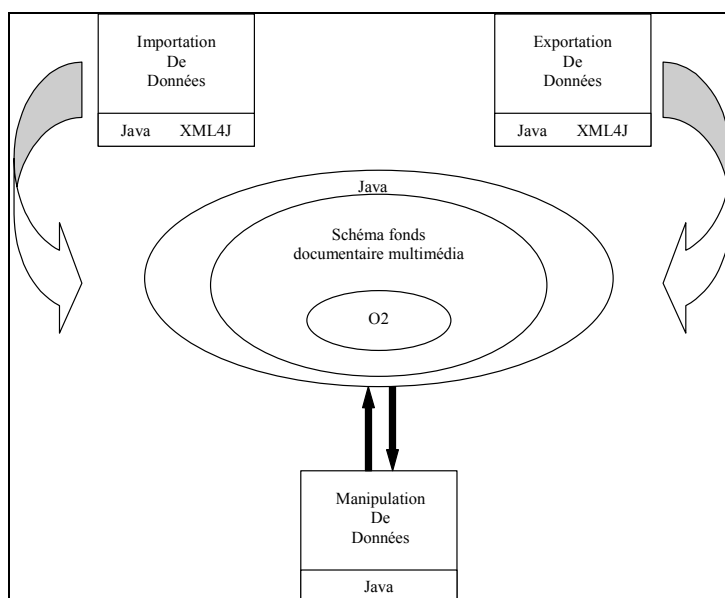
- Changer de résolveur spatial ou temporel en proposant une nouvelle implémentation. Le choix du résolveur s'effectue dans la classe KaomiManager (cf. section ci-dessus) à partir de critères externes ;
- Configurer l'interface utilisateur en fonction de l'application multimédia, comme notamment l'ajout d'entrées dans les menus. La construction est dynamique et s'appuie sur des paramètres externes ;
- Construire dynamiquement la palette d'attributs spécifiés dans le langage source en utilisant un fichier de paramètres contenant les attributs à éditer et leurs critères de présentation ;
- Ajouter de nouvelles vues. Cette extension repose d'une part sur le mécanisme d'héritage pour profiter des services communs à toutes les vues (création des menus de base, synchronisation sur la sélection, etc.), et d'autre part sur un algorithme générique de création du document étendu. Nous avons vu dans la section précédente que les données communes à toutes les vues sont stockées dans un document de référence. Chaque vue a la possibilité de filtrer ces données, d'en ajouter de nouvelles et de façon générale de transformer la structure hiérarchique pour répondre à son besoin de présentation. Par exemple, la vue scénario conserve uniquement les attributs temporels et transforme les délais induits par les relations temporelles (comme A before (5) B) en média de l'arbre pour permettre leur affichage dans cette vue.

### **4.3. La gestion du fonds multimédia**

Dans cette partie, nous décrivons le composant de gestion du fonds de la chaîne documentaire. Ce composant est issu des travaux menés par Aérospatiale Matra Airbus. Nous présentons tout d'abord une vue d'ensemble de ce fonds documentaire multimédia. Puis nous expliquons comment nous avons choisi de traiter la réutilisation des données et nous finissons par la description du mécanisme de formatage temporel utilisé au sein du fonds documentaire multimédia.

#### *4.3.1 Vue d'ensemble du fonds documentaire et de son environnement*

Les modèles présentés dans la section 4.1 ont été implémentés dans un système de gestion de base de données orienté objet : O2. Cette implémentation effectuée en Java a tiré profit de l'existence d'une liaison Java-O2 permettant de conserver un développement purement Java et l'utilisation du langage de requêtes OQL.



**Figure 8 :** *Vue d'ensemble du fonds documentaire multimédia*

Parallèlement à cela, nous avons également développé des accessoires permettant d'accéder et de visualiser les données contenues dans le fonds documentaire ainsi que des services pour l'importation et l'exportation de données dans et hors du fonds documentaire.

L'outil de manipulation et de visualisation de la base présente une vue de l'arborescence des documents présents dans le fonds documentaire (cf. figure 9) et permet la manipulation des objets contenus par la base. L'utilisation de l'approche objet a permis à cet outil la généralisation des mécanismes de mises à jour et d'interrogation.

Les outils d'importation et d'exportation sont utilisés pour intégrer les documents créés à la base et exporter les documents contenus à destination des composants de présentation ou bien à destination des composants d'édition pour une réédition (cf 4.4). Ces deux outils manipulent des documents XML dont la DTD définit les propriétés des média et les scénarios temporels. L'utilisation de l'analyseur syntaxique Xml4j permet d'obtenir un arbre d'objets représentant le document XML et conforme au Document Object Model (DOM).



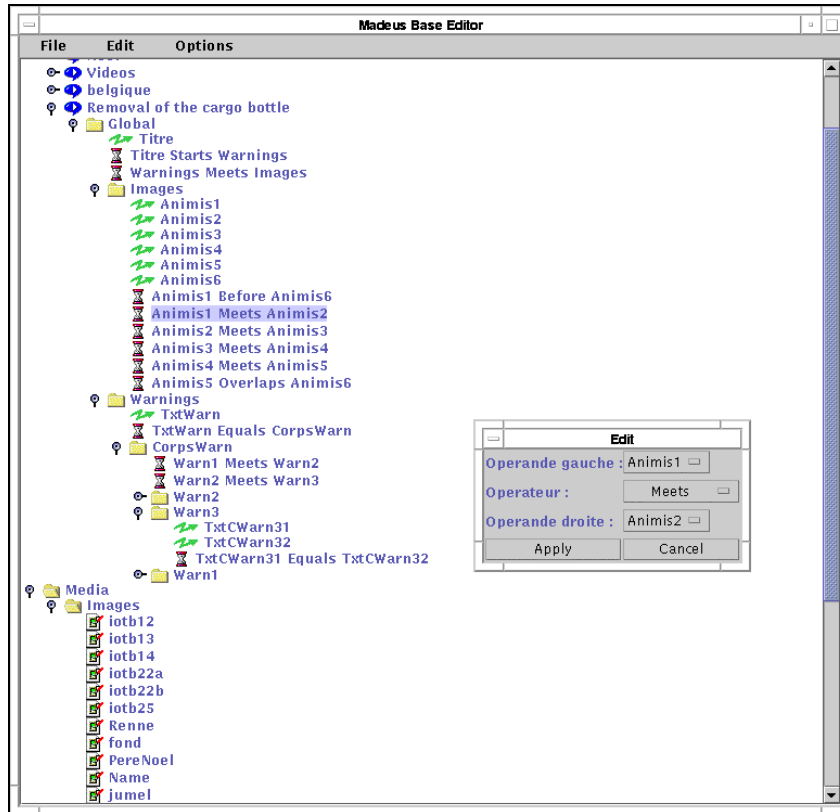
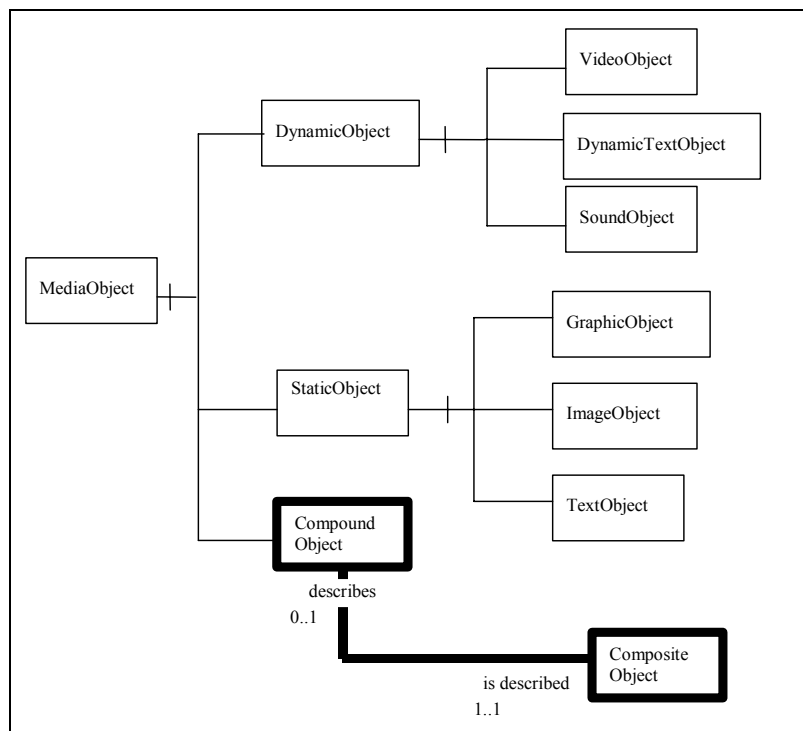


Figure 9 : Visualisation du fonds documentaire

#### 4.3.2 Gestion de la réutilisation de données

Lors de la présentation des problèmes liés à la gestion de la documentation aéronautique, nous avons évoqué la nécessité de la réutilisation des données dans le fonds documentaire. La réutilisation, par les processus actuels, est basée sur les unités documentaires qui sont les entités de gestion du fonds documentaire. Avec les modèles présentés dans la partie 4.1, le fonds documentaire multimédia est en mesure d'offrir les mêmes mécanismes que ceux existant à ce jour.

Cependant, il apparaît que dans le cadre du multimédia ce niveau de réutilisation n'est pas suffisant. Un système multimédia complet doit permettre la réutilisation de non seulement des média mais aussi des unités documentaires déjà réalisées : elles sont alors utilisées comme les média décrits dans le modèle des objets de base. C'est pourquoi nous proposons de spécialiser l'objet `MediaObject` par l'objet `CompoundObject`. Cet objet est la représentation dans ce modèle d'un assemblage multimédia déjà réalisé et réutilisable. C'est pourquoi cet objet est en relation avec



**Figure 10 :** Prise en compte de la réutilisation

un objet de type CompositeObject qui assure la description du scénario du CompoundObject.

La réutilisation est donc rendue possible et complète avec cette extension. Cependant, si ces travaux visent à automatiser la gestion de documents multimédia, nous avons conscience du fait qu'il n'est pas possible de parvenir à une automatisation complète.

En effet, parfois les contraintes temporelles d'un document multimédia ne peuvent être satisfaites. De même, dans le contexte de la réutilisation des unités documentaires déjà créées l'évolution de l'une d'elles peut avoir un impact si important sur celles qui l'utilisent, qu'il sera nécessaire de gérer son évolution manuellement pour éviter de propager des modifications à de trop nombreuses unités documentaires.

C'est pourquoi nous introduisons la notion de *granule de synchronisation* que nous définissons comme suit :

« Un MediaObject, quel qu'il soit, est un granule de synchronisation ». Cela signifie que ses caractéristiques temporelles ne peuvent être modifiées sans une intervention humaine. Par conséquent les processus automatiques ne pourront modifier d'eux-mêmes ces granules de synchronisation. On s'aperçoit que par héritage cette contrainte est également valable pour les CompoundObject. Dans ce

cas elle signifie que le scénario temporel peut évoluer à l'intérieur du CompositeObject mais que ses caractéristiques temporelles seront verrouillées.

Le corollaire induit par cette règle est que « toute unité documentaire réutilisable est un granule de synchronisation ». Ceci signifie qu'au moment de la création d'une unité documentaire du type CompositeObject il faudra faire le choix entre :

- sa réutilisabilité, et les contraintes qu'elle amène (création d'un CompositeObject dans MediaModel), application de la règle du granule de synchronisation,
- sa non-réutilisabilité, et la liberté qu'elle laisse pour l'évolution de ses caractéristiques temporelles.

#### 4.3.3 *Vérification temporelle dans le fonds documentaire*

La possibilité de manipulation de scénarios temporels dans un fonds documentaire suppose la disponibilité d'un mécanisme de vérification de ceux-ci. Le besoin n'est pas ici d'être en mesure de présenter les unités documentaires à la demande mais de vérifier au fur et à mesure des évolutions qu'elles restent cohérentes temporellement. Nous avons choisi au sein de notre fonds documentaire de mettre en œuvre une vérification temporelle par l'algorithme du simplexe [DAN 62].

Au niveau d'un CompositeObject, les contraintes de durée exprimées par les UseMediaObject (durée minimum...) et les relations temporelles exprimées par les TemporalRelationshipObject sont traduites en équations et inéquations linéaires. La fonction de coût de l'algorithme est choisie comme étant la minimisation de la somme des durées des média du composite.

Ce mécanisme ne permet pas l'obtention de toutes les solutions temporelles mais permet la vérification de l'existence d'au moins une solution temporelle pour le scénario décrit par un CompositeObject. On utilise par la suite la hiérarchie des CompositeObject décrite par le schéma de la section 4.1 pour propager les modifications temporelles le cas échéant :

- Si la modification du scénario temporel d'un composite modifie sa durée on lance récursivement le mécanisme de vérification sur le composite « père ».
- Dans le cas où le composite est en relation avec un CompoundObject et décrit donc un granule de synchronisation on ne propage pas l'évolution et on signale le besoin de rééditer le composite pour en modifier le scénario temporel.

#### 4.4. *Production et présentation*

Avant de pouvoir effectuer la présentation d'un document, il est nécessaire de le ré-assembler à partir de son modèle et des unités documentaires contenues dans le fonds documentaire multimédia. Cette phase de production est réalisée par un parcours de l'arbre des composites d'un document multimédia au cours duquel on reconstruit un document XML décrivant les média utilisés et le scénario temporel. Il n'y a pas au cours de cette étape de vérifications temporelles car celles-ci ont été réalisées lors de la gestion des unités documentaires dans le fonds.

Dans le prototype que nous avons développé, la fonction de présentation (ou exécution) d'un document multimédia est d'une part intégrée à l'environnement d'édition (exécution du document dans la vue de présentation, cf. section 4.2.3), et d'autre part associée à la phase de production pour la diffusion des documents multimédia. Cette fonction met en œuvre les services de synchronisation inter et intra-objets ainsi que les services de navigation décrits en section 3.4.2.

## 5. Conclusion

Dans cet article, nous avons proposé un cahier des charges pour la prise en compte d'informations multimédia dans une chaîne documentaire pour l'aéronautique. Nous avons montré comment répondre à ce cahier des charges grâce à l'utilisation de techniques de modélisation et de développement orientées objet. Le résultat est un prototype qui couvre les différentes phases de la chaîne documentaire, à savoir : l'édition, la gestion du fonds, la production et la présentation de documents multimédia. Il est clair que pour chacune de ces phases, tous les besoins ne sont pas encore complètement couverts. En particulier, il faut prendre en compte les propriétés de placement spatial des objets média visibles. Dans un contexte de document multimédia, ces informations spatiales peuvent dépendre de contraintes temporelles ou peuvent être définies avec un paramètre temporel (déplacement d'objet par exemple). Comme pour la dimension temporelle, le placement spatial doit être spécifié sous forme relative et non absolue, que ce soit aussi bien pour faciliter le processus d'édition que pour les besoins de gestion du fonds documentaire (réutilisation et évolution des unités documentaires).

Enfin, avant d'envisager intégrer la technologie multimédia dans les circuits de production documentaire, il est nécessaire d'arriver à un niveau d'automatisation des processus de production qui soit équivalent à ceux qui existent pour la documentation technique actuelle. En particulier, il est nécessaire de travailler à la spécification de modèles génériques qui prennent en compte la dimension temporelle.

## 6. Bibliographie

- [ALL 83] ALLEN J. F., « Maintaining Knowledge about Temporal Intervals », *Communications of the ACM, Vol. 26(11)*, novembre 1983.
- [DAN 62] DANTZIG G. B., *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1962.
- [DEC 99] DECLOCHEZ W., DULUC F., « Conception d'un environnement multimédia pour la documentation technique aéronautique », *Rapport de Stage, Aérospatiale Matra Airbus, Université Paul Sabatier - Toulouse III*, Toulouse, juin 1998.
- [DUL 98a] DULUC F., « Multimédia, Hypermédia et documentation technique aéronautique », *1<sup>o</sup> journées sur la Ré-ingénierie des Systèmes d'Informations*, Lyon, France, 1-2 avril 1998.

- [DUL 98b] DULUC F., « Multimedia and aeronautical technical documentation: new challenge..., and new issues », *Markup Technologies'98 Conference proceedings*, Chicago(IL), USA, pp 135-143, novembre 1998.
- [DUL 98c] DULUC F., « Using Multimedia in aeronautical Technical documentation », *DEXA'99 Conference proceedings, Lecture Notes in Computer Science*, éd. Springer Verlag, Florence, Italie, pp 734-746, septembre 1999.
- [FRA 97] FRANÇOIS P., « Etude et conception d'une structure d'accueil de documents hypermédia structurés selon les normes SGML et Hy-Time. Application à la documentation aéronautique », *Thèse de doctorat de l'université Paul Sabatier*, Toulouse, 8 octobre 1997.
- [GRi 99] GRiNS, on line : <http://www.cwi.nl/GRiNS/>.
- [HAR 93] HARDMAN L., BULTERMAN D. C. A., VAN ROSSUM G., « The Amsterdam Hypermedia Model: extending hypertext to support real multimedia », *CWI Amsterdam, Report CS-R9306*, The Netherlands, 1993.
- [HER 95] HERMAN I., REYNOLDS G. J., VANL LOO J., « PREMIO: an emerging standard for multimedia presentation », *num. CS-R9554, Computer Science/Department of Interactive Systems*, CWI, The Netherlands, 1995.
- [ISO 86] ISO/IEC 8879:1986, « Standard Generalized Markup Language », ISO/IEC, 1986.
- [ISO 92] ISO/IEC 8632:1992, « Computer Graphics Metafile for the storage and transfer of picture description information », ISO/IEC, 1992.
- [ISO 97a] ISO/IEC 10744:1997, « Hypermedia/Time-based Structuring Language (HyTime), Second edition », ISO/IEC, août 1997. [En Ligne] : <http://www.ornl.gov/sgml/wg8/docs/n1920/html/n1920.html>.
- [ISO 97b] ISO/IEC 14772-1:1997, « Virtual Reality Modeling Language (VRML97) », ISO/IEC, 1997. [En Ligne] : <http://www.vrml.org/Specifications/VRML97>.
- [JOU 98] JOURDAN M., LAYAÏDA N., ROISIN C., SABRY-ISMAIL L., TARDIF L., « Madeus, an Authoring Environment for Interactive Multimedia Documents », *ACM Multimedia'98*, pp. 267-272, Bristol (UK), septembre 1998.
- [JOU 98b] JOURDAN M., ROISIN C., TARDIF L., « Édition et Visualisation Interactive de Documents Multimedia », *Proceedings of Electronic Publishing'98 Springer*, St Malo, LNCS n.1375, pp. 370-380, avril 1998.
- [JOU 98c] JOURDAN M., ROISIN C., TARDIF L., « Multiviews Interfaces for Multimedia Authoring Environments », *Proceedings of the 5th Conference on Multimedia Modeling IEEE Computer Society*, pp. 72-79, Lausanne, octobre 1998.

- [JOU 99] JOURDAN M., ROISIN C., TARDIF L., « A Scalable Toolkit for Designing Multimedia Authoring Environments », to be published in *Special Issue on 'Multimedia Authoring and Presentation: Strategies, Tools, and Experiences', for the Multimedia Tools and Applications journal, Kluwer Academic, 1999.*
- [LAY 97] LAYAÏDA N., « Madeus : Un système d'édition et de présentation de documents structurés multimédia », *Doctorat d'informatique, Université Joseph Fourier, janvier 1999.*
- [MAC 99] Director Release 7.0, Macromedia, 1999
- [MEY 95] Meyer-Boudnik T., Effelsberg W., « MHEG Explained », *IEEE Multimedia Magazine*, vol. 2, num. 1, pp. 26-38, 1995.
- [MOC 97] MOCELLIN F., « Gestion de données et de présentation multimédia par un SGBD à objets », *Doctorat d'informatique, Université Joseph Fourier, LSR-IMAG, 1997.*
- [O2 98] O2 Release 5.0, User's Guide, *ArdentSoftware 1998.*
- [REA 99] Smil Wizard in G2 Authoring Kit,  
<http://www.real.com/products/tools/authkit/index.html>.
- [SAB 99] SABRY-ISMAËL L., « Schéma d'exécution pour les documents multimédia distribués », *Doctorat d'informatique, Université Joseph Fourier, janvier 1999.*
- [SAB 98] SABRY L., GUETARI R., « Le modèle Objet Madeus », *L'Objet : Les Représentations par Objets en Conception, Éditions Hermès, vol. 4, num. 2, 1998.*
- [SEN 96] SÉNAC P., DIAZ M., LÉGER A., DE SAQUI-SANNES P., « Modeling Logical and Temporal Synchronization in Hypermedia Systems », *IEEE Journal on selected areas in communications, Vol. 14(1), janvier 1996.*
- [TAG 99] T.A.G, on line : <http://tag.digital-ren.com>.
- [W3C 98a] « *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0 Specification* », *W3C Recommendation*, <http://www.w3.org/TR/REC-smil>, 15 juin 1998.
- [W3C 98b] « *Extensible Markup Language (XML) 1.0* », *W3C Recommendation*, <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>, 10-février 1998.
- [W3C 99a] « *WebCGM Profile* », *W3C Recommendation*, <http://www.w3.org/TR/1998/REC-WebCGM-19990121>, 21 janvier 1999.
- [W3C 99b] « *SMIL-Boston* », *W3C Working Draft*, <http://www.w3.org/TR/1999/WD-smil-boston-19991115>, 15 novembre 1999

**Franck DULUC** est ingénieur INSA Toulouse en Génie Informatique et Industriel. Il termine une thèse de doctorat en informatique, menée au sein du Laboratoire Base de Données de l'IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse) et du laboratoire associé en ingénierie documentaire d'Aérospatiale Matra Airbus. Ses travaux étudient comment les documents multimédia pourraient être intégrés dans la documentation technique aéronautique, et notamment les problématiques de gestion et de production.

**Cécile Roisin** a obtenu le titre de Docteur Ingénieur en Informatique en 1984 et son HDR en 1999 à l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Elle est maître de conférences à l'UPMF depuis 1987 et effectue ses travaux de recherche à l'INRIA Rhône-Alpes, projet Opéra (Outils Pour les documents Electroniques : Recherche et Applications) dans le domaine des documents structurés multimédia. Plus précisément ses travaux concernent le formatage spatial et temporel des documents, les outils auteur, les techniques de transformations de structures et leurs applications dans le contexte du web.

**Laurent Tardif** prépare une thèse de doctorat à l'Institut National Polytechnique de Grenoble. Il effectue ses travaux au sein du projet Opéra de l'INRIA Rhône-Alpes. Son domaine de recherche concerne l'édition de documents multimédia et l'utilisation de solveurs de contraintes dans un contexte d'édition.

**Lionel Villard** prépare une thèse à l'Institut National Polytechnique de Grenoble au sein du projet Opéra de l'INRIA Rhône-Alpes. Son sujet est l'étude de modèles génériques de document multimédia et la conception de processus de présentation et d'édition de ces modèles. Ses centres d'intérêts sont les technologies du web, le multimédia, l'adaptabilité contextuelle et la documentation technique.